Fundación de los Ferrocarriles Españoles

colección TESIS DOCTORALES
INGENIERÍA / ARQUITECTURA

EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR FERROCARRIL COMO FACTOR ESTRATÉGICO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL TERRITORIO. APLICACIÓN AL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA

Alfonso Escudero Amor

Dirigida por Emilio Larrodé Pellicer y Ángel Pueyo Campos

Departamento de Ingeniería Mecánica

Universidad de Zaragoza

Universidad Zaragoza 1542

Zaragoza, 2016

INGENIERÍA / ARQUITECTURA

COLECCIÓN
TESIS DOCTORALES

INGENIERÍA / ARQUITECTURA

EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR FERROCARRIL COMO FACTOR ESTRATÉGICO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL TERRITORIO. APLICACIÓN AL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA

Alfonso Escudero Amor

Dirigida por Emilio Larrodé Pellicer y Ángel Pueyo Campos

Departamento de Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

Zaragoza, 2016

COLECCIÓN TESIS DOCTORALES

INGENIERÍA / ARQUITECTURA

La Fundación de los Ferrocarriles Españoles pone a disposición del público la **Colección de Tesis Doctorales** sobre el ferrocarril, con el objetivo fundamental de contribuir a la difusión de la investigación universitaria sobre esta materia y facilitar el acceso libre y gratuito a las investigaciones de los autores, aportando así una información muy valiosa y especializada y contribuyendo, al mismo tiempo, a la preservación de estos trabajos. Con ello, además, se da visibilidad a esta producción intelectual. La Fundación aspira a que su repositorio sea lo más amplio posible y que estén representados en él todos los ámbitos de investigación del ferrocarril.

La **Colección de Tesis Doctorales** se clasifica en tres ramas, en función de su temática:

-Ingeniería y Arquitectura

-Humanidades

-Economía y Regulación

EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR FERROCARRIL COMO FACTOR ESTRATÉGICO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL TERRITORIO. APLICACIÓN AL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA

La tesis tiene como objetivo proponer un modelo para el estudio del sistema de transporte de mercancías por ferrocarril, aplicable, en este caso, al área metropolitana de Zaragoza. Se ha buscado su utilidad desde un enfoque sistémico intedisciplinar –ingeniería de sistemas y de transportes, geografía económica y de transportes, ordenación del territorio– para el análisis de un sistema complejo como el sistema de transporte, cuya flexibilidad permite aplicarse a todos los modos y en cualquier espacio geográfico.

Alfonso Escudero Amor es doctor por la Universidad de Zaragoza, licenciado en Geografía (UZ), Máster en Transporte y Logística (UNED) y especialista en Transportes Terrestres (UPM-XVII Curso de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles). Su actividad se ha desarrollado desde el año 1981 en Renfe y posteriormente en Adif (2005). Vinculado a funciones de circulación desde el comienzo, en distintas estaciones y terminales de mercancías –clasificaciones– cuenta con una gran experiencia en este ámbito. Actualmente desarrolla su trabajo en regulación de trenes en el Puesto de Mando de Zaragoza. Colabora con grupos de investigación de la Universidad de Zaragoza de los departamentos de Ingeniería Mecánica (GITEL) y Geografía (GEOT). Es miembro de la Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española desde su constitución.

ISBN: 978-84-949318-5-7

Depósito legal: M-24379-2019

Fundación de los Ferrocarriles Españoles – 2019

Coordinación editorial y maquetación: Lourdes Orozco Torres

Diseño de cubiertas: Belén Romeo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS 8

1. INTRODUCCIÓN 10

1.1. Importancia y actualidad del estudio del sistema de transportes de mercancías por ferrocarril en el área metropolitana de Zaragoza 10

1.2. Objetivo de la tesis 13

1.2.1. Objetivos generales 14

1.2.2. Objetivo específico 15

1.2.3. Objetivo específico 16

1.2.4. Objetivos operativos 16

1.3. Alcance de la tesis 19

1.4. Antecedentes y estado actual de la investigación del sistema de transporte en el marco de la Geografía del Transporte 23

1.5. Metodología 29

2. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN 34

2.1. Algunas cuestiones sobre espacio geográfico, sistema territorial y análisis geográfico territorial 34

2.2. Adaptación metodológica desde el enfoque de sistemas para el análisis geográfico del sistema de transporte 39

2.3. La dificultad en la delimitación de las áreas metropolitanas 51

3. EL SISTEMA DE TRANSPORTE EN EL CONTEXTO GEOGRÁFICO Y TERRITORIAL 70

3.1. El sistema de transporte y la organización del territorio 70

3.2. Efectos del sistema de transporte sobre el territorio 92

4. EL SISTEMA DE TRANSPORTE ANTE LA SITUACIÓN ACTUAL EN UN ENTORNO GLOBALIZADO 122

4.1. Globalización y competitividad territorial 122

4.2. El sistema de transporte como factor estratégico para la competitividad y el desarrollo sostenible del territorio 137

4.3. El sistema de transporte de mercanciás por ferrocarril y sus interacciones con el sistema logístico como factor estratégico de competitividad y desarrollo sostenible del territorio 164

4.3.1. Transporte y logística 170

4.3.2. Intermodalidad 200

4.3.3. Corredores 218

4.3.4. Redes, líneas y ejes prioritarios para el transporte de mercancías 223

5. DESARROLLO Y PROPUESTA DE UN MODELO DE SISTEMA DE TRANSPORTE 268

5.1. Modelos antecedentes 269

5.2. Desarrollo del modelo propuesto 281

5.2.1. Objetivo del sistema de transportes y definición de los objetivos de su estudio 281

5.2.2. Tipo de modelo y contextualización del sistema de transporte 283

5.2.3. Análisis del sistema 297

5.2.4. Síntesis del sistema 374

5.2.5. Impactos de las medidas propuestas 389

6. APLICACIÓN DEL MODELO PROPUESTO DE SISTEMA DE TRANSPORTE AL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA 404

6.1. Caraterísticas espaciales del área metropolitana de Zaragoza y su relación con la red ferroviaria 404

6.1.1. Situación mutiescala del área metropolitana de zaragoza y su red ferroviaria 404

6.1.2. Delimitación del metropolitana de Zaragoza 413

6.1.3. Medio físico abiótico y su incidencia en la red ferroviaria de ancho ibérico: Orografía y clima 417

6.1.4. El tejido industrial en el área metropolitana de Zaragoza 478

6.2. El subsistema ferroviario en el área metropolitana de Zaragoza 514

6.2.1. Análisis y diagnóstico del subsistema ferroviario metropolitano 515

6.2.2. Salidas -outputs- del subsistema del transporte de mercancías por ferrocarril 614

7. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN: PROPUESTA DE MEJORAS DEL SUBSISTEMA DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR FERROCARRIL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA. APORTACIONES A LA INVESTIGACIÓN 644

7.1. Microescala 647

7.1.1. Administrador (N-7)/1 647

7.1.2. Operador de transporte (N-7)/2 652

7.1.3. Operador logístico (N-7)/ 3 654

7.1.4. Administrador de infraestructuras, operador de transporte y operador logístico (N-7)/1, 2, 3 655

7.2. Mesoescala 655

7.3. Macroescala 657

8. APORTACIONES A LA INVESTIGACIÓN Y FUTURAS LÍNEAS DE ESTUDIO.. 664
8.1. Aportaciones a la investigación 664
8.2. Líneas futuras de estudio 665
9. BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS FUENTES 670
Otras fuentes 722
ANEXOS 726
ANEXO 1. El FERROCARRIL EN ESPAÑA 728
Los orígenes 728
Principales actores operativos en el sistema de transportes de mercancías por ferrocarril actual 731
Flujos y corredores más importantes 745
ANEXO 2. LA INDUSTRIALIZACIÓN ESPAÑOLA 752
Desequilibrios en el desarrollo de las regiones peninsulares 752
ANEXO 3. CUESTIONES MEDIOAMBIENTALES 755
ANEXO 4. ELEMENTOS DE TRANSPORTE EN EL SUBSISTEMA POLÍTICO 758
Subsistema institucional nacional 758
Administración General del Estado 758
Administración autonómica 761
Administración Local 761
Subsistema institucional europeo 761
Otras organizaciones internacionales 763
ANEXO 5. METODOLOGÍA PARA ESTABLECER ÁREAS DE INFLUENCIA MODELOS GRAVITATORIOS 764
El modelo de Reilly 764
El modelo de Huff 765
Diseño del modelo 766
Fase 1: División del espacio en áreas funcionales 766
Fase 2: Asignación de centroides 767
Fase 3: Asignación y ponderación de variables 767
Fase 4: Construcción de las matrices de distancias 769
Fase 5: Construcción del modelo cuantitativo de estimación de áreas de influencia 770
Fase 6: Aplicación del modelo cuantitativo de estimación de áreas de influencia 771
Fase 7: Cartografía 772

ANEXO 6. REDES DE FERROCARRIL ESPAÑOLAS 773
Criterios de caracterización de las redes para la aplicación de indicadores 773
Ámbito del transporte de mercancías 775
ANEXO 7. ENCUESTA PRESENTACIÓN 776
ANEXO 8. LEY ÓMNIBUS 791
ÍNDICE DE FIGURAS 792
ÍNDICE DE GRÁFICOS 795
ÍNDICE DE TABLAS 797
ÍNDICE DE MAPAS 800
ÍNDICE DE CUADROS 803

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis ha sido dura y difícil. Demasiadas vicisitudes y muchas horas de trabajo. Por ello mi gratitud es ilimitada y tenaz hacia todos los que la habéis hecho realidad.

A mi madre, Lorenza, que me infundió el ansia de saber. A mi tío Ángel que sostuvo mi curiosidad. A mi tía Eugenia por su infinita paciencia. Todos ellos perviven en mi corazón y en el recuerdo.

A mi mujer, Loli, por resistir lo insufrible todo este tiempo y a mi hija Lara, por ser tan adorable, por sus constantes desvelos y consejos y por ser *my life motive*. Ambas me han colmado de todo lo deseable y más aún.

A mis directores Emilio y Ángel por ilustrarme, apoyarme y aguantarme tanta dispersión y discontinuidades. Por vuestra amistad.

Al departamento de Geografía -a los profesores- de los que tanto he aprendido y disfrutado con sus clases y enseñanzas, especialmente a José Luís Calvo. A Marisa, su secretaria, que me aportó confianza en los comienzos de la carrera.

A mis amigos por su reiterado interés ¿cómo llevas la tesis? y los años de afecto.

A los compañeros de trabajo por soportar mis tiempos y singularidades sin protestar mucho.

A todos, por vuestra presencia y vuestros ánimos.

Muchas gracias

1. INTRODUCCIÓN

1.1. IMPORTANCIA Y ACTUALIDAD DEL ESTUDIO DEL SISTEMA DE TRANSPORTES DE MERCANCÍAS POR FERROCARRIL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA

El interés hacia el estudio del sistema de transporte de las distintas sociedades a través del tiempo ha sido manifiesto desde el mismo momento en que el hombre hace su aparición sobre la tierra, y son muchas las disciplinas académicas, como la geografía, la economía, la investigación operativa o la ingeniería, las que lo realizan.

En el contexto mundial actual de globalización y crecimiento continuado de la competitividad, los territorios, con recursos económicos limitados, han de desarrollar estrategias competitivas que propicien la inversión y la actividad económica. Por ello la sociedad actual necesita un sistema de transporte eficaz y eficiente que pueda responder a los retos que plantean la globalización y la competitividad entre las distintas empresas y los territorios en los que están ubicadas.

Actualmente, inmersos en la realidad de la Unión Europea y con el Mercado Único en marcha, el sistema de transporte adquiere una nueva dimensión en el desarrollo de la actividad económica y en la creación del mercado único europeo. La sociedad solicita mayor movilidad, y la demanda de transporte, tanto de viajeros como de mercancías, supera al crecimiento de la economía en términos de Producto Interior Bruto.

Sin embargo, al mismo tiempo, esa sociedad soporta cada vez menos la congestión, el deterioro del medio ambiente y la baja calidad de algunas prestaciones. Estas importantes cuestiones, cobran especial relevancia en el caso del transporte de mercancías, ya que tanto las empresas como los territorios en los que se implantan, para poder ser competitivos necesitan un sistema de transporte que les ofrezca, entre otros factores, precios competitivos, capacidad, fiabilidad, seguridad y trazabilidad.

Consciente de todo ello, la Unión Europea ha promovido y promueve medidas para que exista un acceso igualitario y sostenible a las infraestructuras y al sistema de transporte en general. Junto a la apertura de los mercados y a la construcción de nuevas infraestructuras, la Política de Transporte de la Unión Europea establece numerosas normas, los llamados “paquetes ferroviarios”, para favorecer la creación de la Red Transeuropea de Transporte. Un sistema de transporte moderno, eficaz y de calidad que sea, por una parte, sostenible desde el punto de vista económico, social y medioambiental y, por otra, competitivo desde el punto de vista empresarial.

Más aún, la Comisión Europea en Libro Blanco de 2001 sobre la política común de transporte “**La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad”**, enfatiza la necesidad de resolver los principales problemas que la dificultan, el reequilibrio modal y la supresión de los puntos de estrangulamiento. Para ello, entre otras medidas, presta especial importancia al ferrocarril, a la intermodalidad y a la logística, recomendando, además, la creación de corredores multimodales”**.**

Por su parte en El Libro Blanco de 2011 “**Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible**”, sienta las bases de la estrategia a seguir para competir en un mundo marcado por un precio del petróleo en aumento, una congestión cada vez mayor y un inminente cambio climático, el sistema de transporte de la UE necesita una reforma radical para mantener su papel de motor de crecimiento y poder enfrentarse a un entorno cada vez más global y competitivo.

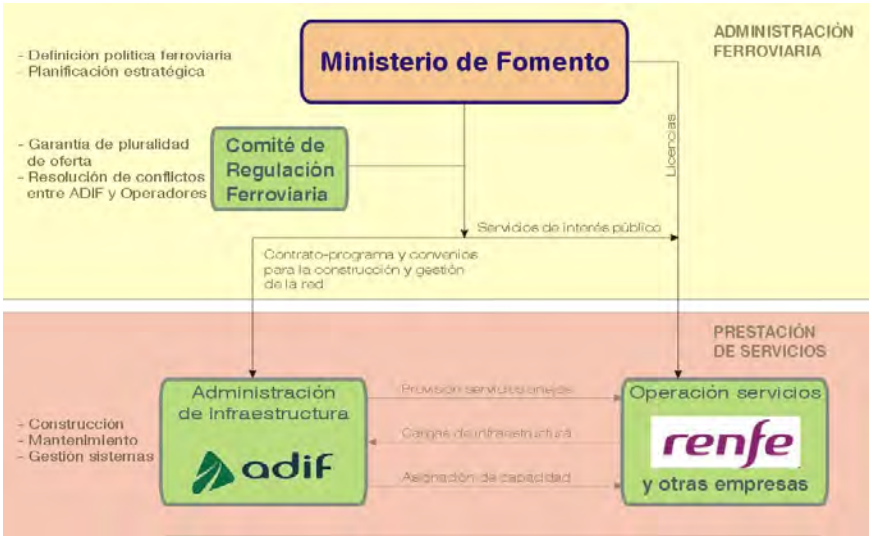
El objetivo es conseguir dentro de la Unión Europea una circulación física de mercancías y personas de manera fluida para que el mercado interior y la cohesión territorial de la Unión se desarrollen plenamente. Los anteriores párrafos tienen por objeto, por una parte, contextualizar el título de la tesis doctoral, y por otra, mostrar

que el marco temático en el que se desarrollará dicha tesis tiene, ciertamente, actualidad e interés.

Incidir, en que la actualidad del tema resulta más evidente en España, ya que los recientes y profundos cambios producidos en el modelo ferroviario español por la entrada en vigor, el 1 de enero de 2005, de la Ley del sector ferroviario 39/2003 y de su reglamento (Real Decreto 2387/2004), para la adaptación de la normativa a las Directivas Comunitarias, han conducido a la desaparición de RENFE, la Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles (ver figura 1).

Los ejes sobre los ha girado la reforma son la separación de las actividades de administración de la infraestructura y de explotación de los servicios y la progresiva apertura del transporte ferroviario a la competencia. La consecución de estos objetivos ha requerido una profunda modificación de las estructuras y funciones de los actuales agentes del sector ferroviario, así como la creación de otros nuevos que velen por la debida aplicación de la nueva normativa (Ley Sector Ferroviario, BOE 276, 18-11-2003, exposición de motivos, p.40533). La nueva ley también regula el régimen aplicable a las infraestructuras ferroviarias en los Puertos y Aeropuertos y a las infraestructuras ferroviarias de titularidad privada (ibidem, p. 40534).

Figura 1-1. Principales agentes del sector ferroviario en España



Fuente: Ministerio de Fomento. http://www.fomento.es/

Después de sesenta y cuatro años de su creación en 1941, esta empresa que era un monopolio, se ha dividido en dos empresas distintas, ADIF y RENFE OPERADORA. También se ha liberalizado el transporte internacional de mercancías en el año 2007, lo que ha permitido la entrada al mercado de otros operadores de transporte. En nuestro país, varias empresas han solicitado licencia al Ministerio de Fomento para operar en el mercado de trasporte por ferrocarril, que hasta julio de 2008, ha sido concedida a once empresas. Otra cuestión importante a considerar en la adopción por parte del Gobierno Español de la Política Comunitaria de Transportes, es el seguimiento de las líneas de actuación que se presentan en el último Libro Blanco de la Comisión, y que se plasman en EL PLAN ESTRATÉGICO DE INFRAESTRUCTURAS Y TRANSPORTE (PEIT) 2005-2020, en el que se recupera la planificación como base para desarrollar una correcta y adecuada actuación sobre las infraestructuras españolas a medio y largo plazo.

A otra escala, la local, también se trata de un tema muy actual y de máximo interés. La llegada de la Alta Velocidad a Zaragoza en el año 2003 y la celebración de la Exposición Internacional de 2008, sobre el agua y el desarrollo sostenible, ha propiciado grandes cambios en la ciudad y en las infraestructuras de transporte por ferrocarril.

No obstante, aún siendo esto muy importante para la ciudad para el tema que nos atañe, lo es más, a nuestro juicio, la voluntad y el esfuerzo de todos los agentes sociales y las Instituciones Aragonesas por conseguir que Zaragoza y su Área de influencia sean un referente a nivel mundial de la Logística en el sur de Europa. La puesta en marcha de la Plataforma Logística PLAZA en el año 2007 y la presencia del *Massachussetts Institute of Technology* por medio del *Zaragoza Logistics Center,* presente en la ciudad desde 2003, así lo atestiguan.

Como afirman Calvo y Pueyo (Calvo y Pueyo, 2007, p.15), afirmación totalmente compartida por el autor de esta tesis, "La estrategia de Zaragoza, que es la de Aragón, consiste en aprovechar sus buenas comunicaciones y su posición central para captar mercado y oportunidades…", "…con actuaciones que refuercen su posición en esa nueva escala como la gran plataforma estratégica de Zaragoza PLA-ZA, buscando la confluencia de aeropuerto, ferrocarriles, autopistas y tratando que hasta allí lleguen e intercambien anchos de vía ibéricos y europeos para convertirse en uno de los grandes centros distribuidores del continente."

A pesar de lo dicho, para alcanzar este objetivo, consideramos de vital importancia para Zaragoza y Aragón la Travesía Central de los Pirineos, proyectada en el horizonte 2020, por su capacidad de interconectar las infraestructuras de transporte por ferrocarril de la Península Ibérica con Europa y la posibilidad de hacerlo con el continente africano; conexión posible, según se afirma en el diario *El País*, en el horizonte 2025 (El País, 19/10/2006).

Tal sería el caso, si llegara a construirse un túnel submarino a través del estrecho de Gibraltar, como parece sugerir el interés mostrado por los Gobiernos de Marruecos y de España, y el estudio realizado por las empresas públicas española SECEG y la marroquí SNED. En dicho estudio, se planifica durante el bienio 2007-2009 un plan de trabajo para estudios complementarios del proyecto realizado en 1996 (Proyecto de túnel ferroviario a través del estrecho de Gibraltar, SENED y SECEG, 2007).

Pero no solo esto, sino además por la solución que se ofrece a los graves problemas de congestión de los pasos transfronterizos de los Pirineos occidental y oriental. Por último, matizar que el tema de la tesis doctoral se indica en el título y, como se verá más adelante, se centra únicamente en los subsistemas ferrocarril y mercancías del sistema de transporte, o si se prefiere, de la Red Transeuropea de Transporte, concepto este introducido en el Tratado de Maastricht de 1992 y desarrollado por la Decisión nº 1692/96/CE del Parlamento y el Consejo Europeo. En esta Decisión se define qué es la Red Transeuropea (visto en un párrafo anterior), y su establecimiento, que se hará mediante la integración de redes.

La citada Decisión dice, además, que la Red estará compuesta por infraestructuras y por los servicios necesarios para el funcionamiento de esas infraestructuras. A estos efectos, se consideran infraestructuras a las carreteras, a las vías férreas y navegables, a los puertos, a los aeropuertos, a los medios de navegación, a las plataformas intermodales, a las canalizaciones de productos, etc.

El fin último de la tesis pretende utilizar como motor de desarrollo sostenible y competitivo del área metropolitana de Zaragoza y de su área de influencia, el sistema de transporte de mercancías por ferrocarril y su conexión a la Red Transeuropea de Transporte (el sistema de transporte europeo y los procesos logísticos asociados), un factor que se considera estratégico y que puede encuadrarse, en nuestra opinión, dentro de las políticas de desarrollo local y regional de tercera generación, según la terminología usada por Vázquez (1999, p.729).

Pero la cuestión no solo es esta. Tampoco las dificultades que encontramos en la construcción y desarrollo de dicha red. La cuestión más importante es, como se ha afirmado con anterioridad, que debe ser eficaz, eficiente, de calidad y competitiva.

La Unión Europea, conocedora del alcance del desafío, ha desarrollado en colaboración con las Universidades, Institutos Tecnológicos y de Investigación, y otras Instituciones, gran cantidad de proyectos de investigación, no sólo relacionados con el transporte, sino también con el Desarrollo Regional y Local, con la Ordenación del Territorio, con las nuevas tecnologías etc., a través de los distintos marcos de trabajo de investigación (*Research Framework Programme*) que se desarrollan con una periodicidad anual.

El objetivo de estos programas de investigación, de la legislación promulgada y otras medidas adoptadas en el seno de la Unión Europea, así como la asignación de recursos tecnológicos y financieros, va dirigido a satisfacer las necesidades y demandas socioeconómicas y medioambientales que tiene la sociedad actual y que van a surgir de la mejora y el desarrollo integral del sistema europeo de transporte. Una vez considerada la importancia del tema que nos ocupar nos centraremos de cómo se puede ayudar desde nuestro territorio a conseguir estos objetivos.

1.2. OBJETIVO DE LA TESIS

La tesis tiene como objetivo proponer un modelo para el estudio del sistema de transporte de mercancías por ferrocarril en el área metropolitana de Zaragoza. Este trabajo podría, con algunas modificaciones, adaptarse a cualquier espacio y a distintas escalas geográficas.

Con la aplicación del modelo desarrollado se pretende encontrar los eslabones débiles en esta parte de la Cadena de Suministro —Cadena de transporte— y proponer mejoras para el sistema de transporte de mercancías por ferrocarril en el área metropolitana de Zaragoza, que fomenten los efectos de arrastre sobre la demanda de transportes de mercancías hacia este modo.

En consecuencia, de esta forma, será posible aproximar el sistema a las condiciones de eficacia, eficiencia y calidad demandadas, así como, a la sostenibilidad económica, social y medioambiental para que pueda contribuir a la cohesión territorial, y al desarrollo local sostenible y competitivo. La competitividad de las empresas y de los territorios en las que se implantan necesitan de unos niveles excelentes de organización y operatividad para el funcionamiento equilibrado del sistema de transporte de mercancías, y de sus procesos logísticos.

En nuestra opinión, el desarrollo sostenible y competitivo es posible conseguirlo, favoreciendo el incremento, entre otros, de los siguientes factores que aumentarán la competitividad empresarial, y por lo tanto del territorio, y fomentarán los efectos de arrastre sobre la demanda de transportes de mercancías por ferrocarril:

- La eficacia, efectividad, eficiencia y calidad del sistema
- La complementariedad con otros modos de transporte
- Los niveles de accesibilidad a los centros productivos industriales y de consumo
- La minimización de las afecciones medioambientales

Esta investigación se estructura con una secuencia lógica y coherente, estudiando de forma recurrente y transversal el transporte, la logística y el ferrocarril para conferir integridad, homogeneidad e identidad al tema estudiado.

Así, en una primera fase, se aborda como objetivo general el establecimiento de una base conceptual y teórica que analiza el objeto de estudio desde diversos ángulos. De esta forma, en nuestra opinión, se ha logrado una mejor comprensión de un sistema que es complejo—tanto en sus elementos como en las relaciones entre ellos—para la posterior conceptualización del modelo de investigación. Una segunda fase, más específica, considerando la base conceptual anterior, se centra en el diseño del modelo que se aplicará al área de estudio.

Finalmente, en una tercera y última fase se desarrolla mediante objetivos operativos la aplicación del modelo al estudio del área funcional de Zaragoza y su área metropolitana.

1.2.1. Objetivos generales

Objetivo general nº 1

Contextualizar el objeto de estudio sobre el territorio: Se describe cómo el subsistema de transporte organiza espacial y económicamente el sistema territorial.

- Aplicar conceptos como el de redes, área de mercado, demanda de transporte, subsistema urbano, centralidad o jerarquías, y las relaciones para evidenciar la capacidad que tiene un territorio para el desarrollo económico y la cohesión territorial.

- Valorar los impactos de las infraestructuras analizando la accesibilidad, conectividad, interacción espacial, economías de escala, costes de transporte, desarrollo acumulativo o efecto multiplicador.

Objetivo general nº 2

Encuadrar el objeto de estudio dentro del modelo de globalización económica— muy avanzado y extremadamente competitivo—: como esta influyendo, a todas las escalas, en la modificación del mapa industrial mundial y en la reconfiguración del subsistema de transporte. Para ello se plantea:

- Identificar los factores globalizadores que inciden en la extensión e intensidad del proceso y cómo afecta a los territorios. Se examinan conceptos como la deslocalización y relocalización industrial, el incremento de las áreas de mercado, el territorio en red, o la reconfiguración de los espacios funcionales y sus relaciones con el subsistema de transporte.

- Mostrar los retos a los que se enfrentan los territorios y sus empresas, así como, los factores que influyen en la competitividad de los territorios y las estrategias que deberían acometer para mantener e incrementar la competitividad territorial. Se abordan cuestiones como la perifericidad-centralidad, la ventaja comparativa locacional, la especialización espacial, la capacidad de atracción, los rendimientos de escala y las economías de aglomeración, los *clusters* y la competencia local, la actividad innovadora, las nuevas jerarquías urbanas o la inversión en infraestructuras de calidad.

- Examinar como el sistema de transporte es un elemento estratégico para la competitividad y el desarrollo sostenible del territorio. En la actualidad el transporte adquiere una nueva dimensión para el completo desarrollo del Mercado Único, alcanzar un dinamismo fuerte para que la actividad económica sea competitiva en el escenario global, y lograr la cohesión territorial.

- Señalar los problemas y desequilibrios evidenciados en el sistema de transporte y en los territorios que los sustentan. Entre ellos, el crecimiento de la demanda de transporte por encima del de la economía en términos de PIB, el crecimiento desigual de los modos de transporte, y la escasa integración entre ellos, la falta de accesibilidad y conectividad de algunos territorios, los puntos de estrangulamiento, los elevados costes externos, etc.

- Exponer las medidas que propone la Unión Europea para desarrollar e implementar un sistema de transporte eficiente, de calidad y medioambientalmente sostenible, que responda a los retos planteados por la globalización, y al incremento de la competitividad entre las distintas empresas y los territorios en los que se ubican. Se profundizará, utilizando conceptos como el desarrollo sostenible, los impactos del subsistema de transporte sobre el medioambiente, la

internalización de los costes externos, el reequilibrio modal, la movilidad inteligente y la revitalización del ferrocarril—como modo que concilia el desarrollo económico y social con menores impactos sobre el medioambiente—.

Objetivo general nº 3

Desarrollar las relaciones del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril con otros subsistemas y otros elementos del propio subsistema:

- Evidenciar la dimensión espacial de dichas relaciones. Cómo se integran de manera más compleja en una superestructura organizada, en una superred constituida por la totalidad de las redes físicas y virtuales, que con sus interacciones y relaciones se establecen sobre y en los territorios. Sus puntos de conexión—los nodos—según la intensidad de los flujos, alcanzarán mayor o menor rango en la jerarquía urbana, pudiendo favorecer la ampliación de su área de influencia y el crecimiento económico de ese territorio.

- Relacionar el subsistema de mercancías por ferrocarril con el subsistema logístico—cadenas de suministro y de distribución—y de ambos con el subsistema de asentamientos. La transición de un modelo de producción fordista—con altos índices de *stock*— a otro de producción flexible—con stock cero y basado en flujos—, vinculado a las economías de escala generadas por el ferrocarril para grandes volúmenes y largas distancias sin ruptura de carga, conforman una relación eficaz que genera fuertes sinergias. Dichas interacciones potencian la competitividad y el desarrollo sostenible del territorio por la función vertebradora de ambos subsistemas.

- Reforzar el concepto de intermodalidad como producto de la integración de dos o más subsistemas modales del subsistema de transporte con el subsistema logístico. Además, se verá como la intermodalidad tiene una dimensión geográfica espacial y temporal que se sustancia en los corredores y en el caso del ferrocarril en líneas prioritarias para mercancías que son corredores fiables, eficaces y de calidad. También apreciaremos como la evolución de las líneas prioritarias se plasma en proyectos de ejes y redes prioritarios europeos y paneuropeos.

1.2.2. Objetivo específico

Diseño del modelo—marco de trabajo para el estudio del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril desde el enfoque de la Teoría General de Sistemas: se fundamentan las bases conceptuales sobre las que se sustentará el modelo—marco de trabajo y su desarrollo:

- Determinar las dimensiones de la complejidad del subsistema de transporte desde los puntos de vista del análisis de sistemas, de la ingeniería del transporte y de la geografía. Así, desde la ingeniería del transporte, dicho subsistema es multimodal, multisectorial, multiproblema y multidisciplinar para Manheim (1972). Las tres dimensiones de la complejidad serían para Dodder, Sussman y McConnell (2004), la interna, la del comportamiento y la de evaluación; además se trata de complejidades anidadas. Desde la geografía encontramos las cuatro formas de complejidad señaladas por Dauphiné (2003) y que surgen como consecuencia del número de componentes del subsistema, de la superposición de escalas espaciales y niveles de organización, y de un comportamiento caótico en el tiempo.

- Revisar los modelos conceptuales antecedentes planteados desde la Geografía del Transporte y de otras disciplinas; se ha seleccionado el de Hurts (1974), desde un enfoque funcional, y el de Reichman (1983), desde un enfoque estructuralista. Desde otras disciplinas como la logística consideramos el modelo conceptual de Sjöstedt (1992), que incorpora el subsistema logístico, y el modelo conceptual de predicción básico de los impactos del sistema de transporte que desde la Ingeniería de Transporte propone Manheim (1984).

- Establecer la estructura del modelo—marco de trabajo. Se examina la diferencia entre modelo y marco de trabajo propuesta por Sussman (2000) para aplicar una perspectiva cualitativa al estudio de sistemas complejos (CLIOS: *Complex, Large-scale, Integrated, Open Systems*). Se siguen las indicaciones de Chekland (1993) para la descripción del sistema, las consideraciones de Churchman (1973) sobre el significado del sistema de estudio y la estrategia de análisis en distintas fases sugerida por Huggett (1980).

- Modelizar el subsistema de transporte en el contexto del sistema territorial y de los subsistemas que lo componen. Al integrar el subsistema de transporte se actualizarán, adecuarán y ampliarán algunos de los modelos conceptuales antecedentes. Se proyectarán también sobre la componente espacial del sistema territorial los elementos de los subsistemas que son de nuestro interés como los subsistemas de asentamientos, el productivo o el logístico.

- Analizar la estructura —componentes, relaciones, entradas y salidas— del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril de una forma sencilla, cuasigenérica, para ampliar su capacidad de generalización y facilitar su aplicación a otros subsistemas del sistema de transporte, así como, a otras escalas. Los subsistemas considerados se analizarán utilizando una aproximación al método de análisis *Top-Down*, de tal forma, que su desagregación nos permita efectuar el análisis estructural y de actividad de cada subsistema, identificando los principales componentes y sus mecanismos de funcionamiento. identificar

- Sintetizar los componentes de los subsistemas obtenidos en el análisis anterior mediante una aproximación al método *Botton-Up*. Así, a partir de las posibles ineficiencias identificadas el proceso de síntesis aportará potenciales ajustes o modificaciones que mejoren la eficiencia y productividad del subsistema de transporte.

- Valorar los impactos de las medidas propuestas, a través de una aproximación conceptual al modelo de Manheim, para determinar la naturaleza, positiva o negativa, de los cambios de estado que pudiera producirse en el sistema. Las entradas al modelo corresponderían a las propuestas consideradas y las salidas a los impactos que se pudieran valorar de forma cualitativa.

1.2.3. Objetivo específico

Diseño del modelo—marco de trabajo para el estudio del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril desde el enfoque de la Teoría General de Sistemas: se fundamentan las bases conceptuales sobre las que se sustentará el modelo—marco de trabajo y su desarrollo. Los resultados obtenidos se han visualizados a través de las herramientas utilizadas – diagramas causales y cartografía- que son muy eficaces, como se comprobó al desarrollar los objetivos operativos, para que los decisores puedan implementar las mejoras propuestas.

1.2.4. Objetivos operativos

El fin de los objetivos operativos es aplicar a nuestro espacio de estudio-El área metropolitana de Zaragoza- el modelo-marco de trabajo diseñado al efecto: hemos sistematizado la estructura —componentes, relaciones, entradas y salidas— del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril y su relación con el subsistema logístico de forma sencilla, cuasi genérica, para ampliar su capacidad de generalización y facilitar su aplicación a otros subsistemas y escalas territoriales del subsistema de transporte. Se han contrastado en un espacio concreto y real las mejoras encontradas en el objetivo específico y hemos valorado el impacto de dichas ventajas sobre la estructura territorial de estudio.

Objetivo operativo nº 1

▪*Características espaciales del área metropolitana de Zaragoza y su relación con la red ferroviaria:* Seguimos una estructura transversal monotemática.

▪*Situación mutiescala del área metropolitana de Zaragoza y su red ferroviaria:* Hemos incorporado la posición de la ciudad en relación con las redes de ferrocarril europeas, con las autopistas del mar y con los distintos ejes de desarrollo económico. Se evidencia la posición periférica de la Península Ibérica. Así mismo, incluimos el hexágono cuyo centro es Zaragoza y que pone de manifiesto el área de influencia de la ciudad en el cuadrante noreste de la península y en el sur de Francia.

▪*Delimitación del área metropolitana de Zaragoza*: Enfatizamos en la dificultad y abundancia de criterios que existen para la delimitación de las áreas metropolitanas y los municipios que la integran, y en la obsolescencia, cada vez mayor, del término. En nuestro caso, nos centramos en el ámbito y espacio funcional relacionado con el transporte de mercancías por ferrocarril. El criterio seguido ha sido establecer la isocrona de 60 minutos en camión para que los vehículos pesados-con sus limitaciones- alcancen las terminales ferroviarias de Zaragoza. Se ha mantenido el concepto de área metropolitana ligado a conceptos más clásicos de tamaño, densidad y funciones, por la difusión del término, y por los estudios y aproximaciones realizados que han revisados.

▪*Medio físico abiótico y su incidencia en la red ferroviaria de ancho ibérico: orografía y clima*: Es evidente que algunos aspectos y fenómenos del medio físico tuvieron y tienen gran influencia sobre el subsistema de transporte. Así, el trazado encajado en el relieve de la Península y caracterizado por una serie de unidades morfoestructurales diferenciadas determinaron en parte la construcción de las líneas de ferrocarril en el siglo XIX y XX. Hemos estudiado el trazado de las líneas ferroviarias que conforman la red ferroviaria aragonesa, para comprender mejor cómo se estructuró y porqué.

Por otro lado, totalmente relacionado con el relieve, el tiempo -los procesos y fenómenos meteorológicos- que condicionan la circulación y el tráfico sobre las redes de los distintos modos del subsistema de transporte, especialmente, cuando adoptan valores extremos; si bien, en Aragón, los mencionados fenómenos no pueden considerarse extremos. Realizamos un análisis de los distintos elementos del tiempo para verificar la afirmación anterior.

▪*El tejido industrial en el área metropolitana de Zaragoza y su relación con la red ferroviaria de ancho ibérico*: A mediados del siglo XIX comenzó en proceso de industrialización en Zaragoza. Alimentado por empresarios emprendedores y el éxodo rural, despegó económicamente a mediados de la década de los sesenta del pasado siglo con el *I Plan de Desarrollo económico y Social* como Polo de Desarrollo Industrial. En él se designó la ciudad como Polo de Desarrollo.

A través de todas las etapas mencionadas-con mayor o menor intensidad- la ciudad ha mantenido un dinamismo económico que ha cimentado la expansión urbana y el proceso de metropolización. Se ha analizado la estructura del tejido industrial en el área de estudio, prestando especial atención al sector secundario y a su especialización, a los polígonos industriales, a la población activa en este sector y a los ejes de comunicaciones dentro de la citada isocrona de 60 minutos, tanto por ferrocarril como por carretera.

Objetivo operativo nº 2

El subsistema ferroviario de transporte de mercancías en el área metropolitana de Zaragoza: Analizamos la estructura y funcionalidad del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril y sus relaciones con el subsistema logístico y territorial. La viabilidad y eficacia de los resultados obtenidos se contrastan con los ya alcanzados

de forma más general en el objetivo específico. Se ha utilizado la metodología -marco de trabajo- ya indicado, examinado los tres grandes subsistemas que lo integran.

Asimismo, hemos puesto de manifiesto, a distintas escalas, la salida –*output*- del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril para el periodo 2007-2011. La producción y consumo de transporte en el área de estudio, en la Gerencia Noreste y en el conjunto de la Red Ferroviaria de Interés General. Asimismo, la hemos puesto en relación con algunas variables macroeconómicas para ese mismo periodo.

- *Administrador de la infraestructura:* Hemos analizado las líneas-infraestructura y superestructura- cuyo trazado discurre por territorio aragonés, hasta su origen o destino en el cuadrante noreste peninsular, ya que, en nuestra opinión, los flujos de transporte no pueden circunscribirse, exclusivamente, al área metropolitana. De esta forma es posible realizar los cálculos de los tiempos de transporte, capacidad, carga máxima y longitud de los trenes en itinerarios reales y completos.

También, la infraestructura, superestructura y situación de las terminales de mercancías, de las estaciones y apartaderos, es decir, los nodos de la red aragonesa, puntos donde se realiza la producción de trenes de mercancías.

Conocer sobre el campo sus características, capacidad, actividad y las operaciones, ferroviarias y logísticas, que se realizan en ellas, tanto desde el lado tierra como desde el lado tren, nos han permitido conocer y verificar todo el proceso de producción y sus tiempos. Además, para el Centro Logístico de Zaragoza Plaza su función de hub concentrador y distribuidor de contenedores.

- *Operadores de transporte:* Analizamos el subsistema enfatizando en la producción de trenes, es decir, locomotoras, vagones y generación de planes de transporte. Hemos investigado las características del parque de locomotoras de los distintos operadores, potencia, esfuerzos de tracción y cargas máximas. Asimismo, de los tipos de vagones con los que operan, sus taras, cargas máximas, dimensiones, carga por eje y especialización según la naturaleza de las mercancías transportadas.

Todo ello, nos ha proporcionado los datos para realizar diferentes cálculos y conocer la eficiencia de las locomotoras, vagones, así como, el esfuerzo de los ganchos de tracción para optimizar la carga y la longitud de los trenes, fomentando la competitividad y el ajuste de los costes de explotación en este modo de transporte. Esto nos ha permitido realizar el cálculo de los tiempos de transporte sobre una línea real en función de las características de un tren tipo y del trazado de la línea.

Se han estudiado las relaciones y frecuencias semanales de los flujos en el año 2011 entre las terminales de mercancías y centros logísticos del área metropolitana de Zaragoza y los centros de producción, distribución y consumo, así como en fronteras del mencionado cuadrante. Hemos reflejado las interacciones y la intensidad de las mismas entre los nodos peninsulares.

Analizadas las mencionadas relaciones – reflejo de la demanda- se ha calculado la producción planificada o teórica de transporte en función de los planes de transporte de las distintas operadoras, en kilómetros-tren y toneladas-kilómetro. De los resultados hemos realizado una estimación de la demanda real.

De la misma manera, se han tratado datos reales y hemos situado la producción y el consumo según los flujos de transporte por ferrocarril –en número de trenes, vagones y contenedores, toneladas netas y brutas, y longitud- dentro y hacia el área metropolitana en el conjunto de en España, en la Gerencia Noreste y en la propia área, todo ello discriminado por operadores de transporte. Además, se compararon las entradas y salidas del modo ferrocarril y carretero en los puertos de la gerencia de Barcelona y del subsistema portuario español.

- *Operadores Logísticos:* En el subsistema de operador de transporte ya se han incorporado los operadores logísticos. En Aragón, con la excepción de una compañía,

los operadores locales no operan a esta escala en el modo ferrocarril, son operadores de escala nacional e internacional.

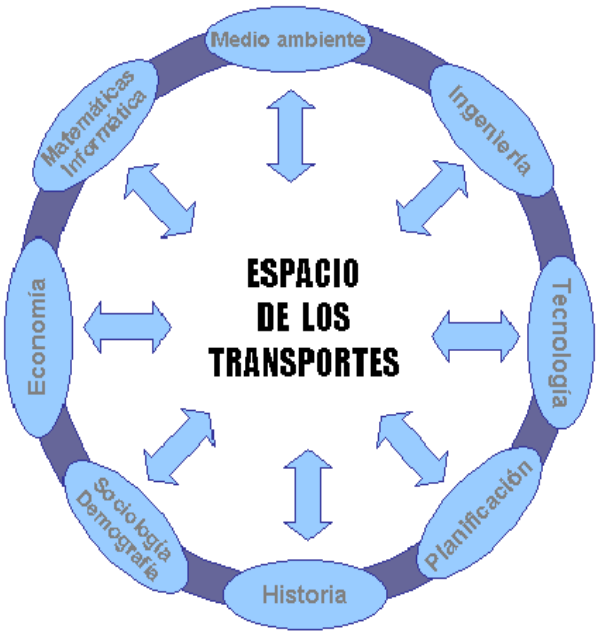
- *Salida del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril:* una vez tratada la información mostramos las magnitudes de la Producción de transporte –*Demanda y consumo real*- en el área de estudio, en la Gerencia a la que pertenece funcionalmente, precisamente, por su capacidad intermodal en el modo marítimo, y en el conjunto de la red ferroviaria convencional. De esta forma podemos conocer y comparar la dimensión de los distintos territorios. Hemos completado la información con una comparativa entre los flujos de transporte ferro-portuarios y por carretera en los dos puertos de dicha Gerencia y en la Red de Puertos del Estado.

- *Relaciones del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril con el subsistema económico*: Se ha valorado la intensidad explicativa de algunos parámetros económicos de la variable "toneladas transportadas". De esta manera, es posible conocer las fluctuaciones de la producción de transporte en los años venideros según lo haga la economía y buscar soluciones para las transferencias modales y el desacople entre transporte y crecimiento económico.

1.3. ALCANCE DE LA TESIS

Como ya se ha mencionado en el apartado 1.1., los sistemas de transporte han sido centro de atención de las distintas sociedades a través de la historia. Actualmente, dado el alto grado de especialización de la ciencia, son muchas las disciplinas que desde sus propios enfoques estudian el sistema de transportes con la posibilidad de utilizar un gran número de herramientas de análisis.

Figura 1-2. La pluralidad conceptual y metodológica en la Geografía de los Transportes del siglo XXI



Fuente: Seguí Pons, J.M. (2003, p.1)
http://www.ub.es./geocrit/sn/sn139.html

No obstante lo anterior, es también cierto que para la mejor explicación y comprensión de hechos, fenómenos y procesos, se recurre con frecuencia a la interdisciplinariedad, tanto de enfoques como de técnicas de análisis. Es el caso de los estudios del sistema de transportes, que también se realizan desde una gran variedad de enfoques (ver figura 1-2) y con un amplio despliegue de técnicas.

Estas pueden ser cuantitativas y cualitativas, además de que la geografía del transporte no es una excepción. Sin embargo, que según afirma Seguí en uno de sus artículos (2003, p.6), la pluralidad de enfoques, de métodos y de temáticas, junto con la interdisciplinariedad, son las características más remarcables de la Geografía de los Transportes en el siglo XXI.

Se presenta un cuadro con algunos de los métodos usados en la Geografía del Transporte actualmente, aunque se recuerda el párrafo anterior y el creciente eclecticismo de la ciencia. (ver cuadro1-1).

Cuadro 1-1. Métodos actuales en la Geografía del Transporte

Métodos	principalmente usados en estudios de transporte	uso general
principalmente usados en estudios de transporte	Análisis de Redes (teoría de Grafos)	Mapas
	Interacciones Transporte-Usos del Suelo	Sistemas de Información Geográfica
	Modelos de Asignación/Localización de Flujos	Estadística descriptiva
uso general	Modelos de Transporte Urbano en Cuatro Etapas	Cuestionarios, Encuestas
		Tablas y Gráficos
		Inferencia Estadística
		Evaluación Impactos Ambientales
	Estudios de Viajes/Tráfico	Evaluación de Riesgos
		Análisis de Políticas

Fuente: Rodrigue, J.P. *et al* (2006, ch.1) http://people.hofstra.edu/geotrans/

Por todo lo dicho, a pesar de la vasta exploración preliminar de la situación actual de las investigaciones y líneas de investigación en materia de transportes realizada para identificar y contextualizar los elementos de interés que se desarrollarán en la tesis, sería muy difícil abarcar tan extenso y complejo objeto de estudio, desde múltiples enfoques, tanto desde dentro de la geografía del transporte como fuera de ella.

Existen innumerables universidades y escuelas técnicas en el mundo que tienen departamentos de investigación en transporte y logística, de geografía del transporte, de ciencia regional, etc.; los propios países más desarrollados tienen institutos tecnológicos, públicos y privados, incluso, muchos estados de EEUU los tienen.

También, como ya se ha mencionado en el punto 1.1, la Unión Europea desarrolla programas de investigación anuales, *Research Framework Programme*, que investigan el sistema de transporte en todas sus dimensiones, modos y efectos sobre el territorio, como la cohesión social, el medio ambiente y los recursos consumidos. Por lo tanto, hay que señalar, que no es objetivo de la tesis revisar tal ingente volumen de información, como tampoco lo es realizar una revisión bibliográfica epistemológica del objeto de estudio.

La tesis se mantendrá, en su mayor medida, dentro del marco de la Geografía del transporte, que es definida según indica Seguí Pons (2004, p.35-36), como "…el estudio de los sistemas de transporte y sus impactos espaciales (Hoyle y Knowles, 2000, p.10) o, dicho de otro modo, el estudio de los movimientos y sus modelos espaciales, de la estructura de las redes y de las dinámicas espaciales que éstas generan.

Así pues, señalar que el límite de la tesis queda establecido por los objetivos señalados en el punto 1.2., así como por el enfoque territorial y sistémico que se pretende aplicar y que se ha perfilado en el punto 1.1. Pero respecto a ello, es necesario señalar varias puntualizaciones importantes.

La primera puntualización hace referencia a que el sistema objeto de estudio es, en nuestra opinión, un hecho geográfico; la naturaleza del sistema de transporte de mercancías por ferrocarril coincide con la definición que Higueras hace de los hechos geográficos. Para este autor, son combinaciones de elementos bióticos, abióticos y humanos que tienen lugar en la superficie terrestre y que son heterogéneos, complejos y dinámicos (Higueras, 2003, p.51).

Además, al estar involucrado el hombre, se puede inferir que ha sido creado por la sociedad, lo que implica que es un producto social y que se encuentra sobre el territorio, el espacio geográfico donde se desarrolla la actividad humana.

Como afirma Plassard (1994, p.521), no es posible tratar las redes de transporte independientemente de las sociedades que las crean y pueden seguir su desarrollo gracias a ellas, esto es, las redes tienen una dimensión social. El comportamiento humano va a depender de las infraestructuras existentes y éstas, a su vez, van a

depender del primero en la medida en que serán creadas, eliminadas o modificadas, esto va a tener unos efectos sobre el territorio que denomina “efectos estructurantes”.

También hay que decir que, si bien, es posible estudiar dicho sistema desde diversas disciplinas, como ya se ha mencionado, se opta, dada la formación del autor, por hacerlo dentro del marco de la geografía y, en concreto, de la geografía del transporte, pero sin olvidar que esta disciplina, tiene fuertes interrelaciones con la geografía económica y la geografía regional.

En otro orden de cosas, en la segunda puntualización, se quiere poner de manifiesto, que la metodología utilizada para el estudio del sistema de transporte por ferrocarril será el análisis geográfico, y que se centrará en los aspectos territoriales del espacio geográfico desde el enfoque de sistemas, como se verá en el apartado correspondiente.

El análisis geográfico nos permitirá conocer la estructura del Sistema Territorial y priorizar algunos aspectos de su organización espacial, como el sistema de asentamientos y su especialización productiva, la localización de las unidades de producción y de los polígonos industriales, y la implantación sobre el medio físico de las redes de conexiones del sistema de circulación.

La organización espacial del territorio se plasma mediante unas determinadas formas o estructura espaciales que también serán estudiadas. Si bien, conviene recordar que las estructuras espaciales de los territorios son el resultado de los distintos procesos que se han desarrollado a lo largo del tiempo. Dichos procesos han generado diversos hechos geográficos e históricos con absoluta influencia sobre los mismos.

Sobre la aplicación del enfoque sistémico diremos también, como afirma Seguí, que está de absoluta actualidad, y que bajo este enfoque se establecen las relaciones existentes entre los aspectos morfológicos, técnicos y estructurales del transporte (Seguí, 2004, p.53).

Además, para Gómez Piñeiro, la aplicación de de la metodología sistémica supone el reconocimiento de los flujos, redes, nudos, jerarquías, superficies y procesos de difusión espaciales que se materializan en el territorio para la configuración del Sistema Territorial (Gómez Piñeiro, 1995, p.2). Para Haggett (1976, p.27), el reconocimiento de esos elementos del sistema es un proceso secuencial en el análisis de sistemas regionales y, por ello, nos parece indicado estructurar un sistema nodal dentro del espacio de estudio para realizarlo y poder considerarlo como un sistema abierto.

Podremos conocer, por lo tanto, los elementos de los sistemas de interés y sus atributos, así como las relaciones que se establecen entre ellos a través de los flujos de mercancías; también las funciones de esos elementos en sus respectivos sistemas y los procesos que se desarrollan en el interior de los mencionados sistemas. Aquí es necesario señalar que al estudiar cualquier subsistema del sistema territorial es necesario integrarlo con estudios de otros subsistemas para que tenga consistencia.

No se trata de adoptar la disyuntiva entre estudiar el espacio geográfico estructurado en áreas o redes que para Dematteis (2006, p. 237-240), tienen diferencias de significado. Será después de establecer la escala y el tema de representación cuando se adoptará la opción entre área y red; es lo que dará origen a los elementos objetivos de estudio.

Se analizará la red de ferrocarril que se encuentra anclada al área de estudio. Se trata de no perder la naturaleza espacial de la red de ferrocarril en el espacio concreto del área metropolitana de Zaragoza.

Igualmente, buscando la solidez y coherencia, es preciso seguir a Higueras para solucionar la aparente contradicción entre análisis geográfico y enfoque de sistemas. Este autor dice, que si bien un análisis es una descomposición del todo en sus partes,

el geográfico es un análisis formal, no real, porque no separa ningún elemento del conjunto al que pertenece (Higueras, 2003, p.208).

Asimismo, dice Higueras que las dificultades epistemológicas que surgen de la consideración de cada hecho geográfico como un todo individualizado, se resuelven aplicando la Teoría General de Sistemas (ibidem, p.75).

En cuanto a la aplicación del enfoque sistémico-funcional en el análisis geográfico, para Seguí (2004, p. 53) son tres los aspectos básicos que lo justifican:

- Conectando con las teorías locacionales, asume la existencia de cierta acumulación de bienes, servicios y población, de forma desigual, en las distintas áreas que conforman el sistema, dotándolo de cierto nivel jerárquico.
- Reconoce la existencia de desplazamientos en forma de flujos direccionados y estructurados entre los diversos núcleos, tendentes a redistribuir los bienes, los servicios y la población, que obedecen, asimismo, a la propia estructura jerárquica del sistema.
- Constata la existencia de infraestructuras de transporte que soportan aquellos movimientos, y que generan y potencian el dinamismo funcional del sistema.

Según esto, parece razonable este tipo de análisis, porque además, como señala Guermond (191, p. 318), todo análisis geográfico es en esencia sistemista, pues se insiste en la importancia de las interacciones.

De esta manera, en nuestra opinión, con el doble enfoque geográfico y sistémico, por la propia naturaleza holística del primero, y sintética del segundo, es posible alcanzar sinergias integradoras en el estudio del sistema de transporte de mercancías por ferrocarril de un territorio, que sirvan para una más completa explicación y comprensión, tanto del sistema como de ese territorio.

En la tercera y última puntualización, se quiere subrayar que, no obstante lo anterior, se considera que en un trabajo de investigación se pueden mejorar los resultados adoptando la interdisciplinariedad. Así pues, cuando se considere importante para la mejor comprensión de algún aspecto del sistema de transportes de mercancías por ferrocarril, se ampliarán las explicaciones recurriendo a elementos conceptuales o metodológicos de otras disciplinas.

Respecto a la temática o línea de investigación que se seguirá en la tesis dentro de la geografía del transporte, decir que no se encuadrará en una sola y que serán enumeradas en el punto 1.5 dedicado a la metodología.

La razón de aproximarnos a varias temáticas está en que por la propia naturaleza de la geografía y del enfoque de sistemas, así como, por las relaciones que se establecen entre el territorio y el objeto de estudio, consideramos más adecuado para la comprensión del sistema de transporte y para alcanzar el objetivo propuesto, entrelazar o relacionar algunas líneas de investigación.

De esta forma, por ejemplo, se abordará la temática del análisis de redes y flujos, la gestión del sistema, la predicción de la demanda, la interacción intra e interregional, la organización espacial del sistema, el transporte sostenible, los impactos positivos y negativos del sistema y la política de transportes

En cuanto a los límites de profundidad en la investigación y en las líneas seguidas, en algunas cuestiones se podrá alcanzar mayor profundidad que en otras, pero se adaptará, en todo momento, a las necesidades explicativas que se consideren convenientes para la comprensión del sistema. La causa viene motivada por el gran volumen de elementos conceptuales y sus correspondientes cuerpos de teorías y críticas a que se hará referencia. Tampoco es, ni la pretensión del autor ni el objetivo de la tesis, si bien puede constituir el punto de partida para futuros trabajos de investigación.

En este punto, es fundamental para la correcta comprensión del trabajo de investigación, inscribir en el contexto de la geografía del transporte el sistema de transportes de mercancías por ferrocarril, aunque, de forma sumaria, porque como ya se ha dicho, no es el objetivo de la tesis una revisión epistemológica del objeto de estudio.

Por una parte, en los antecedentes y estado actual de las investigaciones del sistema de transporte dentro de la Geografía del Transporte que se verán en el punto siguiente. Por otra, en el marco teórico y conceptual, tratado en el apartado 2, en el que se va a encuadrar el estudio del sistema de transporte.

1.4. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE EN EL MARCO DE LA GEOGRAFÍA DEL TRANSPORTE

Como ya se ha mencionado en la introducción, el interés de los grupos humanos por los sistemas de transporte ha sido ingente a través de la historia. La importancia del estudio y conocimiento del sistema de transporte radica en que es el elemento que permite la interacción entre territorios y grupos humanos, materializándose en el tráfico de personas y bienes.

También se ha dicho en el apartado anterior, que existe una pluralidad de enfoques, de métodos y de temáticas dentro de la Geografía del Transporte. Es el resultado de la evolución de esta disciplina, que surge de la separación de la geografía humana, de la geografía económica y de la Geografía regional a mediados de los años cincuenta del pasado siglo, al alcanzar, "…una progresiva especialización, tanto en autores como en publicaciones,…", según Giménez i Capdevila (1987, p.6), que se institucionaliza en 1968; si bien, el carácter espacial del transporte ya residía en el pensamiento geográfico, al haberse tomado progresiva conciencia de su dimensión espacial durante el siglo XIX.

Dentro de la Geografía del Transporte podemos encontrar dos corrientes principales que se desarrollaron durante el siglo XX, hasta los años setenta, y que dependieron del paradigma geográfico imperante en cada momento.

La primera corriente, la Geografía de la Circulación de la escuela regional francesa en los años veinte, principalmente en Francia, inspirada en las bases teóricas de Friedrich Raztel y Paul Vidal de la Blanche. Pierde su hegemonía con la aparición de la Geografía Cuantitativa, si bien, sobrevive discretamente, hasta que a mediados de los años setenta se produce una relativa convergencia y difusión entre las nuevas corrientes -Humanista y Social- que surgen.

Entre las líneas de investigación de esta corriente destacar los trabajos sobre el transporte y las ciudades (Krebs, 1922), la especialización geográfica de los modos de transporte (Demangeon, 1930), las dificultades opuestas por la naturaleza alpina a los ferrocarriles (Brunner, 1935), las distintas clases de comunicación y sus dirección (Blum, 1936), el intento de sintetizar los aspectos humanos y físicos que inciden sobre la circulación (Capot-Rey, 1940).

También establecer una tipología de la circulación (Sorre, 1948), que realiza mediante un enfoque morfológico teniendo en cuenta el contexto físico, económico, político e histórico (Derruau, 1961; Appleton, 1962, 1965), sobre el transporte y el comercio (Oteaba, 1957; Toschi, 1959; George, 1965) y, por último, los transportes y la economía regiona l(Wolkowitsch, 1957) y la obra de este autor sobre Geografía de los Transportes (1973).

La segunda corriente, la Geografía Cuantitativa, se desarrolla principalmente en los países anglosajones, Suecia, Holanda y Polonia. Pero antes de exponer algunas de las líneas de investigación seguidas en el ámbito de la Geografía Cuantitativa es necesario realizar dos puntualizaciones.

En la primera, señalar que una parte de la investigación realizada en la tesis seguirá alguna de sus temáticas y metodologías, ya que como manifiesta Seguí (2003,p.3), "La Geografía Cuantitativa en los transportes ha permitido y permite, el desarrollo de un conjunto de temáticas clave para esta disciplina tales como, el análisis de las redes, el tratamiento y análisis de los flujos y las jerarquizaciones territoriales que establecen el planteamiento y la simulación de modelos predictivos de demanda, así como la utilización de forma analógica de diversos modelos procedentes de otras disciplinas.".[1]

En la segunda puntualización, indicar que este paradigma geográfico centra su atención, entre otros aspectos, en los componentes espaciales de los fenómenos estudiados, buscando las estructuras y distribuciones espaciales desde enfoques funcionales y sistémicos. La investigación también prestará una importante atención a estas cuestiones como ya se ha manifestado en el enfoque sistémico que pretende adoptarse para su desarrollo.

Por lo tanto, como se puede apreciar en lo escrito en los dos párrafos anteriores la temática y los métodos usados ha sido muy variada, por ejemplo, los modelos gravitatorios aplicados a la interacción espacial entre áreas (Ullman, 1952), el movimiento y las redes (Bunge, 1962), la estructura de las redes y la aplicación de la teoría de grafos (Garrison y Marble, 1962; Kansky, 1963.

Haggett y Chorley, 1969; Taaffe y Gauthier, 1973), los modelos de difusión del desarrollo de las redes (Taaffe, Morrill y Gould, 1963), la organización del espacio como consecuencia del incremento de infraestructuras (Janelle, 1969), la estructura espacial de la economía a través del transporte como sistema espacial del desarrollo regional (Gauthier, 1970; Kneafsey, 1974), los componentes básicos de la interacción espacial que son la red de transporte y sus flujos (Wheeler, 1971; Hay, 1979; Wilson, 1980; Harker, 1987), el enfoque de sistemas para la descripción, análisis y explicación de los modelos espaciales del transporte (Hay, 1973, 1977) y el estudio del sistema de transportes desde el enfoque de sistemas (Elliot Hurst, 1974).

En estos dos últimos autores, se quiere resaltar, el análisis que propugnan de las interconexiones entre el sistema de transporte y las estructuras sociopolíticas y económicas de una región, porque en la investigación desarrollada para la tesis, se considera que son elementos incluidos en el sistema territorial y que pueden condicionar, positiva o negativamente, el sistema de transporte.

También es importante señalar que el modelo que se propondrá, utilizará como punto de partida el modelo planteado por M.E. Eliot Hurts (1974). Este autor realiza una primera crítica al paradigma cuantitativo, de las muchas que hizo, soteniendo que la Geografía del transporte no tiene en cuenta el medio socioeconómico.

Posteriormente, a principios de los años setenta del pasado siglo, comienzan a introducirse enfoques sociales y humanistas, que Muller (1976) llamó Geografía Social del Transporte. En esta tendencia se investiga, entre otras líneas, la producción del espacio generada por el transporte creando accesibilidad, las necesidades de movilidad según las estructuras sociales y el comportamiento de los grupos sociales y los individuos.

Dentro de la corriente social, es interesante señalar, por su actualidad, que también la frontera, como elemento político-espacial, empieza a intesar en su relación al transporte, el trabajo de Siddall (1969)[2] demuestra cómo el potencial de interacción espacial de los ferrocarriles queda limitado por los diferentes anchos de vía.

---

[1] Para ampliación ver Giménez i Capdevila (1987).

[2] DIRECTIVA 2004/50/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 29 de abril de 2004 por la que se modifican la Directiva 96/48/CE del Consejo relativa a la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad y la Directiva 2001/16/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo convencional.

Otras líneas de investigación han estudiado cómo las distintas políticas espaciales de los estados se apoyan en el transporte (Belhedi, 1980; Pourtier, 1980; Thery, 1981; Cermakian, 1982), la planificación en los tranportes (Nigkamp y Reichman, 1987), las consecuencias de la desregulación y privatizaciones (Teal y Berglund, 1987; Dogson y Topham, 1988; Gwillian, 1989), la política social y los transportes (Sutton, 1988), y los usos del suelo y el sistema de transporte (Blunden y Black, 1984; Berechman y Small, 1988, Cervero, 1989). Además, continuaron los estudios sobre localización, que ya comenzara Weber en 1909 (Wilson, 1981), los costes de transporte (Wancura, 1989), los corredores metropolitanos y el ferrocarril (Stilgoe, 1983), y los flujos ferroviarios de mercancías en Estados Unidos (Knudsen, 1985).

También comenzaron a interesar líneas de investigación sobre las consecuencias de las decisiones sociopolíticas que afectan al transporte y al medioambiente (Labeyrie, 1973; Beaucire, 1979; Wolkowitsch, 1981; Sanchis, 1983), la organización de los transportes y las problemáticas ocasionadas en áreas específicas (Stanley y Farrington, 1978; Bland, 1978, Massan, 1978; Leardi, 1979).

Además, sobre, el comportamiento de los individuos ante la competencia ferrocarril-avión (Saile, 1975; Carlier, 1980), la mejora de los servicios (Perardel, 1973; Barre, 1983), la revalorización de viejas infraestructuras (Hall y Smith, 1976) y la construcción de nuevas infraestructuras (*Colloque National de Géographie des Transports et de Géographie appliquée*, Lyon 1982). Sobre esta última línea de investigación, queremos destacar el estudio realizado por C.A. Arnaud en 1981, *La voi ferrée Pau-Canfranc: déraison d'une fermeture* (*Revue Geographique des Pyrénées et Sud-Ouest*, p. 385-402)[3].

Por otro lado, también es interesante citar, porque ya comienza a operarse un cambio importante en la concepción de la logística y en el interés de los investigadores en este tema, el estudio sobre la medida de la oferta y la demanda de transporte de mercancías relizado por Baylis (1988) y el de los mercandos minoristas y su efecto sobre la distribución de mercancías de Quarby (1989).

Asimismo, destacamos el modelo conceptual que utiliza Reichman (1984) para el estudio del sistema de transporte desde el enfoque de sistemas, por que será otro de los modelos que se utilizará como origen para el modelo que se realizará, junto con el de Elliot Hurst, como ya se ha mencionado.

Dentro de la corriente humanísta, podemos reseñar algunas líneas de investigación, como la comprensión del medio por parte de los indivíduos en función de sus desplazamientos (Bailly, 1979; White y Senior, 1983), los valores sociales y la percepción geográfica del individuo como condicionantes de la estructura del viaje y la elección del modo de transporte (Elliot Hurts, 1974; Potrykowski y Taylor, 1984), la movilidad de individuos y grupos sociales concretados en problemas específicos (Muller, 1976), las actitudes de los indivíduos sobre la construcción de nuevas infraestructuras (Wheeler, 1976; Briggs, 1980), la innovación en los transportes (Dorel, 1975; Huggill, 1982) y las comunicaciones (Salomon, 1985).

Durante los años noventa del pasado siglo comienzan a tomar fuerza las procupaciones por el aumento de la movilidad, tanto de viajeros como de mercancías, y se desarrollan temas como la localización de nuevas infraestructuras (Black, 1993; Gibb, 1994), los costes de transporte (Brainard *et al*, 1997), las redes de transporte y la estructura *Hub and Spoke* (Ivy, 1993; Shih-Lung Shaw, 1993; Denos, 1994; Fleming y Hayuth, 1994.

[3] Se destaca por el interés del autor de la tesis en esa línea de ferrocarril y su cierre y, en general, por las líneas que atraviesan los Pirineos, así como por el proyecto de la Travesía Central y los proyectos que no se llevaron a cabo. En un futuro se espera abordar su estudio en algún trabajo de investigación.

Thompson, 1995; O'kelly, 1998), diseño de redes en el espacio de los sistemas económicos (Reggiani y Fabri, 1999), la congestión de las redes (Whitelegg, 1992; Fielding 1995; Stern *et al*, 1996;), los corredores de transporte (Nijkamp *et al*, 1995), la influencia de la globalización en el transporte (Salomon y Tsairi, 1995; Janelle y Beuthe, 1997) y los impactos de las infraestructuras sobre el desarrollo (Hall, 1993; Dudon-Smith y Giba, 1994; Voskuhl, 1995; Linneker y Spencer, 1996; Harmatuck, 1996;Gillen y Waters, 1996; Bryan *et al*, 1997; Gram, 1998; Giuliano y Small, 1999; Norman y Vickerman, 1999).

Asimismo, se presta una gran atención a la influencia de política en el transporte y el planeamiento (Audrey, 1995; Fox, 1995; Pinder *et al*, 1995; Montés, 1995; Stough y Rietveld, 1997; Tolley *et al*, 1998), a la red traseuropea de transporte (Dupuy y Stansky, 1996; Button et al, 1998) y a la interoperabilidad (Mulley y Nelson, 1999), al tráfico fronterizo (Woudsma, 1999), al transporte urbano (Menéndez, 1993; Twonroe y Dabinett, 1995; Hanson, 1995), a los usos del suelo (Rodrigue, 1994; Carlson y King, 1998), a las regulaciones y la liberalización (Graham, 1993; Debagge, 1994; Hine, 1998; Costas 1999) y a las privatizaciones (Charlton *et al*, 1995; Knowles, 1998; White y Farrington, 1998).

Otro grupo inportante es el desarrollado sobre aspectos cada vez más relevantes en la atención de los investigadores, como los impactos medioambientales y el cambio climático (Ling, 1992; Farrington y Ryder, 1993; Hughes, 1994; Tolley *et a,* 1995; Owen, 1995), los accidentes (Black y Thomas, 1998), el consumo energético de los transportes (Geen, 1997), el transporte sostenible (Banister y Button, 1993; Black, 1996, 1997; Davis, 1996; Green y Wegener, 1997; Button y Nijkamp, 1997; Haq, 1997; Leinbavhy Smith, 1997; Graham y Guyer, 1999; Haywood, 1999; Hoyle, 1999), el transporte y la accesibilidad (Yue-Hong Cou, 1993; Spencer y Linneker, 1994; Muruyama, 1994; Gutiérrez *et al*, 1996, Ball, 1996; Levinson, 1998; Gutiérrez y Gómez, 1999) y los efectos de los fenómenos climáticos extremos sobre el tráfico (Al Hassan y Barrer, 1999).

También se empieza a prestar gran atención a la innovación tecnológica en el transporte y las comunicaciones (Hepworth y Ducatel, 1992; Garrison, 1995; Giuliano y Gillespie, 1997; Stough, 1997; Hodge y Koski, 1997), los sistemas de información geográfica aplicada al transporte (Cairos, 1998), y la modelización aplicada al transporte (Jones y White, 1994; Black, 1995; Ran y Boyce, 1998; Mikkonen y Luoma, 1999.

Por último, es importante señalar que continúan los trabajos de investigación en el campo de la logística iniciados en la década anterior, como las relaciones entre transporte y producción (Garrison, 1990, 1996; Talley, 1996), las consecuencias espaciales de las estrategias logísticas en el mercado único (Browne, 1993), los nodos logísticos (van Klink, 1994).

Además, la intermodalidad (Rissoan, 1994; van Klink *et a*l, 1998; Stubbs y Jegede, 1998; McCalla, 1998), la concentración y los centros de carga (Notteboom, 1997; Jixian, 1998), las terminales de transporte(Goetz y Rodrigue, 1999; Snack, 1999; Rodrigue, 1999) y el crecimiento del tráfico de contenedores (*Alix et al*, 1999).

A principios del siglo XXI, según señala Seguí (2003, p.5), se mantienen las líneas de investigación y las publicaciones de la década de los noventa, aunque se añaden las relaciones entre transporte, movilidad, comportamiento y cambio social. Black, por su parte, indica que existen en la actualidad diez y ocho marcos de trabajo temáticos (Hensher *et al*, 2004, p.16); en nuestra opinión, creemos que estos marcos de trabajo cubren todo el espectro de investigación en Geografía del Transporte.

Para finalizar este apartado, decir que podemos encontrar entre los recientes trabajos de investigación en Geografía del Transporte todas las lineas de investigación señaladas por Black. Mostramos algunos de los trabajos que nos parecen más interesantes, dada su actualidad y su relación con la investigación desarrollada en la tesis.

En los últimos cincuenta años se han estudiado mucho las relaciones entre transporte y actividad económica de los territorios, y estas líneas de investigación continúan realizándose. A modo de ejemplo, citamos algunas de estas líneas, como las Inversiones en el transporte y crecimiento económico (Banister y Berechman, 2001), el transporte y actividad socio-económica (Preston, 2001), las afecciones de las conexiones a la industria local (Brathen, 2001), la demanda responsable de transporte y la emergencia de un nuevo segmento de mercado (Brake *et al*, 2004) y los efectos sobre el mercado de los trenes regionales de alta velocidad (Fröidh, 2005) .

También existen muchas líneas de investigación sobre el estudio de la demanda y su predicción, aunque suelen estudiarse en el campo de la economía mediante modelos econométricos y otros. Como ejemplo citamos, el enfoque de preferencias declaradas en la demanda de servicios regulares de aparcamiento (Shiftan *et al*, 2006), el mercado distinto al granel en el transporte de mercancías por ferrocarril (Woodburn, 2006) y la ineficiencia del mercado del granel seco en el transporte marítimo (Laulajainen, 2007, porque pueden resultar interesantes por el volumen de sus tráficos para futuras investigaciones sobre el transporte de mercancías en unidades de cargamento no contenerizadas.

Nuevas líneas de investigación se encuadran en la creación de la Red Transeuropea de Transporte, tanto para viajeros como para mercancías y una red de corredores y líneas *Short See Shipping* conectadas a esta red. De la red dedicada al transporte de mercancías es de destacar el proyecto *New Opera.*

En España se están realizando estudios muy interesantes como el corredor que con origen en Marruecos, atraviesa España de norte a sur por Algeciras, Madrid, Zaragoza y los Pirineos, para continuar por el Macizo Central francés hasta París. Es importante, porque como ya se ha mencionado, cruzaría el Estrecho de Gribaltar por un túnel submarino y los Pirineos Centrales por un túnel de baja cota. A este corredor se conecta el corredor Sinés y Lisboa-Madrid.

Otro corredor que se está estudiando es el que también atravesaría España de sur a norte por todo el Arco Mediterráneo, desde Algeciras, Murcia, Valencia, Barcelona, Portbou, hasta Narbona, por todo el Arco Mediterráneo para conectar con la Red Transeuropea de Transporte.También existen estudios del corredor, que articula el Arco Atlántico y el cuadrante noereste de la Península Ibérica, conectando portugal con Galicia y con la frontera francesa de Hendaya, a través de Salamanca, Valladolid y Vitoria .

Así pués, existen muchas líneas de investigación en este tema sin perder de vista el sistema de transporte global. Entre las distintas líneas de investigación encontramos los conceptos y definiciones de corredores (Chapman *et al*, 2003), la gobernanza de corredores (Priemus y Zonneveld, 2003), los megacorredores y la supresión del balance entre espacio de flujos y espacio de lugares (Albrechts y Coppens, 2003), la complejidad multiescala del planeamiento de infraestructuras (Romein *et al*, 2003), la gobernanza espacial transnacional en los megacoredores del noroeste europeo (Vries y Priemus, 2003), la cobertura espacial de las líneas marítimas y los operadores de terminales de contenedores (Parola y Veenstra, 2005).

Asimismo la globalización y transporte de mercancías (Pedersen, 2005), variaciones de la hegemonía y las presiones externas por los cambios en las redes ferroviarias del sudeste europeo (Howkins, 2005), las redes marítimas globales (Fremont, 2007), la cartografía de las redes de ciudades generadas por los flujos de las líneas aéreas (Derudder y Witlox, 2008), la competición entre el modo fluvial y marítimo y sus área de mercado en el corredor Ródano-Saona (Charles, 2008).

Una de las temáticas más importantes y recurrentes en la actualidad hace referencia al transporte sostenible. Podemos señalar algunas como las barreras socioeconómicas para el transporte sostenible (Black, 2000), los usos del suelo y el transporte (van Wee, 2002), la sostenibilidad y su interacción con los efectos externos del transporte

(Himananen et al, 2005), la integración en un GIS de las interacciones entre los usos del suelo y el transporte (2003), el medioambiente y el desarrollo económico (Judge *et al*, 2004), los marcos de análisis para el transporte sostenible (Richarson, 2005), el transporte sostenible y la calidad de vida (Steg y Gifford, 2005), la sostenibilidad y la interacción entre los efectos externos del transporte (Himanen *et al*, 2005).

Los usos del suelo, el transporte y la producción industrial (Kockelman *et al*, 2005), la política de ferrocarriles y el transporte sostenible (Dallen, 2007), la eficiencia energética del transporte (Stead, 2007), el transporte y el cambio climático (Chapman, 2007), los efectos ecológicos de las carreteras (Coffin, 2007), la sostenibilidad en los usos del suelo del sistema de transporte (Jonson, 2008) y la clasificación de las estaciones de ferrocarril y el balance de las funciones nodales y de situación para una transición a la sostenibilidad (Reusser *et al*, 2008).

Relaccionada con la temática del párrafo anterior tenemos, el análisis de los accidentes de tráfico (Yamada y Thill, 2004), la evolución del crecimiento urbano, las prácticas de viaje y la seguridad de la carretera (Millot, 2004), un GIS para analizar los patrones espacio-temporales de los accidentes intraurbanos de vehículos de motor (Li *et al*, 2007), el precio de la congestión y los cambios de residencia y de trabajo (Arentze y Timmermans, 2007) y los efectos de los fenómenos climáticos extremos sobre el tráfico (Datla y Sharma, 2008).

También es muy importante el estudio de la accesibilidad al sistema de transporte, tanto para la cohesión social como para la competitividad de los territorios y las empresas implantadas sobre él. Tenemos, por lo tanto, muchos estudios sobre este tema, como el análisis del impacto de la accesibilidad en la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona (Gutiérrez, 2001), la accesibilidad y la competitividad (van Wee *et al*, 2001), la accesibilidad en los archipiélagos (Hernández, 2004), la evaluación de la accesibilidad en las estrategias de usos del suelo y transporte (Geurs y van Wee, 2004), los cierres de líneas de ferrocarril al tráfico de pasajeros en Polonia y sus consecuencias sociales (Taylor, 2006) y las mejoras en la accesibilidad de las autopistas españolas (Holl, 2007).

La modelización sigue investigándose a lo largo del tiempo, así, podemos citar líneas de investigación que la estudian, como los modelos de transporte (Taylor *et al*, 2000), la comparación de la calidad del servicio en los principales puertos de contenedores (Ha, 2003), la modelización de la distribución de mercancías usando redes neuronaless artificiales, Celik, 2004), los regímenes de acción colectiva en los *clusters* portuarios (de Langen y Visser, 2005), los modelos de gravedad para el planeamiento de transporte dinámico (Tsekeris y Stahopoulos, 2006), un metodo para la identificación de conexiones críticas y evaluar el funcionamiento de las redes (Scott *et al*, 2006), la calidad del servicio de autobús, la elección modal y la descongestión de tráfico (Davison y Knowles, 2006), los nuevos patrones de movilidad espacial en el área metropolitana de Madrid (Gutiérrez y García-Palomares, 2007) y la Interacción espacial (Morton *et al*, 2008).

Actualemente, con el creciente peso de la innovación tecnológica y el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones, también hay muchos estudios sobre esta temática, como los sistemas inteligentes de transporte (Haynes *et al*, 2000), los nuevos sistemas ferroviarios urbanos (Mackett y Sutcliffe, 2003) y los cambios en las necesidades de los clientes inducidos por las nuevas tecnologías (Neiberger, 2008), si bien mayoritariamente, son objeto de estudio de otras disciplinas más acordes con la temática.

En lo que concierne a la política de transportes, sigue estudiándose en la Geografía del Transporte, aunque con algo menos de intensidad que en la década pasada, tenemos algunos ejemplos como la gestión de la demanda de viajes y política pública (Ferguson, 2000), la evaluación de la demanda responsable de servicios de transporte en europa (Mageean y Nelson, 2003), la política de transporte en la escala local

(Walton y Shaw, 2003) y los cambios en los patrones espaciales de la carga aérea por los efectos de la desregulación.

Otras líneas de investigación que han cobrado mucha fuerza en estos son las que estudian la gestión de la Cadena de Suministro y la intermodalidad como modo de transporte fundamental en este eslabón de la cadena. Citamos como ejemplos de estos estudios, la logística y la gestión de la Cadena de Suministro (Brewer et al, 2001), la transición de la consolidación de las mercancías a la logística (Cheung et al, 2003), la interconexión de redes y el transporte multimodal (Schönharting *et al*, 2003), la geografía del transporte de la logística y la distribución de mercancías (Hesse y Rodrigue, 2004), la integración de los pequeños flujos de mercancías en el sistema de transporte intermodal (Trip y Bontekoning, 2004).

Internet en el transporte y la localización como temas cruciales de las cadenas logísticas (Lasserre, 2004), cómo la logística urbana alcanzar los objetivos de las políticas de sostenibilidad (Anderson *et al*, 2005), el transporte de mercancías por ferrocarril y distribución urbana sostenible (Dinwoodie, 2006), la intermodadlidad, el comercio electrónico, la logística y la sostenibilidad del transporte de mercancías globalizado (Leinbach *et al*, 2007) y la logística del *Just-in-time* en el sector del automóvil (Kaneko y Nojiri, 2008).

Muy relacionado con la logística encontramos también otras líneas de investigación, como las economías de escala en grandes buques portacontenedores (Cullinane y Khanna, 2000) y las economías de escala en diseño de redes *hub and spoke* (Horner y O'kelly, 2001). Además las relaciones entre logística y espacio, como la localización de nuevos hubs potenciales (Martín y Román, 2003) y la optimización de la localización de un *hub* para el transbordo de contenedores (Baird, 2006).

Por último, tenemos algunas líneas de investigación que analizan algunos de los efectos de los tiempos de viaje sobre el espacio, temática que se considera muy importante, si bien, se echan en falta más estudios que analicen los efectos del tiempo sobre los tráficos de mercancías, ya que han sido realizados, en mayor medida, para el transporte de viajeros.

Podemos citar, los estudios sobre el tiempo en la Geografía del Transporte (Shaw, 2006), el transporte y la configuración del espacio por el colapso del espacio-tiempo (Knowles, 2006) y las transformaciones espacio-temporales del espacio geográfico para explorar, analizar y visualizar el sistema de transporte (Ahmed y Miller, 2007).

1.5. METODOLOGÍA

El objeto de estudio para esta tesis doctoral -el sistema de transporte de mercancías por ferrocarril- se ha propuesto por su importancia y actualidad. Sin embargo subrayaremos que se trata un sistema complejo y amplio, elemento de la estructura de otros sistemas más complejos que de forma ascendente alcanzarían en el nivel superior el sistema territorial. En nuestro caso el área de estudio, dicho sistema territorial, esta conformada por el área metropolitana de Zaragoza.

Dada la dificultad para el diseño y la organización de la investigación se ha reflexionado sobre su estructura y se ha optado por realizar el estudio en una secuencia lógica, coherente, transversal y recurrente, manteniendo como hilo conductor el transporte de mercancías y el ferrocarril. Pretende abarcar distintas perspectivas interdisciplinares del objeto de estudio para conferir integridad, homogeneidad e identidad. Además, dado el enfoque geográfico y sistémico proyectado se buscan las relaciones y dependencias entre sus elementos.

Para desarrollar la investigación nos hemos decidido por la construcción de un modelo-marco de trabajo que resulta complejo pero eficaz hacia la consecución del objetivo propuesto. Se estructura en cinco fases que incluyen distintos boques de trabajo, todo ello conectado a través de relaciones y dependencias.

Cada fase -que son sucesivas- corresponde a un estado en el proceso de investigación y cada bloque a una temática concreta incluida en esa fase. Una de las principales ventajas de esta forma de diseño y organización la encontramos en la construcción de una estructura sólida en la que cada fase sostiene a la siguiente y cada bloque alimenta a otro u otros y, de manera iteractiva, puede ser retroalimentado por uno o varios, es decir, en las relaciones y dependencias.

Asimismo, en la capacidad de dicha estructura para sostener el hilo conductor del objeto de estudio, que denota identidad, y en la facilidad de integración de enfoques desde distintos puntos de vista y desde distintas disciplinas lo que le otorga homogeneidad al análisis.

En nuestra opinión es una organización eficaz. Como principal desventaja señalaremos precisamente la dificultad de esta construcción. Dotar de coherencia al conjunto ajustando todos sus elementos y buscando el equilibrio entre los mismos no ha estado exento de complicación, en mayor media, por la exigencia de que todos los elementos funcionasen sincrónicamente y aportasen sinergias para la consecución del objetivo de la tesis.

Las distintas temáticas abordadas en la tesis han requerido también distintas metodologías para su estudio. Para esta labor se ha realizado una revisión metodológica que nos permitiese realizar el estudio del sistema de transporte y la delimitación del espacio de estudio, dos cuestiones complejas y difíciles. Se pretende presentar una amplia panorámica, del periodo 2007 a 2011, para la mejor comprensión del objeto y área de estudio.

Para el estudio del sistema de transporte, se han adaptado los métodos de análisis de diversos autores, de tal forma, que pudiésemos adecuarlos a la naturaleza del sistema estudiado, pero en todo momento desde el enfoque de la Teoría General de Sistemas de L.V. Bertalanffy (1968). Los distintos conceptos y autores consultados, así como, los pasos que se realizarán en la aplicación del método se recogen en el apartado 2 en el punto 2.2.

También se intentará adoptar un enfoque holístico e integrador -algo habitual en geografía- , que además, en este caso, por la propia naturaleza y características del objeto de estudio, puede ser enriquecido con explicaciones y procedimientos de la Teoría de las Superredes (término acuñado por Y. Sheffi en 1985), a las que, obviamente, serán de aplicación los conceptos de la Teoría de las Restricciones de E. Goldratt (1979).

En cuanto a la delimitación del espacio de estudio, se han establecido los criterios para su realización apoyándonos en el concepto de área metropolitana, pero adecuándolos al objetivo de la tesis y a la solución de los dos problemas que surgen en este tipo de límites. El primer problema, la delimitación de los ámbitos funcionales reales que establecen los espacios que integran dichos ámbitos, y el segundo, los límites físicos imprecisos de esos espacios. Todo ello, se concreta en el apartado 2 en el punto 2.3.

Antes de citar las metodologías utilizadas, nos parece adecuado señalar las distintas temáticas abordadas en la tesis; se trata de aprehender en una primera aproximación la imagen del conjunto de cuestiones y relaciones que queremos estudiar del sistema de transporte:

- Política de transporte: al haberse realizado en España el cambio de modelo ferroviario para adaptarse a la Política de Transporte Europea.
- Desarrollo y transporte sostenible.
- Impactos del sistema de transportes de mercancías por ferrocarril.
- Interacción espacial intra e interregional.

- Organización espacial: implantación y evolución de la red en el área metropolitana de Zaragoza, nuevas infraestructuras y los emplazamientos de los centros productivos y de consumo.
- Análisis de redes: accesibilidad y conectividad de la red de ferrocarriles de mercancías; en la actualidad, la red de ancho convencional.
- Análisis de la demanda y sus flujos: los tipos, frecuencias y estacionalidad de flujos que circulan por la red.
- Demanda potencial: generación de flujos de mercancías.
- Gestión del sistema: mejora de los niveles de servicio, de la capacidad de las infraestructuras y la satisfacción de la demanda.

En cuanto a los métodos utilizados para afrontar las citadas temáticas son las siguientes:

a) Se realizará el análisis geográfico del sistema de transporte de mercancías por ferrocarril, situando el sistema en su contexto territorial, describiendo sus características y explicando su funcionamiento. El objetivo de este análisis será describir y explicar la organización espacial del espacio funcional de estudio.

b) Para la explicación de la estructura y el funcionamiento del sistema se utilizará el enfoque de sistemas utilizando la metodología denominada *top-down* para el análisis y *botton-up* para la síntesis.

c) El análisis se realizará siguiendo un proceso que ha adaptado los distintos métodos de análisis de diversos autores para adecuarlos a la naturaleza del sistema estudiado (ver apartado 2, punto 2.2.). Se utilizarán técnicas de análisis de sistemas cualitativas y cuantitativas, en la medida en que se consideren necesarias para la explicación y compresión del sistema.

d) El diagnóstico se realizará con un triple enfoque:

Eficacia: Análisis de la adecuación de los objetivos establecidos para el sistema a las necesidades y requerimientos actuales de transporte. Para establecer los objetivos actuales se realizará un análisis documental de los planes estratégicos de las empresas de transporte y de los resultados de las encuestas de calidad. Para establecer los objetivos ideales se realizará un análisis documental de las recomendaciones de la Unión Europea y las de otras instituciones en materia de *benchmarking* de transporte y logístico, procediendo a incluirlos en la encuesta diseñada, para comparar y analizar los resultados.

Efectividad: Analizaremos la capacidad del sistema para la consecución de los objetivos indicados en el párrafo anterior durante el periodo de estudio.

Eficiencia: Análisis del grado de cumplimiento de los objetivos en función de la capacidad del sistema. Se podrán comparar mediante el análisis documental y establecer los índices oportunos.

e) Para el tratamiento de la información se aplicarán técnicas de estadística descriptiva y multivariable, seleccionando las variables que se consideren más significativas.

f) Se efectuará el tratamiento de los datos que más se ajuste a los requerimientos específicos del dato y del objetivo. También se crearán y calcularán los índices necesarios.

g) La Teoría de Grafos se utilizará para el análisis de la red de ferrocarril y, mediante distintos índices de accesibilidad y conectividad, su accesibilidad a

los centros de producción y consumo, y su conexión a otras redes, respectivamente.

h)La delimitación del espacio de estudio se realizará aplicando criterios para delimitar áreas metropolitanas clásicos ligados a tamaño de la población, densidad y funciones. También se estructurará dentro de ese espacio un sistema nodal que se corresponderá con el conjunto de redes y nodos implantados sobre ese territorio.

i)Establecer los modelos de interacción espacial que se usarán para áreas de influencia serán gravitatorios seleccionando las variables municipales que se consideren más adecuadas.

j)Para el análisis de la demanda potencial de flujos de transporte de mercancías por ferrocarril en el área metropolitana de Zaragoza. Se identificarán las empresas potencialmente generadoras y también mediante una encuesta diseñada según la técnica cualitativa prospectiva Delphi.

k)Las aplicaciones informáticas que se han utilizado son:

Word, Excel, Minitab, Stratgrapics, Mapinfo y Vensim.

2. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. ALGUNAS CUESTIONES SOBRE ESPACIO GEOGRÁFICO, SISTEMA TERRITORIAL Y ANÁLISIS GEOGRÁFICO TERRITORIAL

Los primeros conceptos importantes que hay que definir antes de abordar las cuestiones que hacen referencia al análisis son el espacio geográfico y el territorio, porque como se ha mencionado, el sistema de transporte está inscrito sobre el espacio geográfico físico que conforma el territorio.

El espacio geográfico, siguiendo a Higueras (Higueras, 2003, pp. 177 y ss.), es siempre una porción mas o menos extensa, singular y concreta de la superficie terrestre y tiene como características ser temporal, histórico, concreto y localizado; pero hay que tener en cuenta que el espacio geográfico y el espacio soporte son cosas distintas.

Para este autor, "El espacio geográfico engloba en un todo único e inseparable otras clases de espacio: *el espacio histórico* (que es ante todo tiempo, *el espacio geométrico* (que es esencialmente forma) y *el espacio existencial o vivido*, que es *concreto* y, en los seres humanos, suscita vivencias y experiencias personales y colectivas de adhesión o rechazo, …" (Ibidem, p.179).

Por lo tanto, como indica Gómez Piñeiro, el espacio geográfico puede ser concebido como algo abstracto, también como algo concreto y real o como algo subjetivo. Incluso en su sentido global o en sí mismo con sus leyes explicativas, organizaciones, distribuciones, asociaciones, relaciones, cambios, transformaciones, etc y como un producto social. (Gómez Piñeiro, 1995, p. 2). En consecuencia, como puede analizarse desde muchos puntos de vista, puede haber diferentes tipos o clases de espacio geográfico, como el rural, el urbano, el agrario, el industrial, el costero, el de montaña, etc.

A modo de resumen de los párrafos anteriores, diremos que el espacio geográfico es "…la síntesis de las relaciones hombre-medio, las cuales se desarrollan siempre en el contexto de un sistema territorial concreto" (Higueras, 2003, p180).

Pero antes de definir el sistema territorial que cita Higueras, es necesario determinar que es el territorio. Este concepto se define según el diccionario Akal de Geografía Humana (2000, p. 562), como la porción de espacio ocupado por una persona, grupo o Estado.

Asimismo, dice que en su uso geográfico más social, el territorio se refiere al espacio social limitado, ocupado y utilizado por distintos grupos sociales como consecuencia de la puesta en práctica de su territorialidad o del campo de poder sobre un espacio ejercido por las instituciones dominantes.

En nuestra opinión, es una definición insuficiente, dado que, por una parte, el territorio también es, o está, ocupado por otros grupos o individuos bióticos y elementos abióticos, y por otra, no es su "uso geográfico más social", sino que lo que caracteriza y lo distingue del espacio de forma más clara es su componente social.

Pero además, igual que al espacio geográfico, durante mucho tiempo se ha considerado al territorio como mero soporte de las actividades humanas, principalmente las económicas, sin atender al sustrato social que también forma parte indisoluble del territorio y que lo relaciona indudablemente con el uso y la actividad.

En cuanto al sistema territorial, podemos definirlo desde el enfoque de sistemas, como "…el conjunto de todos los elementos y procesos naturales y culturales, existentes en el territorio." (Gómez Orea, 2002, p.181).

Desde del punto de vista de la geografía humana, lo que nos interesa en la tesis es la manera en que una sociedad se relaciona, ocupa y transforma un espacio determinado, esto es, un territorio o un sistema territorial concreto. De estas relaciones entre sociedad y sistema territorial surge el concepto de modelo territorial.

Para Serrano, el modelo territorial es una abstracción que trata de sintetizar los aspectos fundamentales que subyacen en la comprensión de la ordenación e interrelación espacial de todos ellos, con la dinámica social. Incluye medio físico, población, producción, patrimonio, infraestructuras, edificios, equipamientos, sistemas de conexión, marco normativo, institucional y social (Serrano, 2003, p.35).

Así, en la definición del modelo territorial, como señala este autor, serán aspectos fundamentales a tener en cuenta, en primer lugar, el sistema de ciudades y las áreas de influencia asociadas que incluye, entre otras tipologías, las asociadas a la caracterización productiva y a las dotaciones infraestructurales, los niveles de conexión, la centralidad y la urbanización.

En segundo lugar, las relaciones territoriales fundamentales que inciden en el sistema territorial y de ciudades definido, como son las relaciones laborales, las económicas, las derivadas del acceso a los equipamientos y las relaciones sociales y de control político, cultural y social (Serrano, 2003, p.36 y 37).

Sin embargo, esto está cambiando. Entre otras causas, como reacción a la globalización se está enfatizando en lo local, en el propio territorio como algo activo. La identidad colectiva, la sensación de pertenencia a un territorio concreto con unos mismos orígenes y una misma historia, económica, social y cultural que atesora recursos, potencialidades, conocimientos y saber hacer, que puestos en valor le permiten a ese territorio, por una parte no ser devorado por la ola globalizadora y, por otra, ser competitivo en un mundo globalizado.

También el componente social del sistema territorial es imprescindible para comprender el sistema de transporte, esto es, que tiene una dimensión social, porque como ya se ha dicho en la introducción, Plassard afirma que no es posible tratar las redes de transporte independientemente de las sociedades que las crean y pueden continuar su desarrollo gracias a ellas.

El comportamiento humano va a depender de las infraestructuras existentes y éstas, a su vez, van a depender del primero en la medida en que serán creadas, eliminadas o modificadas, lo que va a tener unos efectos sobre el territorio que este autor denomina “efectos estructurantes” (Plassard, 1994,.p 521)

Los efectos de las infraestructuras de transporte, ligadas a la accesibilidad del territorio, han sido en el pasado y siguen siendo en el mundo globalizado, un factor fundamental del desarrollo económico y de la competitividad territorial.

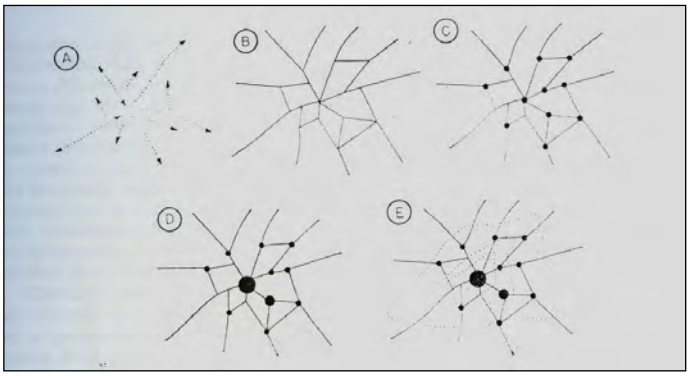
Para conocer y entender el sistema de transporte en el modelo territorial, nos parece muy adecuado, como ya se dijo en el punto 1.5 que refleja la metodología, utilizar el análisis geográfico territorial desde el enfoque de sistemas. La razón es que coincide plenamente con el interés del autor en los aspectos espaciales del sistema de transporte.

Higueras dice que “El análisis geográfico territorial se centra en la descripción y explicación de las formas y estructura que adopta el espacio geográfico en consonancia con las funciones que desempeña. Dicho de otro modo, el análisis geográfico territorial trata de describir y explicar la *organización del espacio*” (Higueras, 2003, p.379).

Para explicar las estructuras territoriales Haggett, sugiere aplicar la teoría general de sistemas, considerando las regiones nodales como sistemas abiertos siguiendo un proceso que consta de varios pasos y que tiene la ventaja de dirigir la atención hacia los vínculos entre proceso y forma.

La consideración de la región nodal obedece, para este autor, a que una de las dos categorías de las regiones de características múltiples, es la de región nodal, organizadas con respecto a un determinado foco con el que se hallan vinculadas por conexiones de circulación (Haggett, 1976, p. 313). Este foco puede ser un área metropolitana nodal.

Figura 2-1. Estadios en el análisis de los sistemas regionales



Fuente: Hagget, P. (1976, p. 28)

El análisis de los sistemas regionales que plantea Haggett consta de varias etapas (ver figura 2-1). La primera, es el estudio de los movimientos de personas, bienes, dinero e información, ya que la organización regional necesita de un movimiento constante de esos elementos. La segunda etapa es considerar las conexiones a través de las cuales se efectúan esos movimientos, esto es la red.

La tercera, el estudio de los nodos de esa red y sus *hinterlands.* La cuarta etapa, la organización de esos nodos en una jeraquía. Y por último, la integración final de las zonas intersticiales de los nodos, consideradas como superficies. (Haggett, 1976, p. 27 y ss.).

El procedimiento que sugiere este autor es muy interesante para el objetivo de la tesis y se realizará en parte. Si bien, no se sigue la misma secuencia. El nuevo concepto que surge en esta sugerencia de Haggett es el de región nodal.

En el mismo contexto que el de la región nodal, señalaremos que las regiones funcionales nacen, como indica Vilá Valentí (en Higueras, 2003, p.150), de la consideración del papel que ciertos elementos desempeñan en el contexto territorial. Estas unidades espaciales estarían basadas en haces de relaciones a partir de un determinado centro que podemos considerar un nodo (regiones nodales) o un polo de atracción socioeconómica (regiones polarizadas).

Los haces de relaciones o flujos, para el citado Vilá Valentí, corresponden a determinadas funciones que el centro desempeña, especialmente funciones económicas, como las de producción y distribución de bienes industriales, la realización y distribución de servicios, etc. (Ibidem).

En nuestro caso, entre otras muchas funciones, nos parece probado que el espacio de estudio, por su situación estratégica, ha sido en el pasado, es en el presente y será en el futuro un nodo de conexión importante del subsistema de circulación del sistema territorial de nuestro país.

Si bien, hay que tener en cuenta que en la actualidad, como afirma Higueras, “La región funcional está dejando paso al espacio funcional, cuya concepción geográfica es mucho más amplia y menos rígida que la de región.” (Higueras, 2003, p.150).

Aclararemos, sobre el concepto de circulación, segun señala Steck (2009, p.125), que los geógrafos han preferido durante mucho tiempo formular sus investigaciones alrededor del concepto de circulación que no se puede superponer al de transporte, ya que reenvía primero y ante todo al movimiento en el espacio y no a una actividad económica.

No obstante, en nuestro caso al tratarse de un sistema territorial y del transporte de mercancías, que es una actividad económica, sí que utilizaremos el concepto de sistema de transporte en vez del de sistema de circulación.

Además, el sistema de circulación es un concepto más amplio que no se abordará en la tesis, porque como ya se ha mencionado anteriormente, en la geografía de la circulación se produce una relativa convergencia y difusión entre las nueva nuevas corrientes Humanista y Social, cuyas temáticas no son el objetivo que busca la tesis.

Hecha esta salvedad, de lo dicho, parece claro que en todo sistema territorial sus elementos o subconjuntos realizan algún tipo de función en ese sistema, pero también, por el propio concepto de jerarquía, en el sistema tierra los sistemas territoriales son subsistemas del supersistema tierra.

Estamos de acuerdo con las afirmaciones que realiza Higueras, porque en todo momento se está considerando el espacio de estudio como un sistema territorial, para el autor "Si la región se considera un sistema territorial, el concepto de región funcional surge como algo lógico y esperado. En efecto. Todo sistema, como se ha dicho es abierto y dinámico y desempeña alguna función en relación con otros sistemas." (Higueras, 2003, p.151).

Y, además, "Toda región es un sistema territorial en constante proceso de cambio, cuya organización estructural y las funciones que acoge se acomodan a las nuevas circunstancias que surgen continuamente, tanto internamente como en relación con otros sistemas territoriales." (Ibidem, p.151).

Una vez completado el análisis geográfico territorial, conoceremos el sistema territorial. Además, con objeto de tener una visión de conjunto de la organización espacial del sistema nos parece muy adecuado, para plasmar el sistema espacial del sistema territorial, utilizar un sistema de redes nodales, ya que las redes se implantan sobre el territorio y los nodos son sus elementos de fijación.

Trabajando con este sistema nodal, los haces de relaciones o flujos que indica Vilá Valentí, las podemos vincular a las estructuras territoriales de un área determinada.

Esto nos permitirá conocer los flujos o movimientos existentes, las redes materializadas, los nodos o puntos de confluencia en la red de varios flujos, las jerarquías de los nodos, de las superficies y áreas de influencia de los nodos con los espacios que estos integran, y de los procesos de difusión con relación a otros espacios o sistemas territoriales.

Señalaremos también, que la organización del espacio es cada vez más la de un espacio en red, surcado por innumerables flujos de personas, de bienes, de información, financieros y de relaciones. Es el resultado de de la sociedad contemporánea. Estos flujos se canalizan a través de las distintas redes de transporte, de comunicaciones e interpersonales que operan a distintas escalas superponiéndose al espacio. Como afirma Santos (1996, en Gutiérrez Puebla, 1998, p. 70), "El espacio global está formado por todos los objetos y todos los flujos".

Sin embargo, "El reconocimiento de un espacio en red, no implica la negación del espacio de los lugares. Ambos se superponen, imponiendo lógicas distintas, el espacio de los flujos frente al espacio de los lugares (Castells, 1995)…" (en Gutiérrez Puebla, 1998, p.71). En nuestro análisis, la macrocefalia de Zaragoza evidencia su posición jerárquica como nodo principal del conjunto de redes en el sistema territorial aragonés; pero no sólo esto, también la inexistencia de una red urbana bien desarrollada jerárquicamente.

La primacía de Zaragoza en nuestra escala de estudio, aunque es extensiva a todo el sistema territorial aragonés, incluso a otros territorios, nos facilitará el análisis de la red

ferroviaria, considerada en el conjunto del sistema espacial de redes que hay en el sistema metropolitano de Zaragoza. Esta cuestión se verá en el apartado 6, y también la consideración de Zaragoza como metrópoli regional internacional y su posición jerárquica a escala nacional e internacional.

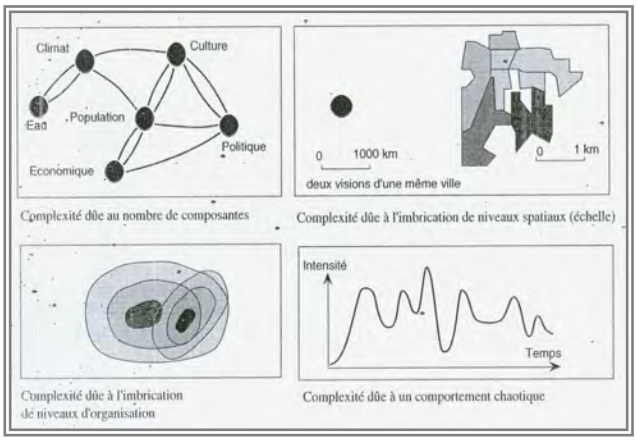
En cualquier caso, para analizar el sistema de transporte de mercancías por ferrocarril, coincidimos con las afirmaciones de Gutiérrez Puebla de que "…los lugares son resultado de múltiples procesos que actúan sobre distintas escalas espaciales y temporales…".

También que "las escalas temporales y espaciales se entrecruzan y el problema de las superposiciones y combinaciones se presentan en toda su complejidad.", (Gutiérrez Puebla, 2001, p.102).

De esta forma, "…la adopción de distintas escalas espaciales en la investigación geográfica es la clave en ocasiones para entender la realidad en toda su complejidad.", (bidem, p.90). Más aún, para el citado autor (Ibidem, p. 98), "…el análisis geográfico, cuando se aborda desde distintas escalas simultáneamente, al considerar las relaciones y los procesos que actúan sobre cada una de ellas, resulta más rico y realista.".

Señalaremos que estamos plenamente de acuerdo con las afirmaciones de Gutiérrez Puebla, pero es necesario tener en cuenta también, que la complejidad a la que alude el autor, es difícil de analizar y comprender, puesto que las distintas formas que toma la complejidad actúan simultáneamente a diversos niveles y escalas, y cada una tiene una naturaleza diferente.

Figura 2-2. Las cuatro formas de complejidad en geografía



Fuente: Dauphiné, 2003, fig. 6, p. 46

Como vemos en la figura (ver figura 2-2), desde el punto de vista geográfico encontramos cuatro formas distintas de complejidad, que se deben al número de componentes del sistema, a la superposición de las escalas espaciales, a la superposición de los niveles de organización y a un comportamiento caótico en el tiempo. (Dauphiné, 2003, p.45 y ss.).

Sin embargo, estas complejidades no deben verse como un problema. Más bien, al contrario, pueden ser enriquecedoras fuentes de conocimiento si se consigue comprender su estructura, relaciones y mecanismos de actuación. Estableceremos la metodología para comprender algunas de ellas, que se aplicará en el apartado 6.

Sin embargo, no se pretende conocer todas las dimensiones de la complejidad, tan sólo la estructural y organizativa del sistema, puesto que las escalas espacial y temporal de estudio se mantienen invariables. De no ser así, se excederían con creces los objetivos de la tesis.

Como se puede inferir del párrafo anterior, en el sistema de transporte encontramos las cuatro formas de complejidad. No obstante, para aprehender y comprender el sistema de transporte de una manera holística, y que contemplasen todas las formas de complejidad, sería necesario realizar en un futuro un estudio profundo del sistema de transporte que situara en un contexto global y en las distintas escalas espaciales, temporales y organizativas el área metropolitana de Zaragoza.

2.2. ADAPTACIÓN METODOLÓGICA DESDE EL ENFOQUE DE SISTEMAS PARA EL ANÁLISIS GEOGRÁFICO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

Las dificultades epistemológicas que surgen de la consideración de cada hecho geográfico como un todo individualizado, según señala Higueras, se resuelven aplicando la Teoría General de Sistemas (op. cit. p. 21).

Por ello, en la introducción se ha insistido en el enfoque sistémico que se pretende aplicar para el estudio del sistema de transporte y, si bien, este enfoque surge a mediados del pasado siglo desde la Geografía Cuantitativa, está de absoluta actualidad, como afirma Seguí (op. cit, p. 25).

Además, siguiendo a Gómez Piñeiro (op. cit, p. 20), y dado nuestro gran interés en reconocer los flujos, las redes, los nodos, las jerarquías, las superficies y los procesos de difusión espacial que se materializan en el territorio para la configuración del Sistema Territorial, la aplicación de esta metodología es muy útil.

Pero para estudiar todos estos elementos del sistema de transporte, es necesario delimitar que características se quieren analizar. Indicaremos, por lo tanto, el alcance de los aspectos del sistema de transporte que se estudiarán para establecer el marco de trabajo que lo sustente, porque, como se ha dicho, no pretendemos realizar un ejercicio metodológico complicado y exhaustivo.

Para Sarabia (1995, p. 83), hay tres aspectos en la aplicación de una herramienta de análisis para el estudio de un objeto que permitirá distintas posibilidades de modelización, según el peso dado a cada uno de ellos. Los tres aspectos señalados por dicho autor son el funcional, que centra su estudio en la actividad que el objeto desarrolla, el orgánico que fija su atención en la estructura y el genético que lo hace en su evolución.

Nos centraremos en los dos primeros aspectos, pero en el momento actual, dado que el tercer aspecto, el origen, evolución y prognosis del sistema de transporte no es uno de nuestros objetivos.

En nuestra opinión, dichos aspectos son aplicables conceptualmente también a un marco de trabajo cualitativo y no sólo a los modelos que representan la realidad de una forma matemática.

Por otra parte, según señala Seguí, la aproximación desde la Geografía Cuantitativa también ha permitido y permite, entre otras cosas, la utilización de forma analógica de diversos modelos procedentes de otras disciplinas (op. cit. p. 25).

De modo que, consideramos conveniente para la mejor explicación y comprensión del sistema de transporte -el objeto de estudio-, recurrir a elementos conceptuales o metodológicos de otras disciplinas.

Por lo tanto, siguiendo lo expuesto en estos párrafos, y dado que existe un numeroso conjunto de métodos y técnicas para el estudio de los sistemas[4], se ha se ha tratado de realizar una cierta adaptación de algunos de los métodos existentes para, de forma ecléctica, adecuar una metodología de trabajo que satisfaga nuestros objetivos en el estudio del sistema de transporte de mercancías por ferrocarril. La simbiosis entre métodos es algo habitual en el análisis de sistemas como señala Aracil (1995, p.13).

Así por ejemplo, para Blanchard (1995a, p. 25), la Teoría General de Sistemas fija la atención en el propósito u objetivo del sistema, tratando de profundizar en el conocimiento del mismo.

[4] Existen diversas técnicas, según indica Torrón (1995, p. 5-6), como la Simulación, el Análisis Multicriterios, el análisis Coste/Eficacia, etc., que son, en realidad, técnicas auxiliares del Análisis de Sistemas. Su vinculación a algunas de las fases que lo constituyen, podrá quizás clarificar el conocimiento y enriquecer el estudio de los sistemas.

Sobre la Dinámica de Sistemas, señala el autor que se apoya fundamentalmente en las características de "realimentación" (*feed Back*) y de "dinamismo" que tienen los sistemas.

Por su parte, la Ingeniería de Sistemas realiza el enfoque global a lo largo del tiempo, contemplando como un todo el ciclo de vida del sistema, que se diseña o mejora en función de unos requerimientos iniciales.

Afirma por último este autor, que el Análisis de Sistemas tiene sobre todo presente la limitación de recursos, usando el binómio "coste/eficacia" como uno de los criterios básicos en la elección de las alternativas, a la vez que se resalta la multidisciplinariedad del enfoque.

Además, finalmente dice que todas estas escuelas están al servicio del decisor, tienen notables áreas de solape y nunca son excluyentes. Por lo tanto, en nuestra opinión, el estudio del sistema de transporte admitiría realizarse desde todos estos enfoques, de forma aislada o conjunta.

En cuanto a las herramientas que serán utilizadas, el proceso de análisis del sistema se realizará desde un enfoque de "arriba abajo" (descomposición jerárquica) y el de síntesis desde un enfoque *de* "abajo a arriba". Podría considerarse una aproximación, si bien de forma simplificada, desde las conocidas herramientas de análisis *Top-Down* y *Bottom-Up*, respectivamente.

Puntualizaremos, como ya hemos dicho, que no se pretende realizar un ejercicio metodológico complicado y exhaustivo en el estudio del sistema de transporte. Se aboga por la sencillez y la claridad en aras de la comprensión del sistema, pero con un nivel de complejidad suficiente que nos permita alcanzar los objetivos que se persiguen con su estudio.

Sin embargo, tanto desde el punto de vista espacial, como de la dinámica del sistema, para realizar un análisis de los sistemas de actividad y de transporte, así como, de la estructura urbana y su distribución espacial, sería deseable en un futuro realizar un estudio detallado, desde los orígenes del sistema de transporte, pasando por la situación actual y que contemplase su evolución hasta un horizonte en el largo plazo.

La razón la encontramos en que la evolución de un sistema, en un espacio determinado, está asociada al tiempo. Como señala Santos (1990, p. 73), "Un sistema sustituye a otro porque el sistema espacial es consecuencia siempre de la proyección de uno o varios sistemas históricos".

En cuanto al origen y evolución, no hay que olvidar que el plano urbano se ha configurado en muchas ciudades supeditado, como en el caso de Zaragoza, a las infraestructuras de ferrocarril y de carreteras.

Por lo que respecta a la situación actual del sistema de transporte, señalaremos, que esta tesis podría considerarse como un primer acercamiento a ese futuro estudio.

Sobre la prognosis del sistema de transportes, sin entrar en otras consideraciones, señalaremos que habría un cambio en los niveles de actividad y de sus infraestructuras asociadas con la reapertura del ferrocarril de Canfranc en ancho U.I.C. Más aún, en el caso de la realización del proyecto prioritario nº 16, con la Travesía Central del Pirineo, incluida en la Red Transeuropea de Transporte (TEN-T). En este punto sería de gran interés utilizar la Dinámica de Sistemas.

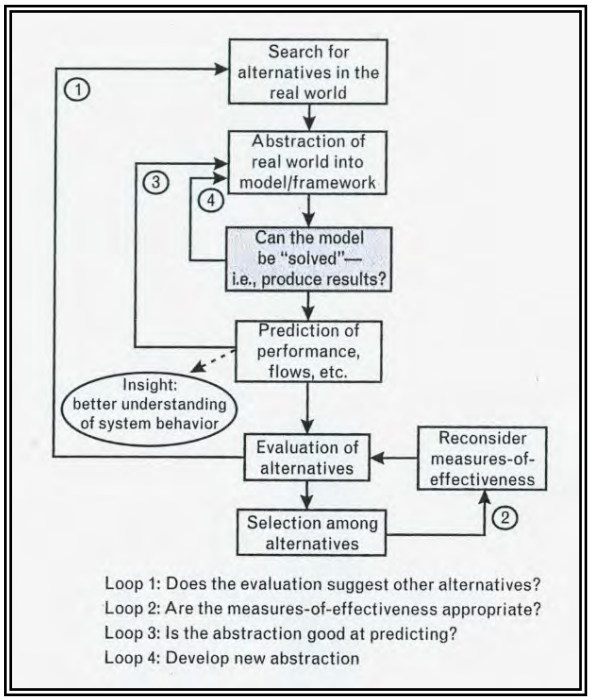
Asimismo, desde el punto de vista de la prognosis del sistema, se contempla la posibilidad futura de realizar un estudio más completo y profundo del sistema de transporte de los requerimientos de dicho sistema para alcanzar unos niveles de eficacia y eficiencia, que si bien, no serían óptimos, dada la complejidad del sistema, podrían ser considerados aceptables.

Para ello, partiendo de algunas de las ineficacias e ineficiencias detectadas en el sistema de transporte en este trabajo, sería interesante realizar el análisis *Top-Down* y

la síntesis *Bottom-Up*, desde la Ingeniería de Sistemas, pero incluyendo algunas de las técnicas auxiliares habituales, con suficientes medios y la colaboración de equipos interdisciplinares.

También señalaremos, que si bien ambas, el análisis *Top- Down* y la síntesis *Bottom-Up*, son técnicas de procesamiento de información características de las ciencias de la información, especialmente en lo relativo al software, por extensión se aplican también a la ingeniería y a otras ciencias humanas y científicas.

Cuadro 2-1. Marco de trabajo para el Análisis de Sistemas



Fuente: Sussman, J., 2000, fig. 10.5, p. 129

Son muy utilizadas en el caso del Análisis de Sistemas, en mayor medida el análisis *Top-Down*, pero también en el Análisis Financiero, el Diseño Industrial, el Análisis Semántico y Ligüistico, el Análisis de Emisiones Contaminantes, el Estudio de Costes Marginales del Transporte, en el Análisis Económico Regional, etc. Por otra parte, con respecto a la abstracción necesaria del sistema de transporte del mundo real se ha optado por tener como base un marco de trabajo más que un modelo, *sensu stricto* (ver cuadro 2-1).

Porque como indica Sussman (2000, p. 128), cuando hablamos de un modelo estamos hablando de alguna clase de representación matemática de la realidad, siendo dicha representación cuantitativa por naturaleza, y cuando hablamos de un marco de trabajo, estamos hablando de una perspectiva cualitativa de sistemas complejos.

Para dicho autor, esta abstracción cualitativa de la realidad, es una vía de pensamiento, una manera de organizar nuestro pensamiento sobre un sistema complejo, no necesariamente numérica, pero sí de una forma organizada (Ibidem).

Tomando como base el marco de trabajo anterior, la estructuración de la metodología para el estudio del sistema propiamente dicho, y después de consultar los distintos métodos, se ha considerado conveniente realizarla en seis etapas: definición del problema a resolver en el sistema, el tipo de modelo a diseñar que incluirá la configuración espacial del sistema, la contextualización del sistema en el entorno, la actividad del sistema y la síntesis del sistema como herramienta de ayuda en la evaluación de las alternativas.

Para realizar la estructuración se ha tomado como referencia la indicación que hace Chekland (1993, p. 143), según la cual "...la descripción del observador [del sistema] deberá contener: el propósito del observador, el (los) sistema (s) seleccionado (s), y varias propiedades de los sistemas como límites, entradas y salidas, componentes, estructura…".

También las consideraciones básicas que, según Churchman, debe hacer el ciéntífico cuando razone acerca del significado de un sistema. Para el citado autor (1973, p. 47), estas consideraciones son: el objetivo del sistema considerado como un todo, el medioambiente del sistema, los recursos del sistema, los componentes del sistema, sus actividades, metas y medidas de actuación.

Otra referencia que indicamos para establecer la estructura metodológica, es la recomendación de Huggett, en cuanto a la estrategia del análisis de sistemas, que para el autor debe seguir cuatro fases. Estas serían (Huggett, 1980, p. 20):

- Fase léxica, en la que se reconocen los componentes básicos del sistema, se definen las cuestiones sobre el sistema de interés para ser respondidas, se sitúan los límites del sistema y se seleccionan las variables de estado del sistema.
- Fase sintáctica, donde se establece el lenguaje de reglas gramaticales que gobiernan las relaciones de las palabras entre ellas. Pueden tomar la forma de ecuaciones teóricas, empíricas o simplemente coeficientes de correlación.
- Fase de modelización, en la que se identifican los mecanismos, las medidas o instrucciones que rigen las relaciones entre los componentes del sistema y se pone en marcha el modelo, o se calibra, dando valores actuales a los parámetros y constantes.
- Fase de de análisis, en la que si el modelo produce alguna vez resultados evaluables el modelo está resuelto, si no es así, se modifica adecuadamente y vuelve a comprobarse. Es un proceso interactivo.

Por ultimo, señalaremos, que también se ha tenido en cuenta el proceso CLIOS en la terminología de Dodder, Sussman y McConnell (2004), para el estudio integrado de sistemas físicos y políticos. El objetivo que se busca es caracterizar y representar el sistema complejo con el fin de comprenderlo, e identificar y resolver los problemas dentro de un sistema complejo (***C****omplex,* ***L****arge-scale,* ***I****ntegrated,* ***O****pen* ***S****ystems*).

En esencia, el proceso CLIOS es un marco flexible que pretende representar cualitativamente un sistema y, a través de medios cuantitativos o cualitativos, identificar y analizar las causas de la incertidumbre y la complejidad, también se pretende, en última instancia, ayudar a una mejor gestión del sistema.

Una motivación clave detrás de la necesidad del proceso es la presencia de "complejidades anidadas", que se producen cuando un sistema físico está anidado dentro de un sistema político, donde ambos son complejos e interdependientes. Para los mencionados autores (2004, p. 5), si bien hay una larga y creciente lista de diferentes tipos de complejidad que caracterizan a los sistemas aquí nos resulta útil pensar en la complejidad a lo largo de las tres dimensiones:

- La complejidad interna, referida al número de componentes del sistema y a la red de interconexiones entre ellos.
- La complejidad del comportamiento, es decir, el tipo de comportamiento que surge debido a la forma en que los grupos de componentes interactúan.
- La complejidad de evaluación, en otras palabras, la perspectiva de la competencia de los tomadores de decisiones y los interesados en el sistema que tienen puntos de vista alternativos del "buen" desempeño del sistema.

En cuanto a las seis etapas ya citadas, en las que se ha estructurado el estudio del sistema de transporte, realizaremos algunos comentarios y precisiones. En cuanto a la primera etapa, **definición del problema a resolver en el sistema,** es decir, la definición de los objetivos que se pretende alcanzar con el estudio del sistema, señalaremos por una parte, la mejora del conocimiento del sistema de transporte y, por otra parte, la mejora productiva del sistema que, a su vez, podría encuadrarse en dos grupos.

El primero, estaría relacionado con la eficacia del sistema, es decir, con la adecuación de los objetivos establecidos para el sistema de transporte a las necesidades y requerimientos actuales de transporte. El segundo, con la eficiencia del sistema de transporte, esto es, con el grado de cumplimiento de cada uno de esos objetivos.

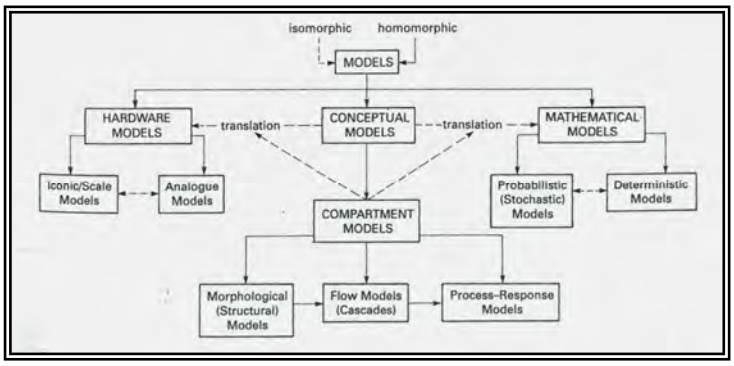
De lo que se trata es de identificar las ineficacias e ineficiencias del sistema con respecto a los objetivos propuestos. Conceptualmente, los "cuellos de botella" del sistema, en la terminología de Godratt, para el que una cadena es tan fuerte como su eslabón más débil, como se verá más adelante.

En la etapa segunda, **tipo de modelo**, se ha considerado desarrollar un modelo conceptual. Precisaremos, según se ha dicho que se trata más que un modelo, de una "perspectiva cualitativa de un sistema complejo" (op. cit. p 40), es decir, se trataría de un marco de trabajo conceptual en el que la abstracción de la realidad se realiza mediante un modelo conceptual.

Con respecto a la razón de su elección, se han valorado, el marco flexible que nos ofrece representar cualitativamente un sistema y las características del conjunto de modelos que se presentan en el cuadro (ver cuadro 2-2). Además, dentro de esta clase de modelos se ha descendido un nivel y se ha optado por el modelo compartimental, puesto que se ajusta bien a nuestros objetivos, como se verá más adelante.

Sobre las causas por las que se ha decidido desarrollar el modelo cualitativo, indicaremos varias cuestiones que fundamentarán de forma más completa, en nuestra opinión, en qué nos basamos para dicha elección. La primera cuestión es, como ya se ha dicho, que hemos abogado por la sencillez y claridad en aras de la comprensión del sistema, y además, parte de la investigación consiste en identificar los conceptos que conforman las ineficacias e ineficiencias del sistema de transporte en ese mundo real.

Cuadro 2-2. Clases de Modelos



Fuente: White et al., 1993, fig. 1.7., p. 19

Otra cuestión es, que uno de los objetivos de la creación de los modelos conceptuales es aumentar la comprensión del "problema" que se pretende estudiar, en nuestro caso el sistema de transporte, porque en este tipo de modelos se tiene una representación de conceptos del mundo real, puesto que son trasladados al mismo. También se ha tenido en cuenta que al no considerar el parámetro tiempo en nuestro análisis, es decir, la dinámica del sistema, no es necesario un modelo dinámico, sino que es suficiente con uno estático.

Además, por la misma razón anterior, y al no pretender predecir el comportamiento del sistema no es necesario el poder predictivo de los modelos matemáticos (cuantitativos), es decir, no es preciso un modelo predictivo del sistema de transporte y basta, en nuestra opinión, con un modelo cualitativo (no basado en técnicas cuantitativas ni probabilísticas).

Porque como afirma Sussman (2000, pp. 131-132), es posible utilizar en algunas cuestiones para el estudio del sistema de transporte, tanto modelos cuantitativos como cualitativos, incluso, existen vías no cuantitativas que pueden ser más útiles, en algunos casos que los métodos cuantitativos. El arte está en conocer cuál de ellos utilizar y cuando (Ibidem, p. 127).

Aunque puntualizaremos, que no pretendemos sugerir que el tipo de modelo cualitativo seleccionado sea el más apropiado para el estudio del sistema de transporte, ni que lo sea su momento de utilización, puesto que está en el origen de dicho estudio.

Sin embargo, señalaremos, que se ha tenido en cuenta en la elección del modelo cualitativo la posibilidad de utilizar como herramienta de análisis el razonamiento directo (modelo verbal), porque para desarrollar un modelo matemático cuantitativo[5], sería necesario disponer de un volumen considerable de datos a los que, o bien no se tiene acceso, o no existen desagregados, o no hay información.

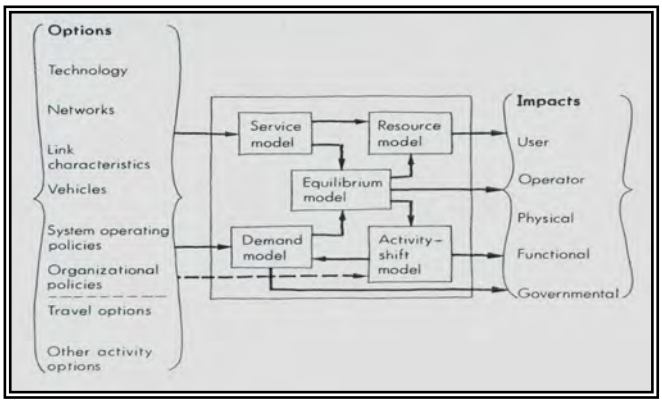
En cuanto al modelo compartimental, se ajusta bien a nuestros objetivos, puesto que se desarrolla en un proceso que consiste en identificar los límites del sistema, los elementos, los atributos y las relaciones estructurales del sistema.

Son modelos compartimentados porque son homomórficos de la realidad, esto es, son una representación imperfecta de la realidad en contraposición a modelo isomorfico, que son modelos extremadamente complejos porque cada elemento, estado, relación y proceso de la realidad tiene correspondencia en el modelo.

Además, la descripción que aporta el modelo compartimental es valiosa, porque incluye una selección de de elementos significativos, propiedades y medidas apropiadas, para describir la estructura del sistema de transporte.

No obstante, se intentará en la medida de lo posible, que el modelo tenga una componente explicativa, para lo cual se fundamentarán los procesos sobre la base de las relaciones causales entre los elementos del sistema y los procesos que se llevan a cabo en su interior. También, junto con el modelo conceptual que desarrollaremos, se utilizará el modelo conceptual de predicción básico de M. L. Manheim (1984), si bien no con absoluta fidelidad, puesto que se adecuará a nuestras necesidades de forma cualitativa. Será más bien una referencia para tener otro recurso en la evaluación de las medidas identificadas.

Cuadro 2-3. Modelo básico de predicción



Fuente: Manheim, M. L., 1984, figure 1.8., p. 31.

Tampoco se utilizará estrictamente para predecir los impactos de las medidas que puedan determinarse para la mejora del sistema de transporte, fruto del análisis *Botton-Up,* sino como ayuda en la valoración de los posibles efectos que para el sistema e pudieran establecerse.

Como podemos apreciar en la figura (ver cuadro 2-3), las opciones[6], que son variables de

[5] También sería posible desarrollar un modelo matemático conceptual, como por ejemplo uno basado en la teoría de conjuntos.

[6] Podría resultar interesante explorar también la utilización de métodos prospectivos para las posibles opciones propuestas y su desarrollo futuro. Esta disciplina, como señala Torrón (1995, p. 74), fue definida por Bertrand de Jouvenel como disciplina encargada de la «exploración de los futuribles» en su famoso libro, publicado en 1965, «L'Art de la Conjecture». (El concepto futurible aparecía como contracción de las palabras futuro y posible).

Las técnicas que constituyen la metodología prospectiva se apoyan en el análisis estructural, en modelos cualitativos, en métodos intuitivos (tipo Impactos Cruzados y Delphi) y en el análisis intencional. El método de los impactos cruzados (Cross Impact X-I), toma en consideración, a la vez, las opiniones expresadas vía cuestionario y la interdependencia entre las cuestiones planteadas, suministrando, en definitiva, una «parrilla» de lectura más coherente. Es decir, un enfoque más global, más sistémico, y por tanto, más prospectivo (Ibidem, p. 79).

Además, "…existe una idea de complementariedad de los dos conjuntos de técnicas, de manera que los modelos de previsión cuantitativa, con un conjunto de técnicas propias de la

decisión, corresponden a los elementos del sistema de transporte y las dos últimas a los elementos del sistema de actividad.

El sistema que se sitúa en el centro de la figura está formado por los subsistemas de los modelos de equilibrio del sistema de transporte y de actividad. Sobre los impactos, señalaremos que cualquier cambio en el sistema de transporte puede afectar a una variedad de grupos e interés, como también se muestra en la figura.

Básicamente, el proceso sería circular y se iniciaría con la valoración de cada opción elegida para la mejora del sistema, después de identificados los cuellos de botella o problemas de funcionamiento en el análisis *Top Dow.* Se evaluarían, en la medida de lo posible, cada una de las opciones de mejora en toda la secuencia de integración del análisis *Bottom-Up*, utilizando el modelo conceptual de Manheim para determinar la naturaleza de los cambios de estado que pudieran producirse en todos los subsistemas; también los impactos que para el propio sistema de transporte y el sistema territorial pudieran observarse.

En cuanto a la configuración espacial del sistema, el interés se centra en los aspectos espaciales del sistema de transporte, en otras palabras, radica en su inscripción en el sistema territorial. Para ello, se representará un sistema nodal, en el que estén proyectadas las conexiones infraestructurales de los modos que conforman el sistema de transporte al sistema de asentamientos.

Por otra parte, también señalaremos que un proceso de modelización consta de una serie de etapas o fases conocidas ampliamente: la organización y representación del modelo, el análisis, que incluye la evaluación y validación, y, por último, la implementación y calibración del modelo. El proceso es interactivo y se retroalimenta para seguir reevaluando el modelo.

Sin embargo, dado que se ha optado por un marco de trabajo más que por un modelo propiamente dicho, no es necesario desarrollar todas las etapas del proceso de modelización. Entre las razones aducidas para la opción elegida, también se han considerado otras razones que hacen referencia a estas etapas.

Así, por ejemplo, que en un modelo matemático o de simulación, es necesaria la evaluación y calibración del modelo. En el caso del sistema de transporte es muy difícil, al tratarse se un sistema CLIOS, integrado en el sistema territorial y sujeto, por lo tanto, a numerosas relaciones con otros sistemas, que a su vez forman parte del sistema territorial.

Ello implica numerosas entradas y salidas del sistema que modifican constantemente sus condiciones de equilibrio, si bien, se presupone que tanto el sistema territorial como el de transporte (y todos), son capaces de desarrollar procesos de autorregulación mediante la retroalimentación del sistema, "…sea en el sentido de mantener determinadas variables o de dirigirse hacia una meta deseada." (Von Bertalanffy, 1968, p. 167).

Conviene recordar al respecto de la complejidad, que para Manheim (1979, p.3), el campo de análisis de los sistemas de transporte es multimodal, multisectorial, multiproblema y multidisciplinar.

Evidentemente, las propuestas cualitativas sería posible "traducirlas" a un modelo matemático o de simulación[7] como se puede apreciar en el cuadro anterior (ver cuadro 2-2), que sí serían susceptibles de evaluar y calibrar de forma cuantitativa, pero no se contempla en los objetivos de este trabajo de investigación, si bien, sí que se podría

Investigación Operativa, son utilizados en un determinado marco de hipótesis, fijado previamente por un estudio prospectivo." (Ibidem).

[7] Algunos modelos con eficacia probada en el análisis del sistema de transporte se pueden consultar en Sussman (2000, p. 127). En cuanto a las principales técnicas de modelización del sistema de transporte ver Ortúzar y Willumsen (2008).

realizar en el futuro con los medios adecuados, como ya hemos señalado anteriormente.

Cuadro 2-4. Modelos Analíticos

	Estado Estable o estático	**Estado Dinámico**
Determinista	Ecuaciones algebraicas	Ecuaciones diferenciales
No determinista	Relaciones estadísticas y probabilísticas	Simulación de eventos discretos

Fuente: Wilson, B., 1993, p.37.

Los modelos deterministas, como afirma Wilson (1993, p. 37.), están basados en los modelos que tienen una relación determinada, empírica o basada en las leyes físicas (determinísticas). Por su parte, los modelos no deterministas son inciertos y se basan en valores esperados.

La evaluación (y posterior calibración) de las propuestas, utilizando cualquiera de los modelos anteriores, requeriría de una investigación más concreta, más amplia y muy compleja para cada propuesta. También mucha información cuantitativa sobre la actividad del sistema que, o bien no se tiene acceso, o no existen datos desagregados, o sencillamente no hay información.

En nuestro caso, la evaluación se irá produciendo, en la medida de lo posible durante el proceso de síntesis, con la ayuda, como ya hemos indicado, del modelo básico de predicción de Manheim, se tratará de un proceso de evaluación *intra*. Según nuestra opinión, con una evaluación *post*, se obtendrían los mismos resultados, puesto que sería muy difícil implementar las medidas propuestas a corto plazo.

Sí que sería posible, caso de que se implementasen, realizar una evaluación *ex post*, en el medio o el largo plazo, puesto que de este modo sería posible corregir y ajustar las medidas, es decir, de alguna forma sería posible calibrar el modelo.

Diremos por último que tampoco se busca una solución óptima a los problemas del sistema de transporte, como también se ha dicho, sino que se trata de una propuesta, que agrupa un conjunto de medidas, que podrían mejorar la eficacia y eficiencia del sistema. En nuestro caso, el modelo debería considerarse como una herramienta de ayuda a las decisiones que pudieran tomarse para la mejora del sistema de transporte.

En la tercera etapa, **contextualización**, indicaremos que la escala estructural de estudio del sistema utilizada será variable, esto es, podrá utilizarse la macroescala, la mesoescala o la microescala, actuando a modo de zoom, dependiendo del interés del componente o elemento del sistema en cuestión.

El fundamento de la escala estructural de estudio lo encontramos en Huggett (1980, p. 17), para quien el significado macroscópico y microscópico radica en la idea de niveles de resolución en los sistemas, es decir, todos los sistemas parece que tienen una estructura jerárquica siempre que puedan ser analizados en subsistemas, cada uno de los cuales, también puede analizarse sucesivamente en subsistemas más pequeños.

También señala este autor, que muchos sistemas constan de estos subsistemas jerarquizados, que operan en varias escalas espaciales y temporales, aunque lo hacen conjuntamente (Ibidem). La afirmación, en nuestra opinión se evidencia en el caso del sistema de transporte.

Así, en referencia al ferrocarril, es posible encontrar, por ejemplo, subsistemas del sistema de transporte, como los sistemas urbanos, sistemas regionales, sistemas nacionales e internacionales en que los que coinciden espacialmente sus redes y otros elementos del sistema, en sus respectivas áreas de actividad.

Incluso temporalmente, si tenemos en cuanta la afirmación de Santos (op. cit., p. 36), porque, por ejemplo, puede ocurrir que un sistema de transporte se encuentre sobre antiguos trazados que no hayan sido sustituidos por los nuevos y la red esté formada, por lo tanto, por tamos de red del siglo XXI y del siglo XX (inclusive del siglo XIX). O bien, la circulación de trenes internacionales entre redes de países con distintos niveles de desarrollo, en el que unos no han completado todavía la evolución de su sistema de transporte.

Asimismo, podría considerarse, en nuestra opinión, algún tráfico de pasajeros sobre la red AVE en España, que también circula por la red convencional, cambiando de red mediante los intercambiadores de vía y operando en distintas escalas temporales, por las diferentes características del material (locomotoras y coches), no aptas para la alta velocidad.

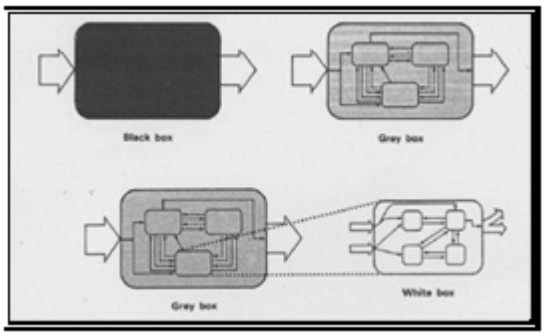
Indicaremos, por último, las diferentes escalas temporales de funcionamiento, por ejemplo, de los sistemas de información, el de operaciones en las terminales, el de circulación de los trenes, etc., sin embargo, todos los hacen conjuntamente.

Continuando con la etapa de contextualización, el nivel de resolución de análisis podrá ser de caja negra, de caja gris o de caja blanca dependiendo del grado de conocimiento e interés del componente del sistema en cuestión. Evidentemente, si se incrementa el nivel de resolución de análisis, deberá haber un cambio de escala y viceversa.

Como señalan White et al. (1992, p. 16), el modelo de caja negra puede ser definido como cualquier unidad cuya función puede ser evaluada sin especificar el contenido. Los modelos desarrollados a partir de un sistema contienen un pequeño número de compartimentos relativamente grandes de cajas negras, es más, todo el sistema puede ser tratado como una caja negra. Cuando el nivel de resolución aumenta, estos compartimentos son divididos en sub-compartimentos, que a su vez, podrán tratados como cajas negras.

Precisaremos que el sistema estudiado con un modelo de caja negra, hace referencia a las entradas que recibe y las salidas o respuestas que produce, sin tener en cuenta su funcionamiento interno. Este tipo de enfoque, según señalan los mencionados autores, fue denominado por Egler (1964) *Meat Grinder* y el tipo de modelo resultante "Modelo Compartimental" (Ibidem). Con un nivel intermedio de discriminación de todo el sistema, denominado modelo de caja gris, obtendremos una vista parcial del sistema, su estructura, relaciones y procesos (Ibidem).

Figura 2-3. Niveles de resolución



Fuente: White et al., 1993, fig. 1.6., p. 16

Al seguir aumentando el nivel de discriminación (resolución), continúan diciendo los autores señalados, que el realismo se incrementa hacia un verdadero modelo isomórfico (figura 2-3). El modelo se convierte en una caja blanca con la mayoría de los elementos, estados, relaciones y procesos del sistema identificados e incorporados al modelo; incluso aquí, seguirá estando presente alguna caja negra, por lo que el modelo no será una completa representación de la realidad (Ibidem).

En la cuarta etapa, **análisis del sistema**, el método que se aplicará corresponde con el extendido método de análisis ***Top-Down***, muy utilizado en la ingeniería de sistemas. Se realizará básicamente un análisis estructural y de actividad del sistema (etapa 5), identificando los principales componentes y parámetros que rigen el sistema, los mecanismos de funcionamiento del mismo y sus ineficacias e ineficiencias.

El proceso de análisis sistémico, "Top-Down", descompone el sistema originalmente percibido en sucesivos y cada vez más simples subsistemas o procesadores, hasta un nivel en el que puedan ser perfectamente identificados en su actividad, estructura, función, evolución y finalidad. (Sarabia, 1995, 114-116).

En la etapa quinta, **actividad del sistema o análisis funcional**, se identificarán los procesos, las actividades y las tareas de cada subsistema más importantes. Cada uno de ellos se representará mediante diagramas de descomposición funcional y diagramas de bloque de flujos funcionales.

También se identificarán los recursos que necesita el sistema para su funcionamiento, que se asignarán a cada uno de los elementos, estableciendo, asimismo, la naturaleza de los recursos empleados. La cuantificación tanto de las necesidades como de los consumos, excede los objetivos de la tesis, por su gran dificultad y la falta de información. No obstante, se realizará, en la medida de lo posible una aproximación.

Como señala Blanchard (1995a, p. 30), el proceso es de arriba-abajo y evolutivo por naturaleza, yendo de la definición a nivel sistema, al nivel subsistema, y a los principales componentes del sistema. Su finalidad es describir los requisitos en cada nivel de la jerarquía del sistema, o lo que es lo mismo, los "QUE", no los "COMO", expresados en términos de hardware, software, instalaciones, personas, datos, etc., específicos. Los recursos que apoyan los COMO, serán la consecuencia de desarrollar el análisis y la asignación funcional.

Este proceso representa para dicho autor, una definición del sistema (y actividades asociadas) en términos funcionales e incluye funciones del sistema, de producción, de utilización, de mantenimiento y apoyo, etc. (Ibidem, 1995a, p. 49).

En nuestro caso, los requisitos serán identificados de modo general, sin entrar en los entresijos del sistema, si bien, trataremos cuestiones como por ejemplo, la longitud de los trenes, las velocidades máximas, las cargas máximas, los tiempos de recorrido, las relaciones entre agentes de las cadenas de transporte y logística, etc., enfocándolas desde la perspectiva de las componentes económica, medioambiental y social, del desarrollo sostenible.

En la etapa sexta, **síntesis del sistema**, se realizará una síntesis del sistema utilizando el método ***Botton-Up*** para valorar en mejor medida los ajustes o modificaciones potenciales del sistema que se propongan, como resultado de las posibles ineficiencias o mejoras que se hayan identificado en las etapas anteriores.

Realizaremos este proceso, porque como afirma Aracil (1995, p. 12), el mero análisis de un sistema no es suficiente, no basta con saber cuáles son sus partes.

Para comprender su comportamiento necesitamos saber cómo se integran, cuáles son los mecanismos mediante los que se produce su coordinación. Por lo tanto, se coincide con Aracil (1995, p. 125), cuando afirma que "Tan importante es el análisis, que nos permite conocer las partes de un sistema, como la síntesis, mediante la cual estudiamos cómo se produce la integración de esas partes en el sistema."

Además, en nuestra opinión, constituye una herramienta importante, para nuestros objetivos, puesto que como señala Blanchard (1995a, p. 65), inicialmente, la síntesis se utiliza en el desarrollo de conceptos preliminares y para establecer las relaciones básicas entre los distintos componentes del sistema. Más tarde, cuando se dispone de la suficiente definición y descomposición funcional, la síntesis se utiliza para definir aún más los "COMO", en respuesta a los "QUE" del análisis funcional. Este proceso

incluye la selección de una configuración que pueda ser representativa de la forma que finalmente adoptará el sistema.

Como ya se ha dicho, en esta etapa se utilizaría el modelo conceptual de Manheim para determinar la naturaleza de los cambios de estado que pudieran producirse en todos los subsistemas.

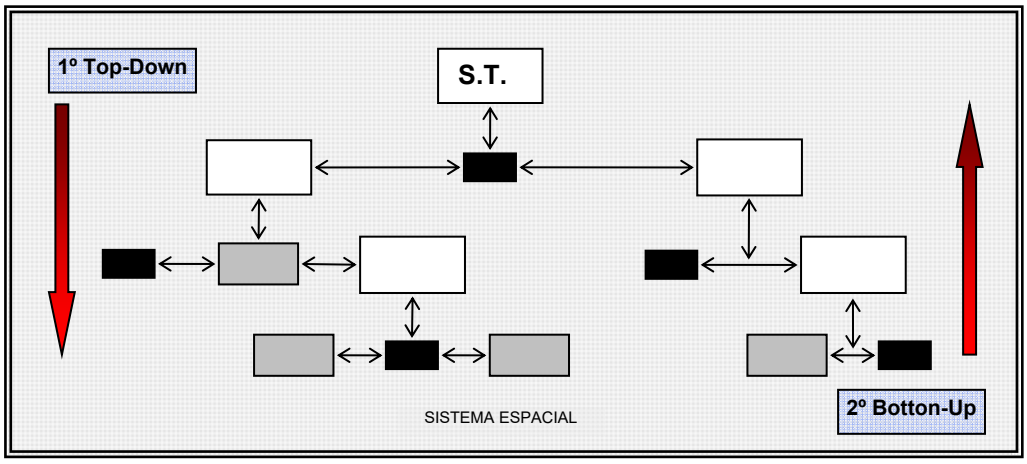
Cada subsistema que se muestra en el modelo de predicción básica de Manheim podría considerarse como una caja negra o una caja gris, en el primer caso, las entradas al subsitema corresponderían a las propuestas consideradas y las salidas a los impactos.

La naturaleza de los cambios de estado que pudieran producirse en todos los subsistemas, relacionados con los bucles de retroalimentación, positiva o negativa, en la terminología de la dinámica de sistemas, determinarían los impactos cualitativos que tendrían las medidas a proponer, tanto sobre el propio sistema de transporte como del sistema territorial. La representación gráfica para una mejor comprensión, se realizaría mediante diagramas de influencia (causales)

Puntualizaremos por último, que se utilizarán indistintamente los términos sistema y subsistema, puesto que como es conocido, todos los sistemas son subsistemas de otros, dependerá de la escala utilizada en cada momento para que la consideración de sistema cambie a la de subsistema.

Es necesario tener presente que uno de los pilares de la Teoría General de Sistemas es que los sistemas existen dentro de sistemas. Indicaremos también que hay subsistemas de los sistemas que componen el sistema territorial (macrosistema considerado), como por ejemplo el sistema de transporte, que tienen elementos espaciales. El conjunto de todos esos elementos espaciales configura el sistema espacial del sistema territorial. Para finalizar, presentamos algunas de las etapas que hemos descrito con anterioridad de forma integrada en la figura siguiente (figura 2-4).

Figura 2-4. Metodología para el estudio de sistema de transporte



Fuente: Elaboración propia

En la figura se muestra la estructura de un sistema de transporte hipotético. La etapa de análisis, tipo *Top-Down*, se representa mediante la flecha de color rojo oscuro que se degradada hacia un rojo más claro. Se pretende indicar la desagregación del sistema en sus componentes, transitando hacia mayores niveles de claridad en la comprensión del mismo.

Una vez realizado este análisis, se procede a la síntesis del sistema. El color rojo de la flecha, al contrario que en la etapa anterior de análisis, pasa del color rojo claro a un rojo oscuro. Trata de representar la agregación de los componentes del sistema hasta alcanzar el sistema original.

Por su parte, los rectángulos simbolizan los subsistemas del sistema y las flechas las relaciones entre ellos. Los distintos tamaños, hacen referencia a las diferentes escalas de análisis (idénticas que para la síntesis), como ya se ha dicho, a modo de zoom.

De esta forma, la microescala ofrece una visión más amplia del conjunto del sistema o del subconjunto en cuestión, y la macroescala una visión menos amplia, dado que tiene menor interés el sistema o subsistemaen en cuestión, aunque sí que la tienen las relaciones con su entorno.

En cuanto a los colores, blanco, gris y negro, representan los tipos de resolución de análisis, de caja blanca, caja gris y caja negra, que también están relacionados con la escala de análisis. El color gris de fondo hace referencia al sistema espacial del sistema territorial en el que está inscrito el sistema de transporte. También presentamos de forma esquemática, las seis etapas del proceso metodológico que se han visto en este punto y que serán las que se desarrollen cuando se proceda al estudio del sistema de transporte de mercancías por ferrocarril, propiamente dicho:

1. Objetivo del sistema de transportes y objetivos que se buscan con el estudio del sistema.
2. Modelo de estudio.
   - 2.1. Modelo compartimental
   - 2.2. Integración del modelo espacial del sistema
3. Contextualización del sistema
   - 3.1. Identificación del sistema de interés dentro del macrosistema territorial
   - 3.2. Relaciones con otros sistemas
   - 3.3. Escala de estudio estructural
     - 3.3.1. Macroscópica
     - 3.3.2. Microscópica
   - 3.4. Nivel de resolución de estudio
     - 3.4.1. Caja negra
     - 3.4.2. Caja gris
     - 3.4.3. Caja blanca
   - 3.5. Niveles y jerarquía del sistema
   - 3.6. Establecer los límites del sistema
     - 3.6.1. Estructurales
     - 3.6.2. Funcionales
     - 3.6.3. Espaciales
4. Análisis del sistema
   - 4.1. Elementos
   - 4.2. Atributos o propiedades
   - 4.3. Estado
   - 4.4. Relaciones entre elementos del sistema
5. Actividad del sistema
   - 5.1. Entradas
   - 5.2. Procesos
   - 5.3. Salidas
6. Síntesis del sistema y valoración de las medidas para la mejora del sistema de transporte.
   - 6.1. Mecanismos de coordinación entre elementos
   - 6.2. Integración de los componentes

2.3. LA DIFICULTAD EN LA DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS METROPOLITANAS

Los procesos urbanos históricamente se han desarrollado para contener, mediante diferentes formas de articulación espacial, asentamientos de población y territorios. Pero actualmente dichos procesos han adquirido una dimensión y escala que superan las estructuras y formas de la ciudad tradicional y los límites administrativos municipales, más aún, coincidimos con la afirmación de Roca Cladera (2003, p.29), de que "La ciudad actual se caracteriza por no tener límites...".

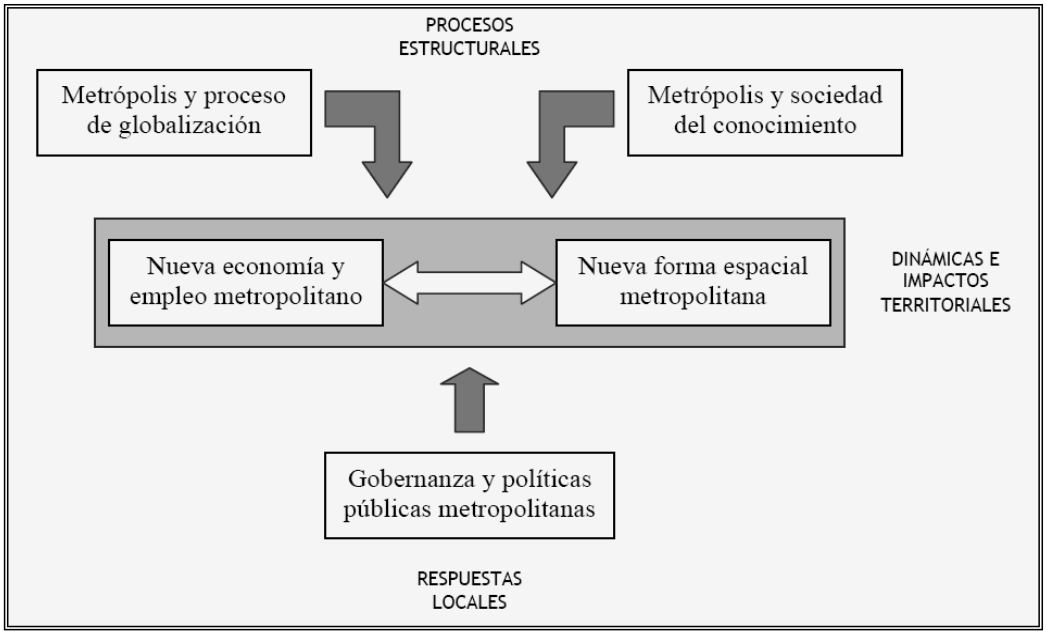
Para dicho autor (Ibidem), dicha propiedad hace referencia a los elementos físicos constitutivos de la estructura urbana, a la movilidad de las personas, a la movilidad de las mercancías por la internacionalización del comercio, a los flujos de emisión de residuos y a la transferencia e intercambio de información.

Por ello, en nuestra opinión, el punto de partida, de cualquier análisis debería tomar en consideración, en función de la escala de estudio, la afirmación de Gómez Mendoza (2001, p.20), según la cual, "estamos, más bien, ante mapas de geometría variable, ante un mundo de regiones en mosaico, una geografía *patchwork*, hecha de piezas de tamaños distintos y variables".

Es conocido que el proceso de metropolización, ha evolucionado conforme lo ha hecho la propia sociedad postindustrial y la totalidad de los procesos territoriales, en un universo en el que se vinculan dichos procesos con un poderoso y dinámico sistema de relaciones globalizado.

Con respecto a los cambios estructurales de las economías y territorios, en su transición a las nuevas formas de organización del sistema económico capitalista, indica Méndez (2008, p.2), que se ha desarrollado recientemente numerosas líneas de investigación sobre los territorios metropolitanos realizada, sobre todo, desde la particular perspectiva de la geografía económica (ver figura 2-5).

Figura 2-5. Principales líneas de investigación recientes sobre transformaciones socioeconómicas y territoriales en regiones metropolitanas.



Fuente: Méndez, R., 2008, figura 1, p.4.
http://www.geogra.uah.es/inicio/web_11_cig/cdXICIG/docs/01-PDF_Comunicaciones_coloquio/Ponencia_1_Ricardo_Mendez.pdf

Méndez (ibidem), señala varios rasgos de esa evolución que pueden considerarse de especial importancia y que han marcado buena parte de la investigación reciente sobre los territorios metropolitanos realizada. De los que indica el autor, citaremos dos que, en nuestra opinión, están muy relacionados con la demanda de servicios de transporte.

El primero, la transformación de la base económica a favor de una creciente integración entre la industria y una parte de los servicios, a la que se asocia una recomposición de los mercados laborales, con cambios en el volumen y contenido de los empleos, que responden a la nueva división del trabajo, tanto en el interior del sistema urbano como a escala intrametropolitana.

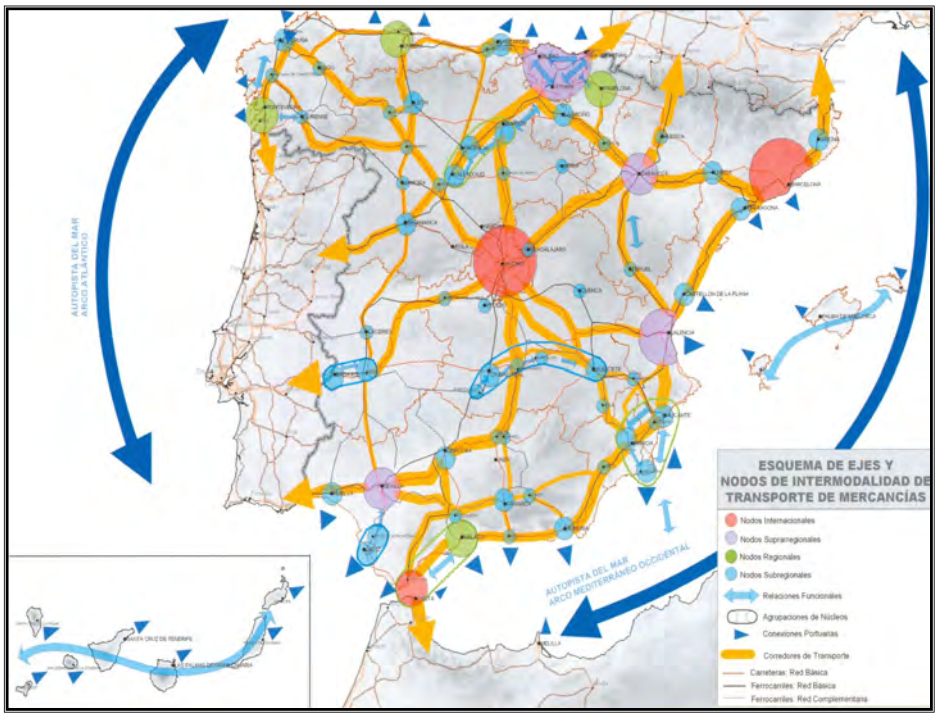
El segundo, la profunda y rápida reorganización territorial, que afecta la distribución de las diversas actividades, funciones, empresas y empleos dentro de regiones metropolitanas con límites difusos, así como el surgimiento de nuevos contrastes y formas de desigualdad que se suman a los preexistentes.

En nuestra área de estudio, para la investigación del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril, hemos adoptado el resultado de la evolución del hecho urbano de Zaragoza, que en nuestra opinión, podría coincidir con el concepto de Área Metropolitana. Sin embargo, como se verá, no está exento de problemas, por ello, el mencionado concepto se utilizará de una de una manera más formal que real.

El punto de partida se sitúa en la identificación de Zaragoza como una gran metrópoli, o como metrópoli suprarregional (PEIT, 2004, p.110). Además en relación a la red nodal intermodal española de transporte de mercancías y, por extensión, a las conexiones internacionales, es muy importante.

La importancia radica en que los elementos espaciales del marco territorial, que están estrechamente relacionados y anclados al territorio, configuran un sistema espacial que incluye una red de nodos, el sistema urbano o de asentamientos, conectados por las infraestructuras (ver mapa 2-1).

Mapa 2-1. Esquema de ejes y nodos de intermodalidad de transporte de mercancías



Fuente: PEIT. 2004, p.110

También, es necesario distinguir bien entre metrópoli y áreas metropolitanas, por la confusión que pudiese generar nuestra área de estudio. Así, generalmente, una metrópoli se concibe como una ciudad muy grande o una aglomeración, mientras que un área metropolitana es el conjunto formado por una ciudad muy grande o ciudades importantes policéntricas rodeadas por otros municipios y zonas rurales. Por consiguiente, las áreas metropolitanas tienen una superficie mucho más amplia que las metrópolis.

Por otra parte, al considerar la región como un sistema territorial, según afirma Higueras (2003, p. 151), el concepto de región funcional surge como algo lógico y esperado, porque todo sistema territorial es abierto y dinámico, y desempeña alguna función en relación con otros sistemas. Además, también afirma Higueras (Ibídem) que toda región es un sistema territorial en constante proceso de cambio, cuya organización estructural y las funciones que acoge se acomodan a las nuevas circunstancias que surgen continuamente, tanto internamente como en relación con otros sistemas territoriales.

Sin embargo, puntualizaremos, coincidiendo con Higueras, que la región funcional está dejando paso al espacio funcional, cuya concepción geográfica es mucho más amplia y menos rígida que la de región (Higueras Ibídem). Además, en nuestra opinión, este concepto se ajusta mejor a la dimensión espacial y temporal de las redes y lugares en que se configura actualmente el territorio.

No obstante, “El reconocimiento de un espacio en red, no implica la negación del espacio de los lugares. Ambos se superponen, imponiendo lógicas distintas, el espacio de los flujos frente al espacio de los lugares (Castells, 1995)” (en Gutiérrez Puebla, 1998, p.71).

En nuestro estudio, la macrocefalia de Zaragoza evidencia su posición jerárquica como nodo principal del conjunto de redes en el sistema territorial aragonés y español, incluso en el territorio europeo es un nodo importante en la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T). Pero no sólo esto, también se pone de manifiesto la inexistencia de una red urbana bien desarrollada jerárquicamente.

Asimismo, realizaremos una serie de precisiones y puntualizaciones con respecto a la delimitación conceptual, funcional y espacial de nuestro espacio de estudio. Se pretende poner en relieve los problemas que existen en la definición y delimitación de las Áreas Metropolitanas que, sin embargo, no se abordarán, puesto que exceden los objetivos planteados.

Se coincide con Feria Toribio (2004, p.87), cuando afirma que existe un amplio conjunto de conceptos y variedad terminológica para describir los procesos urbanos, desde que, por su evolución, rompieron los límites de la ciudad tradicional.

Actualmente, las dinámicas y dimensiones de dichos procesos suponen la constitución de una «ciudad real» que supera y borra los tradicionales límites materiales y administrativos que definían lo urbano.

En la misma línea que Toribio se manifiesta Méndez (2008, p.2), para quien la multiplicación de neologismos y metáforas que acompaña la renovación teórica producida en estos años, origen de una terminología prolija y, a menudo, confusa. Algunos de los términos surgidos desde el inicio de la pasada década han dejando de lado otros acuñados con anterioridad, y que cuentan por ello con mayor aceptación, como los de *área metropolitana*, *conurbación*, *megalópolis*, o el de *región metropolitana* (ver cuadro 2-5).

Cuadro 2-5. Transformaciones socioeconómicas y territoriales en regiones metropolitanas: del desarrollo conceptual a la inflación terminológica

CIUDADES Y PROCESO DE GLOBALIZACIÓN	CIUDADES Y SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN	CIUDADES Y SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO	CIUDADES Y CAMBIOS SOCIO-ECONÓMICOS	NUEVAS FORMAS URBANAS Y METROPOLITANAS
Global city (Sassen) *World city* (Taylor, Friedmann) *Global city-region* (Scott, Storper) *Mega-city regions* (Hall y Pain)	*Informational city* (Castells) *Telecity* (Fathy) *Softcity* (Mitchell) *Cyberville* (Horn) *Telepolis* (Echevarría) *Digital city* (Ishida&Isbister)	*Learning city* (OCDE) *Knowledge city* (Winden, Berg&Pol) *Iintelligent city* (Komninos) *Creative city* (Hall, Florida) *Ideopolis* (Jones *et al.*) *Cognitive city* (Tusnovics)	*Post-industrial city* (Sternlieb−Hughes) *Mature metropolis* (Leven) *Dual city* (Mollenkopf&Castells) *Collage city*(Rowe) *Fractal city* (Batty&Longley) *Shrinking city* (Oswalt)	*Postmetropolis* (Soja) *Metapolis* (Ascher) *Megacity* (Gilbert) *Cittá diffusa* (Indovina) *Ciudad dispersa* (Monclús) *Postsuburbia* (Kling *et al.*)

Fuente: Méndez, R., 2008, tabla 1, p.5.
http://www.geogra.uah.es/inicio/web_11_cig/cdXICIG/docs/01-PDF_Comunicaciones_coloquio/Ponencia_1_Ricardo_Mendez.pdf

Así, a modo de ejemplo, para delimitar el territorio que incluye el Área Metropolitana de Zaragoza sería posible utilizar la expresión de “ciudad-provincia” que señala De Miguel (2005, p.64), para la extensión de la ciudad diaria de Zaragoza, o el concepto de ciudad-región, para la localización territorial de las actividades económicas en Aragón (Revisión PGOU de 1986, 1993, p.27).

Pero, como señala Serrano (2003, p.37-38), en el estudio del modelo territorial de un determinado espacio, se plantean dos problemas que, en nuestra opinión, también se manifiestan en nuestro territorio de estudio.

Para dicho autor, el primero de los problemas es el de la delimitación de los ámbitos funcionales reales en la dinámica territorial, estableciendo los espacios que integran dichos ámbitos. Su realización nos permitirá hablar, según los casos, de regiones funcionales urbanas, áreas metropolitanas, áreas urbanas o espacios rurales.

El segundo problema que indica es el de los límites en que un área pasa de tener un carácter rural a urbano, o un área urbana evoluciona a metropolitana o a constituir una región funcional urbana (FUA)[8].

[8]. Las FUA’s (acrónimo en inglés), son entidades urbanas de más de 50.000 habitantes o con más de 0,5% de la población del país, cuyo núcleo - el centro de la ciudad - cuenta con más de 15.000 habitantes, y que cumplen funciones de regionales y nacionales de importancia. Una FUA es la unidad básica de policentrismo. (ESPON, 2005, p.13).

El Comité de las Regiones de la Unión Europea desarrolló en 1.998 el concepto de "región funcional urbana" (FUA) para describir las metrópolis y su área de influencia. Así, se reconoce que las ciudades se transforman primero en connurbación, después en metrópolis, extendiéndose a continuación, para formar regiones urbanas. El concepto señala también las relaciones de interdependencia existentes entre las unidades territoriales que forman dichas regiones, como el mercado laboral, los desplazamientos domicilio-trabajo, las redes de transporte, los centros comerciales, etc, (Comité Económico y Social Europeo, 2004/C 302/20, p. 1).

Para Serrano (2003, p. 35), la “región funcional urbana” aparece como superación cualitativa del concepto de "área metropolitana", en la que el carácter monocéntrico de ésta, se ve fuertemente matizado por la incorporación de nuevos centros, áreas metropolitanas, o áreas urbanas, que pasan a integrarse en el conjunto de ámbitos espaciales con interrelación cotidiana significativa. Éstas regiones tienen tres características fundamentales, su carácter plurinuclear, plurifuncional y su potencialidad de crecimiento autónomo y autosostenido cuando alcanza un determinado tamaño.

Dichos límites son necesariamente imprecisos y obligan a la definición de criterios, que han venido variando en el tiempo, según el ámbito espacial o las variables consideradas por los distintos análisis realizados. Son numerosos los estudios realizados con distintos objetivos, así como los criterios y metodologías utilizados. Las distintas metodologías muestran, en nuestra opinión algunas de las carencias y problemas nombrados anteriormente.

Sobre los criterios y metodologías, señalaremos, como afirma Calvo (2004, pp.7-8), que la delimitación administrativa apriorística de unos espacios concretos evidencia el fracaso de las Áreas Metropolitanas como entes territoriales, por la imposibilidad real de desarrollar una adecuada planificación.

En la misma línea se pronuncia De Miguel (2005, pp. 79-80), para el que han quedado desfasados los tradicionales conceptos de áreas metropolitanas como territorios funcionales, en el sentido de aplicar los criterios de delimitación, quedando la geometría variable como la mejor imagen conceptual, y mucho más caducas las áreas metropolitanas como territorios institucionales de gobierno entendidos de la manera tradicional.

Sobre la misma cuestión, también en esta línea argumental, indica Parrado Díez (2004, p.10), que existen dos modelos, el territorial y el funcional, en cuanto a cómo definen el territorio las ciudades metropolitanas y que instituciones implantan para gestionar los servicios comunes.

Para dicho autor, el primer modelo, implica que existe una visión global del área metropolitana, definida de forma clara y que se mantiene estable en el tiempo, y de cómo integrar los servicios. El segundo, implica que existen geometrías variables para cada uno de los servicios metropolitanos; ello supone que el número de municipios incluido en cada entidad metropolitana depende del servicio en cuestión.

Otra puntualización es, que haremos referencia exclusivamente al enfoque funcional del concepto de área metropolitana y, más concretamente, que en nuestro caso, el ámbito funcional se circunscribirá al transporte por ferrocarril, si bien, por sus relaciones es posible considerar algunos aspectos de los otros modos de transporte, así como, de la función logística. No se considerarán otras funciones urbanas ni metropolitanas, puesto que exceden nuestros objetivos.

Aunque también señalaremos que no se pretende estudiar la transformación urbana de la ciudad ni del hecho metropolitano. Únicamente se pretende precisar que la dinámica territorial, el Área Metropolitana en la que se desarrolla el sistema nodal asociado a las funciones de transporte de mercancías, en nuestra opinión, está ya suficientemente investigada y admitida como tal.

Por ello, aun conocida la cada vez mayor obsolescencia del concepto de Área Metropolitana y la falta de una armonización de sus definiciones[9], a esta escala, se mantendrá el mencionado concepto para nuestra área de estudio, ligado a criterios más clásicos de tamaño, densidad y funciones, entre otros.

Entre las razones citaremos, en primer lugar, por las propias características del estudio, que no se aborda con tanta profundidad, en segundo lugar, por la falta de una definición clara y, en tercer lugar, por la dificultad que existe para la delimitación, más apropiada, de un espacio de geometría variable formado por lugares y redes.

Dicho esto, indicaremos, que el Área Metropolitana hace referencia a la totalidad de la zona sobre la que se deja sentir la influencia de la metrópoli, que le da nombre y carácter a este hecho geográfico. Su concepto general es el de una unidad integrada económica y socialmente con un gran núcleo de población reconocido.

Dicho concepto aparece por primera vez en Norteamérica en 1850 y se recoge oficialmente en el censo de la Oficina Federal de 1910. En 1950, se pasa al concepto

[9] Dictamen del Comité Económico y Social Europeo, 2004/C302/20, de julio de 2004, p.1.

de *Standard Metropolitan Area* (SMA), que se ve ligeramente modificada en 1960, al añadírsele la palabra «Estadística» para que el carácter del área definida pueda ser mejor entendido, pasando a ser la *Standard Metropolitan Statistical Area* (SMSA).

Más cerca, en nuestro ámbito, para la Unión Europea un área metropolitana está formada por un núcleo central, ya sea una ciudad aislada o una conurbación, y por una periferia o conjunto de municipios contiguos, donde una parte importante de la población activa residente en los mismos, va a trabajar diariamente al núcleo central.

Tiene en cuenta la existencia de zonas periféricas fuertemente polarizadas por un centro cuyo crecimiento es solidario de la evolución de este último. Las áreas metropolitanas se extienden hasta englobar una relación espacio-tiempo que puede llegar a una hora de desplazamiento. Incluyen espacios urbanos y espacios rurales. El núcleo central ha de contar con un número mínimo de habitantes, o de puestos de trabajo, para ser reconocido como centro de un área metropolitana (METREX[10] ,2004, sitúa el umbral en 500.000 habitantes).

Además, se requiere un umbral mínimo de intensidad de desplazamientos domicilio trabajo entre un municipio de la periferia y el núcleo central para que el primero quede incluido en el área metropolitana (GEMACA[11] , 2002, establece como umbral el 10% de la población activa la que debe trabajar en el municipio central y residir en los municipios de la periferia).

En las características del concepto de Área Metropolitana señalado por la Unión Europea, es posible apreciar los tres enfoques desarrollados históricamente que consideran el Área Metropolitana, en líneas generales, como área geográfica, enfoque relacionado con la contigüidad, también como área funcional, como un sistema integrado de funciones y, por último, como zona de influencia de un centro dado.

En cuanto a los criterios de delimitación que se han desarrollado en los últimos tiempos, Roca Cladera (2003, p.20 y ss.) indica cuatro metodologías que utilizan otros tantos criterios.

Así, señala los criterios morfológicos, adecuados para la época en que la ciudad se desarrollaba en *mancha de aceite*, pero insuficiente en la época de la suburbanización y dispersión urbana (*sprawl*). Las mejoras en las redes de comunicaciones han generado estructuras de urbanización caracterizadas por la discontinuidad física.

También los criterios demográficos, si bien, afirma que se abandonaron hace tiempo como metodología básica por la progresiva suburbanización y difusión de la actividad residencial de las áreas metropolitanas que ha generalizado un patrón de uso del suelo caracterizado por las bajas densidades.

Asimismo, los criterios basados en la estructura económica y social que reconoce el carácter urbano de las áreas metropolitanas en función de la estructura económica y, en su caso, las formas de vida. Sin embargo, la tradicional diferenciación entre sectores pierde su razón de ser ante la progresiva difusión de las actividades industriales y terciarias en el territorio por los procesos de periurbanización actuales.

Por último, señala que los criterios funcionales, con las delimitaciones de los mercados de trabajo a escala local y regional, han tenido un significativo desarrollo en los últimos tiempos.

En España, los criterios siguen teniendo una componente morfológica y demográfica importante, aunque también existen numerosos estudios con criterios funcionales, basados en los movimientos pendulares de la población activa que se desplaza al municipio central.

[10] Red de Regiones y Áreas Metropolitanas Europeas.

[11] Grupo de Análisis comparativo de las áreas metropolitanas europeas.

En nuestro país, los criterios de delimitación de áreas metropolitanas se basan, según señala De Esteban (2009), en el cumplimiento simultaneo de varias condiciones. La primera, que contenga un municipio de al menos 50.000 habitantes y, la segunda, que se alcancen 100.000 habitantes en el conjunto del área formada por el municipio principal y los demás municipios que, a su vez, deberán cumplir de forma simultanea tres condiciones.

La primera, que tengan una densidad demográfica mínima de 100 hab./ km^2; la segunda haber tenido un índice de crecimiento demográfico municipal mínimo entre 1930 y 1960 del 152%, o una densidad de población municipal mínima de 700 hab/km^2; por último, la formación con el territorio del municipio principal de un área continua[12].

Como se puede inferir de los últimos párrafos, existen numerosos estudios, como se ha dicho con anterioridad, de los que podemos citar algunos que consideramos que sirven a nuestro propósito, cuyo interés es poner de manifiesto que a escala nacional se considera a Zaragoza como una de las siete Áreas Metropolitanas mayores de España, de la que aportan distintas características, así que, no se abundará en ello.

Sobre la escala europea nos interesa resaltar cómo está considerada en el exterior, por la fuerte relación que se puede establecer entre los nodos de la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T). Así según PolyMETREXplus (2007) y ESPON[13] 2005, Zaragoza es una Aglomeración Urbana Funcional (FUA) y una MEGA potencial para PolyMETREXplus, que en el escenario 2030 de ESPON se convertirán en una MEGA, aunque débil, como se verá más adelante. En cuanto a los citados estudios, el de Roca Cladera (Dir.) (2001) que describe los rasgos territoriales y funcionales de las siete Áreas Metropolitanas principales españolas (Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao, Zaragoza, Sevilla y Málaga).

La metodología utilizada para delimitar las áreas metropolitanas se basa en las relaciones funcionales existentes entre los diferentes municipios, es decir, entre los flujos de movilidad que se establecen entre el lugar de residencia y el municipio de trabajo. Por su parte, Fidalgo y Nicolás (2003) muestran la evolución de las Áreas Urbanas Españolas desde 1.960 hasta 1.996. Toman como base de información sobre los ámbitos urbanos, los trabajos realizados para la edición del *Atlas Estadístico de la Áreas Urbanas en España*, publicado por el Ministerio de Fomento el año 2000 (Ministerio de Fomento, 2010a), que se actualiza cada cierto tiempo.

Para la delimitación se utilizaron los datos del censo de población de 1991, ya que esta fuente proporciona el mayor nivel de información municipal, para el conjunto del Estado. Las variables utilizadas[14] fueron los tamaños de población de los municipios, las densidades de población, las dinámicas demográficas del periodo 1960-1991, la dinámica en el parque de viviendas del periodo 1970-1991, las dinámicas urbanas existentes, y las Infraestructuras y Redes de transportes.

Resaltaremos que, para estos autores, se observa que en general el sistema urbano presenta una fuerte inercia de la estructura heredada de décadas anteriores. Este fenómeno presenta diferentes características en función de la localización de partida.

---

[12] Puede ser por contacto directo con el municipio principal, o a través de otros municipios que cumplan las mencionadas condiciones. Se incluyen también los municipios que sin cumplir dichas condiciones queden envueltos en territorios incluidos en un Área Metropolitana.

[13] ESPON: *European Spatial Planning Observation Network*.

[14] Para la delimitación de las Áreas Urbanas españolas en el *Atlas Estadístico de las Áreas Urbana* en España en el año 2010 se ha utilizado el *Censo de población y viviendas del año 2001* y el *Nomenclator de Población* 2010, y como último dato de referencia el *Padrón municipal de habitantes de 2010*. Se han aplicado tres criterios previos y cuatro categorías de fuentes documentales: estadísticas de población, de vivienda, estructura territorial y dinámicas urbanas, y redes de transporte existentes y planificadas (Ministerio de Fomento, 2010b). Para más información consultar: http://siu.vivienda.es/portal/media/ayuda/Metodologia.pdf.

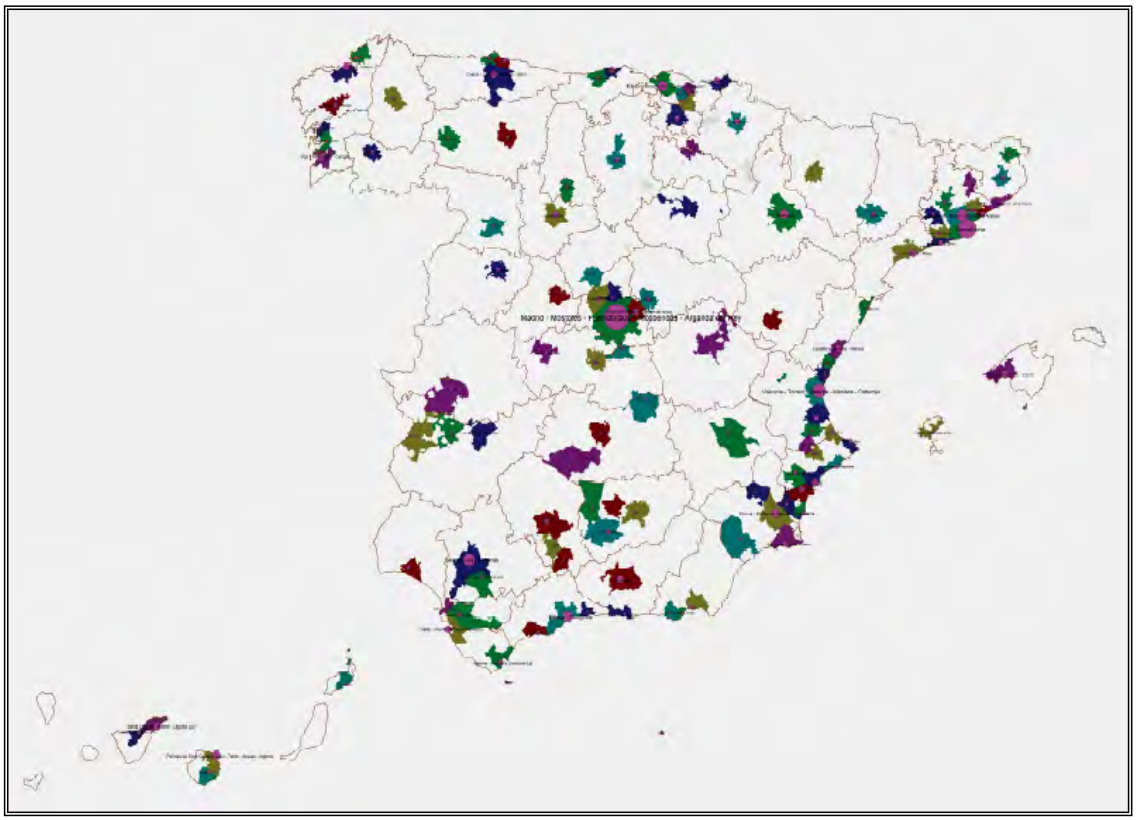
Así en términos generales se observa que las áreas urbanas se han desarrollado sobre las ciudades ya existentes y mediante la colonización urbana del sistema de asentamientos rurales cercano.

También se observan procesos de conurbación funcional de ciudades o sistemas urbanos que se consideraban anteriormente independientes, pero que debido fundamentalmente a la evolución de los sistemas de transporte, actualmente forman un único espacio urbano. De esta forma, señalan, que una de las circunstancias claves en la comprensión del fenómeno de urbanización del territorio nacional es la fuerte relación entre el desarrollo de las infraestructuras de transporte experimentado por nuestro país en las últimas décadas y el efecto difusor de los asentamientos urbanos que esto ha supuesto.

En similar línea de investigación es interesante el proyecto AUDES[15], 2005, que pretende definir las áreas urbanas (AU) de España. Los objetivos son de naturaleza demográfica y estadística (ver mapa 2-2).

Se parte de la afirmación de que los municipios no son adecuados para representar las características (superficie, población, riqueza, puestos de trabajo, etc) de las ciudades porque el desarrollo de los medios de transporte ha supuesto que el área real que actúa como ciudad o área urbana desborde considerablemente los límites físicos propiamente dichos.

Mapa 2-2. Áreas Urbanas en España. Año 2009



Fuente: http://alarcos.inf-cr.uclm.es/per/fruiz/pobesp/map/fig/esp/em00-aucir-2009p.pdf

[15] Para más información consultar:http://alarcos.inf-cr.uclm.es/per/fruiz/audes5/ y http://alarcos.inf-cr.uclm.es/per/fruiz/pobesp/index.htm

En dicho proyecto se trata de establecer una lista de AUs indicando, para cada una, los municipios que las forman. Los criterios para establecer la lista de AU's y el alcance de cada una son de dos tipos: morfológicos (para identificar los núcleos de población alrededor de los cuales se constituye un AU) y funcionales (para determinar los municipios adyacentes que se integran en cada AU mediante el análisis de los movimientos diarios por razones de trabajo o estudio).

Las definiciones, criterios y métodos utilizados tienen en cuenta parcialmente las propuestas de la Oficina Canadiense de Estadística, aunque también se toman ideas de la Oficina del Censo de Estados Unidos y de varios investigadores españoles e internacionales.

Los datos poblacionales utilizados para los cálculos proceden del Instituto Nacional de Estadística (INE) para la población de los municipios (censos de población y padrones de habitantes) y de los núcleos de población (nomenclátor); mientras que los datos geográficos (superficie y coordenadas UTM) proceden del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Los datos de los movimientos pendulares[16] proceden del censo de población de 2001 (INE), que son los únicos y últimos disponibles en España a nivel municipal.

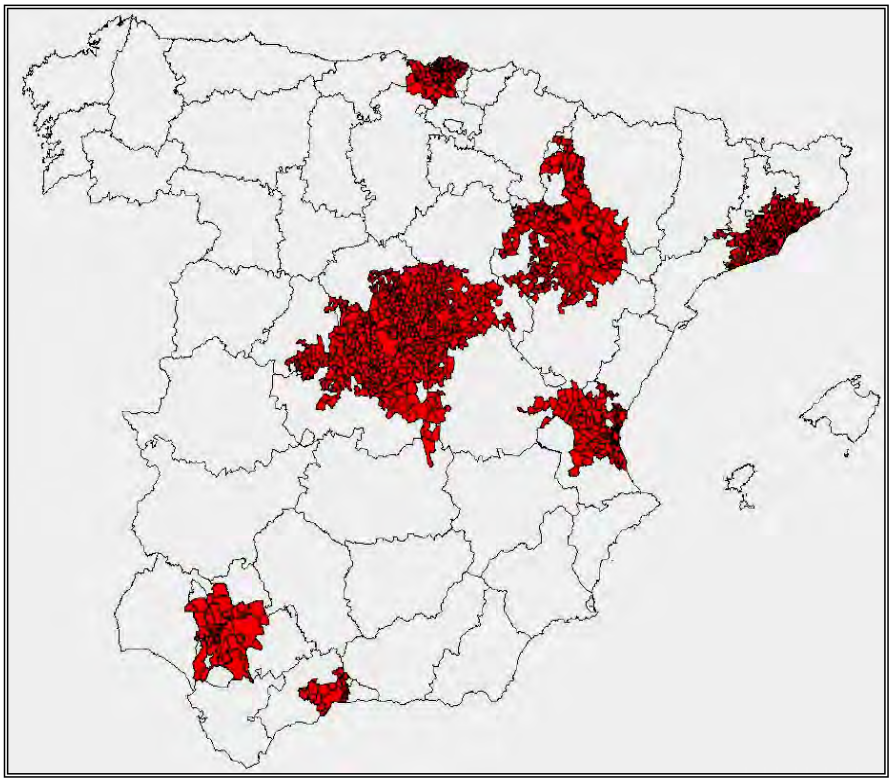
Otro estudio interesante, en otra línea de investigación es el de es el de Nel·lo, O (2004), que analiza la evolución, desde el año 1.960 hasta 2.001, de las siete mayores Áreas Metropolitanas españolas (las citadas anteriormente), en relación, al conjunto del sistema urbano del país y a la estructura interna de sus respectivos ámbitos metropolitanos.

En este estudio, el autor señala que las grandes ciudades españolas han entrado con el cambio de siglo en un nuevo ciclo de su evolución urbana. Dicho ciclo combina características de las dos fases precedentes de concentración y dispersión urbana, acaecidas entre los años 1.960-1.975 y 1.975-1.996, respectivamente. Utiliza como método la regla rango-tamaño, así mismo calcula distintos índices, como por ejemplo el de primacía, y tasas como la de crecimiento.

Roca Cladera et al. (2005), estudia también la evolución entre los años 1991 y 2001 de las siete Áreas Metropolitanas españolas más significativas (las que indica el estudio de 2001). Pero en este caso, la metodología utilizada para delimitar las áreas metropolitanas, muy usada actualmente, se basa en las relaciones funcionales existentes entre los diferentes municipios, es decir, entre los flujos de movilidad que se establecen entre el lugar de residencia y el municipio de trabajo (ver mapa 2-3).

[16] Movimiento pendular: personas que se desplazan diariamente, en viajes de ida y vuelta desde un punto del territorio a otro por razones de trabajo o estudio. Se trata de viajes con una periodicidad determinada. Más ampliamente el concepto también puede incluir movimientos con una periodicidad semanal, mensual o anual. Estas migraciones pendulares son muy comunes actualmente propiciadas por el desarrollo de los medios de comunicación. Dichos movimientos están relacionados con, por ejemplo, las ciudades dormitorio.

Mapa 2-3. Principales Áreas Metropolitanas Españolas (Año 2001)



Fuente: Roca Cladera, J., Burns, M. y Moix Bergedá, M. (2005), figura 1, p. 1.

Muy interesante es el trabajo de Boix Domènech (2007), que identifica las Áreas Metropolitanas Españolas utilizando una adaptación de la metodología dinámica aplicada por el *Census Bureau* de Estados Unidos basada en datos de población, ocupación y flujos de movilidad diaria residencia-trabajo (movimientos pendulares).

En una primera etapa, se identifican las ciudades centrales y la formación del núcleo central. Este núcleo central (*central core*) estará formado por una ciudad central de al menos 50.000 habitantes más los municipios contiguos que envíen al menos el 15% de sus flujos de población activa a dicha ciudad, además de aquellos municipios que queden envueltos por los municipios anteriores.

En una segunda etapa, se procede a la construcción de la corona metropolitana en cuatro fases iteractivas, que van incorporando los municipios desde el núcleo central de manera centrífuga en función de sus movimientos pendulares[17]. La siguiente etapa busca consolidar las Áreas Metropolitanas mediante la combinación entre las posibles áreas adyacentes. Por último, se procede a asignar el nombre al Área Metropolitana, y a clasificarlas por niveles, estableciendo cuatro intervalos en función del volumen de población. Más de un millón de habitantes (nivel A), entre un millón y 250.000 hab. (nivel B), entre 250.000 y 100.000 hab. (nivel C) y menos de 100.000 hab. (nivel D).

En otras líneas de investigación también son muy interesantes los informes del Observatorio de la Movilidad Metropolitana desde los años 2004 al 2010, que observa y valora las tendencias generales de la movilidad con criterios de sostenibilidad en las áreas metropolitanas que lo integran. Zaragoza se incorporó a partir del año 2006.La metodología que utilizan consiste en el análisis de indicadores esenciales de movilidad

[17] En la línea de identificar los municipios que presentan rasgos metropolitanos relativamente homogéneos en los municipios próximos a los principales núcleos urbanos, es relevante, en nuestra opinión, el estudio desarrollado por De Cos Guerra (2007).

sobre la movilidad, la demanda y oferta de transporte de transporte, infraestructuras, tarifas, etc.

También la asociación Bilbao Metrópoli 30, que, en otra línea de investigación, compara los indicadores que denomina "estratégicos de revitalización" entre las siete Áreas Metropolitanas españolas. Su estudio obedece "…al deseo de realizar un estudio comparativo sobre la situación de las mayores metrópolis del Estado (el llamado G-7)…" Bilbao Metrópoli 30 (1998, p.4) y su objetivo último es "…presentar una visión de las posiciones relativas de las áreas metropolitanas del Estado, resaltando los puntos fuertes y débiles de cada una de ellas a la hora de afrontar el siglo XXI en los aspectos estratégicos…" (ibidem).

Los cuatro indicadores estratégicos de revitalización que utiliza hacen referencia a la calidad de los recursos humanos (potencial demográfico, formación, mercado de trabajo y renta); a la internacionalización de la metrópoli (internacionalización del comercio, internacionalización del transporte, turismo, ferias e internacionalización de la cultura); a la sociedad del conocimiento (cultura tecnológica, ciencia y tecnología, y cultura humanística); por último al desarrollo sostenible (crecimiento económico, calidad ambiental, calidad de vida familiar, seguridad, satisfacción personal, equipamientos culturales y consumo de energía). Por otra parte, en cuanto a la escala europea, pero en la misma línea, señalaremos que las políticas de desarrollo espacial tienen por objeto garantizar un desarrollo equilibrado y sostenible del territorio de la Unión.

La Perspectiva Europea de Ordenación del Territorio (PEOT) parte del supuesto de que el crecimiento económico y la convergencia de algunos indicadores económicos no bastan para lograr el objetivo de cohesión económica y social. Por lo tanto, es deseable una intervención concertada en el ámbito de la ordenación territorial con el fin de corregir las disparidades existentes. Así, la PEOT abarca cuatro ámbitos18 que interactúan entre sí y ejercen presiones importantes sobre el desarrollo espacial de la Unión Europea. De entre ellos, haremos referencia a la evolución de las zonas urbanas.

En el proyecto PolyMETREX, que evalúa los estudios y conclusiones de los proyectos de ESPON[19], se considera que equilibrio territorial europeo se podría lograr, a través del tiempo, mediante el progresivo desarrollo de buenas conexiones entre clusters y corredores de una red metropolitana policéntrica europea.

La base teórica es posible encontrarla en los trabajos que indican Trullen y Boix (2000, p. 2), "…de Pred en los años 70, y de Dematteis, Emanuel y Camagni en los años 80, que ponen de relieve la posibilidad de que los patrones de articulación de los sistemas urbanos estén evolucionado desde estructuras verticales (jerarquías), hacia estructuras policéntricas y horizontales, a las que denominan redes de ciudades"[20].

Los mencionados estudios de ESPON son desarrollados para encontrar una respuesta estratégica al riesgo de un desequilibrio, cada vez mayor, de la organización territorial del espacio europeo conjunto. Este desequilibrio daría lugar a un refuerzo continuo del

[18] Los cuatro ámbitos son: la evolución de las zonas urbanas, la evolución de las zonas rurales, los transportes y el patrimonio natural y cultural.

[19] Red de Observación de la Ordenación del Territorio Europeo. El objetivo de los estudios es analizar teórica y empíricamente el concepto de desarrollo policéntrico, tal como fue presentada por la Estrategia Territorial Europea, aprobada por el Consejo informal de Ministros de Planificación en 1999.

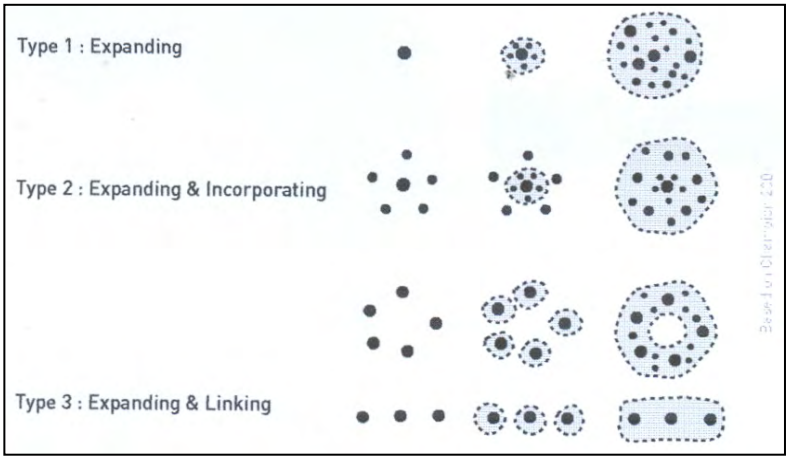
[20] Trullén y Boix (2000, pp. 3-4) diferencian dos tipologías de redes de ciudades. La primera tipología, atendiendo a la naturaleza de la externalidad de la red, la compondrían las redes de complementariedad, las de sinergia y las de innovación. La segunda tipología, atendiendo al tipo de articulación de estructura urbana, estaría formada por las redes jerárquicas o redes de jerarquía determinada y por las redes multipolares (policéntricas) o de especialización local flexible.

"pentágono" (regiones delimitadas por un pentágono cuyos vértices son, Londres, París, Hamburgo, Munich y Milán) a expensas de la periferia y la exacerbación del modelo "centro-periferia" en Europa.

Así, dicha respuesta estratégica se concreta en el concepto de policentrismo[21] que, como modelo de organización espacial a diferentes escalas, se define por oposición al monocentrismo. Está caracterizado por una alta concentración de personas, actividades y funciones en un único centro, dentro de un territorio. Sin embargo, también se opone a un patrón difuso, que se caracteriza por la laxitud y una falta de jerarquía espacial.

En la figura (ver figura 2-6) se muestran los tipos de policentrismo que usa la red METREX. La formación de un espacio policéntrico puede producirse por expansión, también por expansión e incorporación y por expansión y enlace.

Figura 2-6. Tipos de policentrismo



Fuente: PolyMETREXplus, Framework-Graphic, 2007, Appendix 8, p.106 http://www.eurometrex.org/Docs/PolyMETREX/Framework/PolyMETREXplus_Framework-Graphic.pdf

Podemos apreciar también en la figura que las áreas de influencia de todos estos subcentros se entrelazan al expandirse, formado una región metropolitana policéntrica. La construcción del policentrismo depende de la promoción de redes equilibradas de ciudades a diferentes escalas, que formen una malla en todo el espacio europeo. De esta forma, en nuestra opinión, estructurando una conexión de calidad entre los nodos de esta red metropolitana policéntrica, obviamente, se reforzará la estructura nodal del sistema de transporte de mercancías a escala, no sólo europea, sino global. Subrayaremos que la conectividad es la clave del Policentrismo.

Sin embargo, en este tipo de articulación de estructura urbana de la red, como señala Trullén y Boix (2000, p.4), "…las relaciones de intercambio entre nodos pueden basarse en la complementariedad o en la sinergia, aunque no tienen por que ser simétricas (de igualdad), sino que pueden ser fuertemente asimétricas, incluso de dominancia-dependencia (Dematteis, 1991, pp. 422).

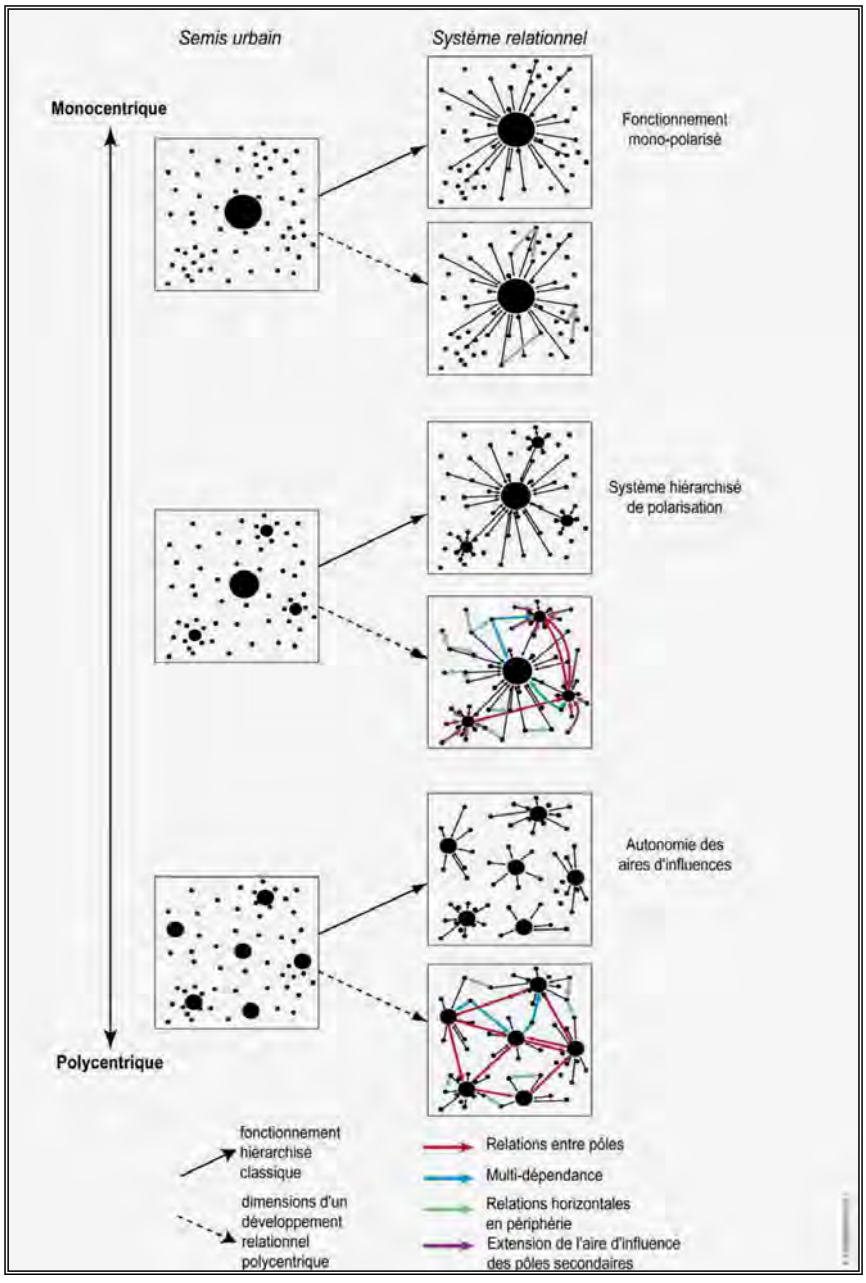
[21] El análisis de áreas urbanas policéntricas ha recibido un fuerte impulso durante los últimos años. Sin embargo en Norteamérica se han focalizado en el Modelo de Rentas Ofertadas, a diferencia de Europa que se propone una reformulación del Modelo de Ciudad Central Chistalleriano.

Sobre Modelos teóricos policéntricos, es interesante, desde la Nueva Geografía Económica, el modelo policéntrico endógeno que propone White (1999), para estudiar la interacción entre economías de aglomeración y costes de transporte, así como su efecto sobre la localización de la actividad y la población. (ver Muñiz, Galindo y García, 2003).

Además, mientras que en un sistema urbano estrictamente jerárquico, todas las relaciones tienden a ser organizada en orden ascendente, de niveles más bajos a niveles más altos, en un sistema urbano policéntrico se definen redes mucho más complejas y multidireccionales (ver figura 2-7). En cuanto al estudio de la estructura urbana del sistema urbano europeo propiamente dicho, ESPON (2005, pp.13-15) utiliza cuatro conceptos principales.

En primer lugar, el de Área Urbana Funcional (FUA). Utiliza una tipología de FUAs para evitar la aplicación de un único criterio, el tamaño, en la delimitación de las áreas urbanas. Tiene en cuenta también otros criterios, y utiliza indicadores de conectividad, de los niveles de industrialización, del potencial de atracción de la oferta turística, del nivel de conocimiento, del poder de decisión económica en el sector privado sector y en el sector público, etc.

Figura 2-7. Dimensiones morfológicas y relacionales del policentrismo



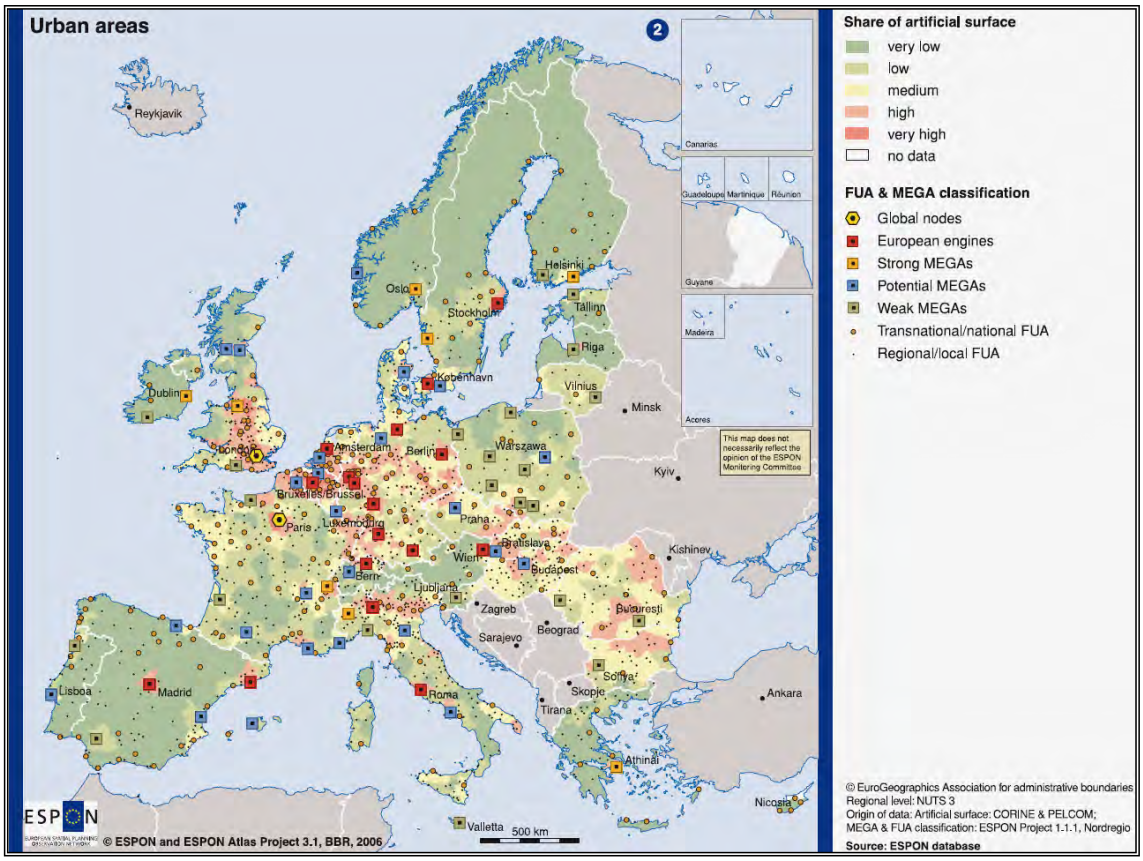
Fuente: Berroir, S., 2004, figure 1.2., p.12.
http://www.parisgeo.cnrs.fr/lien/mobilites2004.pdf

En segundo lugar se señala que el análisis de las tipologías de FUAs permite, asimismo, identificar las "FUAs de excelencia", calificadas como MEGAs (áreas de crecimiento metropolitano europeo).

El tercer concepto, el PUSH (Horizonte Estratégico Urbano Potencial), se define para encontrar donde se localizan los nuevos nodos urbanos que tienden a fortalecer el policentrismo, para volver a equilibrar el territorio europeo. Se basa en un principio de proximidad, ya que en estas zonas se reagrupan todos las FUAs a las que se puede llegar de un centro determinado en menos de 45 minutos.

Si bien, el concepto anterior es un paso intermedio que lleva a la definición de un cuarto nivel del análisis territorial, en que define el concepto de PIA (Áreas de Integración Policéntricas Potenciales), cuyo nodo principal es una MEGA. Estas entidades espaciales se han identificado en el supuesto de que las ciudades vecinas pertenezcan a PUSHs. Es un criterio de proximidad temporal que define las zonas urbanas como espacios potenciales para la cooperación y la planificación estratégica.

Mapa 2-4. Regiones Metropolitanas, Áreas Urbanas y Diversidad de Áreas Rurales

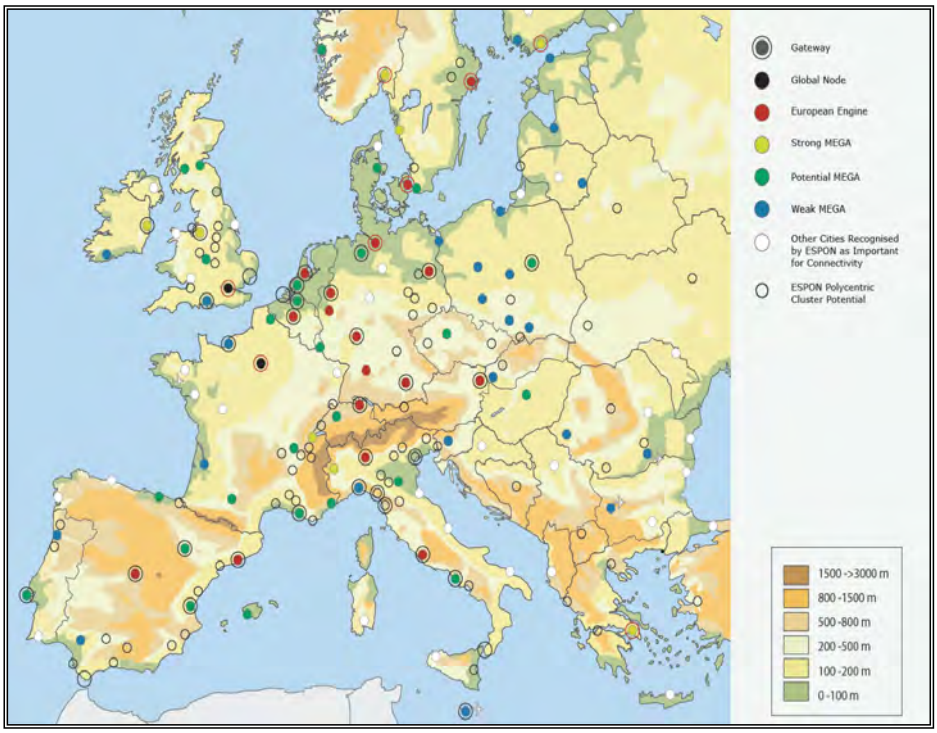


Fuente: ESPON Atlas, 2006, p.29.
http://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Publications/ESPON2006Publications/ESPONAtlas/final-atlas_web.pdf

Así, las PIAs se presentan como auténticas áreas potenciales para la planificación estratégica. El fortalecimiento de zonas integración económica global, es la condición principal de policentrismo. En la leyenda del mapa anterior, figuran dos tipos de FUAs (transnacional/nacional y Regional/Local) y dos de Megas (Potenciales y Fuertes).

En el año 2005, este observatorio identifica 1.595 FUAs y 76 MEGAs en Europa. Resaltaremos que Zaragoza, como se aprecia en el mapa anterior (ver mapa 2-4), es considerada por ESPON una Aglomeración Urbana Funcional Transnacional/Nacional.

Mapa 2-5. MEGAS europeas, Agrupaciones Policéntricas Potenciales y Puertas de Entrada



Fuente: METREX Interim Reports,http://www.eurometrex.org/Docs/PolyMETREX/Interim/D2.pdf

Para la evaluación de las las 76 MEGAs identificadas por ESPON, en la primera fase (2004-2005) del proyecto PolyMetrexplus[22], se añadieron otras áreas urbanas funcionales europeas. A propuesta de PolyMetrexplus, 45 y a propuesta de ESPON, 40, además de otras 14 de los países europeos colindantes. Entre ellas, se añadió a Zaragoza, a la que se reconoce en su escenario del año 2030 como una débil MEGA (ver mapa 2-5).

El objetivo principal del proyecto es el fortalecimiento de las relaciones entre las áreas metropolitanas, con respecto a la complementariedad y las funciones de cooperación entre las distintas áreas. Por un lado, el proyecto tiene por objeto reforzar el papel desempeñado por las áreas metropolitanas periféricas, mediante la mejora de su integración. Por otro, reducir las posiciones marginales de las zonas exteriores de la UE, si bien, no por la mejora de la accesibilidad y sus vínculos con las áreas centrales.

El marco de trabajo del proyecto viene definido por el análisis de las funciones urbanas y su importancia, las áreas europeas transnacionales e interregionales y la

[22] PolyMETREXplus es un proyecto de la Red Metrex en el marco del programa Interreg IIIC de la Unión Europea, que pretende aportar una dimensión metropolitana a la perspectiva Europea de Ordenación del Territorio (PEOT) para el desarrollo armonioso, equilibrado y sostenible del espacio europeo, dando una respuesta metropolitana a las tres líneas clave de política estratégica global de Zonas de Integración (GIZ), Policentrismo y Complementariedad. Su objetivo es contribuir con eficacia a las relaciones metropolitanas policéntricas, con base en la complementariedad y en la cooperación. (Metrex, 2005).

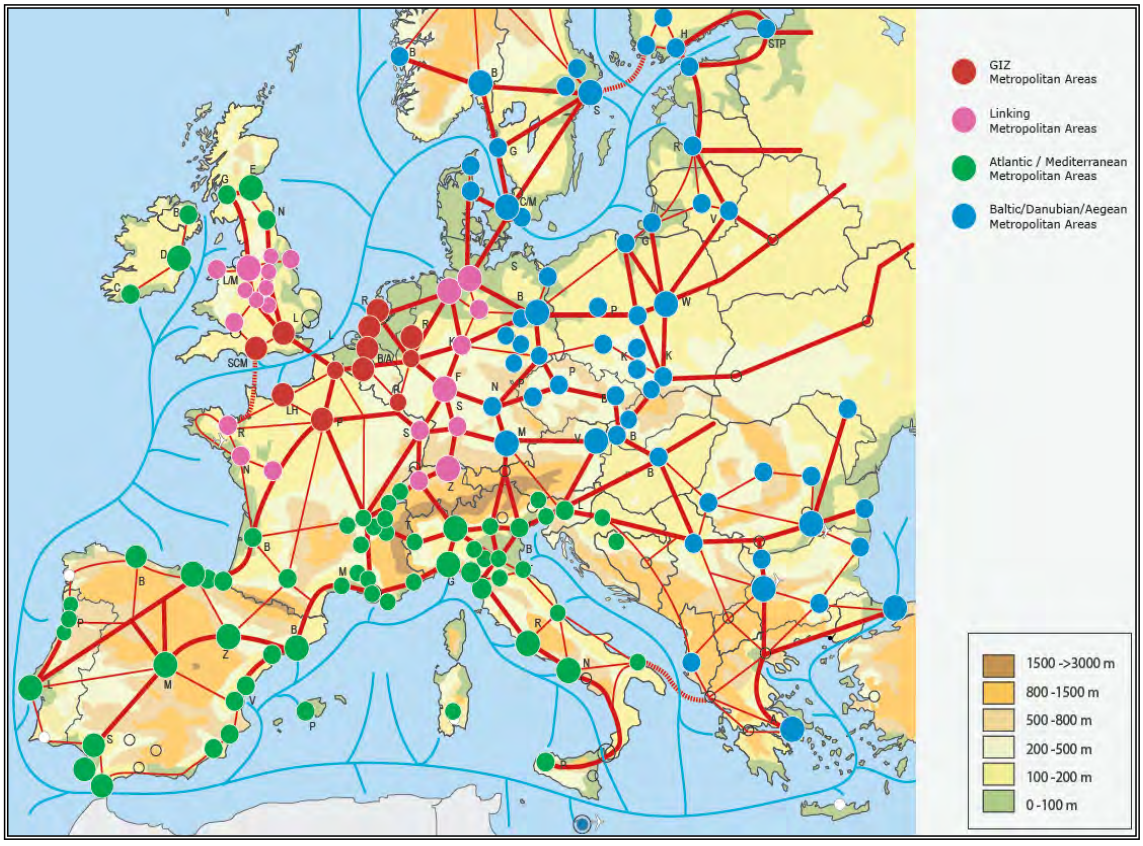
Recordaremos que el objetivo de Interreg IIIC es mejorar la eficacia de las políticas e instrumentos para el desarrollo y la cohesión regional. Son interesantes los resultados de la evaluación que presentan el Balance Urbano Europeo, a la Península Ibérica le otorga un peso del 9% del total en una Europa equilibrada territorialmente (METREX, *Interim Report on the PolyMETREXplus Project, first phase* 2004-2005, p. 21).

conectividad entre estas. marco de trabajo del proyecto viene definido por el análisis de las funciones urbanas y su importancia, las áreas europeas transnacionales e interregionales y la conectividad entre estas.

Los indicadores utilizados en este proyecto para la evaluación de las MEGAs, fueron:

1. Atracción de la actividad económica, la a ubicación de la sede de las principales empresas europeas.
2. Población de más de 50.000 habitantes.
3. Aeropuerto con más de 50.000 pasajeros en 2000 o el puerto con un tráfico de contenedores en el año 2001 de más de 20.000 TEUs.
4. Número de camas en hoteles o establecimientos similares en el año 2001.
5. El Valor añadido bruto en la industria en el año 2000.
6. Principales ubicaciones de las universidades y el número de los estudiantes.

Mapa 2-6. Marco para una Europa Metropolitana Policéntrica



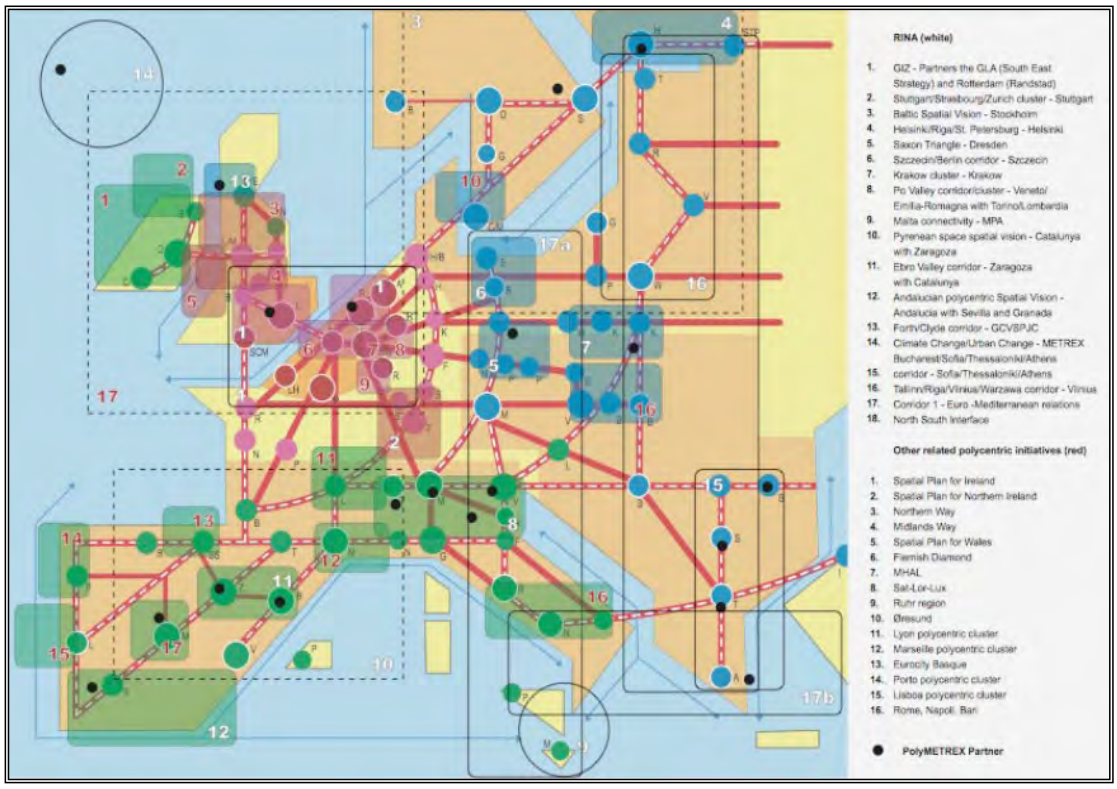
Fuente: METREX Interim Reports, http://www.eurometrex.org/Docs/PolyMETREX/Interim/D2.pdf

Sobre dicha conectividad, haremos una breve referencia por el interés que tiene su incremento para nuestra área de estudio, y porque además es, como se ha dicho, es una de las bases del policentrismo.

Señalaremos, pues, que nuestro interés en la conectividad se refuerza, puesto que, relacionado con ella y para apoyar el policentrismo europeo, se revisan los 30

proyectos prioritarios de la RTE-T[23]. Además, se revisan otros 9 proyectos sugeridos por ESPON (Proyecto 121), del que destacamos el eje multimodal La Coruña- Bilbao, y otro eje de conexión, sugerido por PolyMETREXplus, el Bilbao-Burdeos-Toulouse-Lyon-Marsella, conectado con el túnel de baja cota del Pirineo (ver mapa 2-6).

Mapa 2-7. RINA contexto previsto por PolyMETREXplus en su Visión de una Europa Policéntrica



Fuente: Second Interim Report on the PolyMETREXplus project at the mid point the Project Component, Second phase 2006-2007, p. 16. http://www.eurometrex.org/Docs/PolyMETREX/Interim/EN_PolyMETREXplus_RINA_interim_report.pdf

En la segunda fase (2006-2007), presenta las 8 áreas transnacionales, que comprenden 18 áreas interregionales y su conexión por la RINA, Red Representativa de las Actividades Interregionales (*Representative Interregional Networking Activities*).

En particular, el proyecto tiene la intención de tomar medidas mediante metodologías innovadoras, identificando toda una serie de actividades piloto, a través de RINA, Representante de las actividades interregionales de redes, que pueden servir como punto de referencia para fomentar un desarrollo más equilibrado y el desarrollo policéntrico. El objetivo de la RINA es presentar nuevos enfoques territoriales que proporcionen un contexto interregional para los estudios de los corredores y clusters. Destacaremos dos de los que afectan a la Península Ibérica y, más directamente, a Zaragoza (ver mapa 2-7).

La zona ibérica, está aislado en relación con los tiempos potenciales de viaje entre las MEGA. La zona incluye el área entre la MEGA de Barcelona, Sevilla, Lisboa y Bilbao, y Madrid, en el centro de esta zona, es la MEGA con una orientación funcional completa (METREX, 2006-2007, p. 6).

[23] El proyecto prioritario nº16 Sines/Algeciras-Madrid-París, por el túnel transfronterizo de baja cota (TCP), se verá más adelante.

Finalizaremos este punto, con la visión espacial que se hace para el área interregional pirenáica (RINA nº10, color blanco), que incluye Zaragoza, de la que dice que los mencionados enfoques deben considerar la ordenación del territorio y las oportunidades para el desarrollo social, económico y ambiental a medio y largo plazo. Pueden ser, por ejemplo (METREX, 2006-2007, p. 48):

- La conectividad (red de carreteras principales, ferrocarril y vías navegables, intercambios y puertas de enlace).
- La estructura policéntrica de asentamientos urbanos (regiones metropolitanas y áreas metropolitanas principales, incluyendo clusters y corredores).
- Los recursos ambientales significativos (áreas de importancia paisajística, cultural y ecológica).
- Los aspectos sociales y económicos policéntricos (por ejemplo, la educación conjunta de servicios de salud/cultural o especialidades y las relaciones económicas que pueden desarrollarse).
- La ordenación policéntrica del territorio y las oportunidades de desarrollo que podrían ser implementadas, por ejemplo, para la logística, la investigación, los servicios, la manufactura, la distribución, etc.

Una vez que realizas las precisiones metodológicas oportunas, daremos paso al desarrollo del trabajo propiamente dicho sobre el sistema de transporte de mercancías por ferrocarril como factor estratégico para el desarrollo sostenible del territorio.

3. EL SISTEMA DE TRANSPORTE EN EL CONTEXTO GEOGRÁFICO Y TERRITORIAL

En este punto trataremos como las infraestructuras, que son un subsistema fundamental del sistema de transporte, y el propio sistema en general, han organizado y organizan, espacial y económicamente el sistema territorial.

Si bien ahora no se entrará en cuestiones de la estructura del sistema territorial que se verá en el capítulo 5, es necesario tener en cuenta que el sistema de transporte no es un sistema cerrado y que está incluido en el sistema territorial, por lo tanto, recibirá unas entradas de otros sistemas y, a su vez, sus propias salidas influenciarán a todo el sistema territorial, esto es que tendrán unos efectos sobre él.

El sistema espacial territorial, base de las actividades humanas, estará formado por el sistema de asentamientos urbanos y rurales. El sistema de transporte será el que conecte sus nodos. Se tratará de establecer cómo se organiza el sistema de asentamientos y de que forma influye el sistema de transporte en su organización.

Pero además, existe un entorno externo al sistema territorial que también le influencia, y por lo tanto, el sistema de transporte también será influido.

Nos referimos a el sistema, o mejor, supersistema tierra. Es evidente que todos los territorios están influidos, en mayor o menor medida, por las relaciones que se establece a todos los niveles y en todos los órdenes.

3.1. EL SISTEMA DE TRANSPORTE Y LA ORGANIZACIÓN DEL TERRITORIO

Antes de nada, parece adecuado hacer referencia a la afirmación de Wolkowitsch de que el sistema de Transporte es una herramienta en las manos del hombre que le permite valorizar un espacio dado, atribuyendo a cada fracción del espacio una función específica, (Wolkowitsch, 1973, p.233). Esta afirmación, en nuestra opinión, no por estar tan alejada en el tiempo ha perdido su validez.

Para el citado autor, a medida que la economía de mercado se impone a una parte creciente de la población, la distribución geográfica de la población, así como, la localización de la producción industrial y de la producción agrícola, dependen cada vez más estrechamente del sistema de transporte (Ibidem, p.234).

El sistema de transporte interviene como un elemento decisivo de las condiciones de ocupación del espacio a todas las escalas, (Ibidem), de esta forma, como afirma Savy (1993, p. 13), el transporte es, en esencia, la actividad más territorial de todas.

Es conocido, que la economía de mercado alcanza a casi toda la población mundial, ya que el proceso de globalización se ha extendido a un ritmo acelerado por la mayoría de países en los últimos tiempos, haciendo depender a sus sistemas productivos del sistema de transporte, como se verá en el punto siguiente.

Para Hirschman (1958, en Vázquez Barquero, 1996, p. 84) "…las inversiones en infraestructuras condicionan la dinámica de la actividad productiva y constituyen uno de los ejes centrales de las políticas de desarrollo, cualquiera que sea la escala espacial…".

Según señala Vázquez Barquero, "el secreto está en establecer, en cada territorio, la estrategia adecuada que permita maximizar los efectos de las inversiones públicas, bien sea privilegiando la oferta de infraestructuras (que active la expansión de la producción y genere la demanda) o esperando a que afloren las necesidades de

infraestructuras y que las nuevas demandas impulsen la construcción de las infraestructuras." (Ibidem)[24].

Se puede afirmar que las infraestructuras, "… son motores del desarrollo, estimulan la inversión productiva, fomentan el crecimiento de las regiones menos favorecidas, facilitan una más eficiente utilización de los recursos de producción, elevan la competitividad. Su ejecución contribuye a crear empleo (...) y (…) en buena medida al bienestar social." Calvo, Pueyo y Tricas (2002).

En la misma línea, señala Vázquez Barquero (1996, p. 84) que, "…a medida que en una región o un país aumenta la dotación de infraestructuras crecen la renta per capita y el empleo."

En cuanto a la distribución geográfica de la población, sus asentamientos, han evolucionado a lo largo del tiempo en el espacio, en función de las características sociales, culturales y económicas de los grupos humanos.

Así, desde la revolución neolítica, en que se abandona el nomadismo, se ha pasado de una sociedad agraria y ganadera dispersa sobre el territorio en un poblamiento rural en su mayoría, hasta la actual sociedad postindustrial, muy concentrada sobre el territorio, fruto del proceso de concentración urbana en grandes ciudades y áreas metropolitanas.

Los estadios intermedios de este proceso de concentración, han pasado desde las sociedades mercantiles hasta la revolución industrial, en los que el proceso de crecimiento urbano se realizó mediante el aumento del número de ciudades.

No obstante, el proceso de concentración no es estático en el tiempo, es dinámico, y está evolucionando hacia una concentración descentralizada o difusa de geometría variable, como ya se ha dicho en el punto 2.3.

Con respecto a la localización de los mencionados asentamientos, en los comienzos estuvieron eminentemente relacionados con factores naturales, como la topografía y los cursos de agua.

Posteriormente, en virtud de los avances tecnológicos de las sociedades, los factores de localización de los asentamientos sobre el territorio fueron socioeconómicos, esto es, humanos y no naturales, muy relacionados con la actividad económica, destacando que ya en la formación de las ciudades preindustriales, se elige situarlas en centros de encrucijada, rutas de tráfico o puntos de ruptura de carga. El emplazamiento de estas ciudades, en muchos casos, ha potenciado su centralidad a lo largo del tiempo.

El resultado que ha tenido el proceso de concentración urbana, o de urbanización, es sobradamente conocido. Configura sistemas espaciales de asentamientos, urbanos y rurales, en los que entre otras funciones se desarrolla la actividad económica. Todos estos asentamientos forman el sistema urbano o red urbana.

---

[24] Vázquez Barquero (1996, p.84-85), afirma que históricamente ha habido tres principios, entre otros, que han orientado las inversiones en infraestructuras: 1) El principio de competitividad, que hace referencia al territorio como un sistema de producción que se ha especializado en unos determinados productos. Ello generará exportaciones e importaciones, requiriendo, a su vez, infraestructuras de transporte y comunicaciones para realizarlas. 2) El principio de jerarquía, considera el territorio organizado y estructurado en un sistema de ciudades, que son el espacio en el que se realizan las inversiones productivas. La jerarquía en la producción determinará la jerarquía urbana y todo ello generará necesidades jerarquizadas de infraestructuras para mantener el funcionamiento del sistema urbano. 3) El principio de aglomeración, se refiere a la concentración de la población y la actividad productiva en el territorio, a las relaciones que se establecen entre ellos y a las economías externas (de localización y de urbanización). Cuanto mayor es la aglomeración en una región, mayor es la demanda de transporte.

Aquí es importante señalar, por el enfoque sistémico que se adopta en este trabajo, que "…el proceso de urbanización es un reflejo de la organización espacial de la economía y la sociedad en un territorio dado, siendo, por tanto, un sistema abierto…es más un sistema receptor de procesos que generador de los mismos, siendo la red urbana una estructura que transmite espacialmente los procesos que se generan dentro y fuera de él.", Precedo (1988, p.17).

Los elementos de este conjunto de asentamientos, urbanos y rurales, están estrechamente relacionados y anclados al territorio, configurando un sistema espacial que incluye una red de nodos de implantación puntual -el sistema urbano o de asentamientos-, conectados entre sí por infraestructuras de implantación lineal, en la Teoría de Grafos, denominados arcos.

Señalaremos, como indica Taaffe et al. (1996, p. 5), que las conexiones pueden ser las instalaciones en sí mismas, como vías navegables, carreteras, ferrocarriles o vías aéreas, o bien los flujos sobre esas instalaciones, tales como el número de vehículos, pasajeros o mercancías que pasan por ellas en un periodo dado.

Si bien, en nuestro caso, nos parece más adecuado utilizar como elemento de conexión entre nodos las instalaciones que nombran los autores, para nosotros infraestructuras lineales, ya que ellas son las que soportan los flujos. Posteriormente, sí que se analizarán los flujos entre nodos para conocer la fuerza y composición de la interacción espacial entre ellos.

La infraestructura se define según Biehl, "…como aquella parte del capital global de las economías regionales o nacionales que debido a su carácter público, normalmente no es suministrada por el mercado, o que este sólo suministra de manera ineficiente, por lo que su provisión queda fundamentalmente confiada a las decisiones políticas.", (Biehl, 1988, p.293).

Es a través de ellas, como surge y se establece la interacción espacial entre los nodos del sistema. De esta forma, el sistema urbano y su sistema de transporte que incluye las infraestructuras, articulan ese territorio, siendo estas últimas las que permiten "…las relaciones activas entre los agentes establecidos en sus distintas localizaciones.", (Herce, 1995, p.8).

Las infraestructuras, en función de la distribución espacial de los nodos y de la organización de sus conexiones, configuran redes, que pueden adoptar distintas formas espaciales.

Asimismo, añadiremos por la trascendencia en el sistema de transporte que las redes tienen dos dimensiones, los actores que están interconectados a ellas y las propias conexiones entre los nodos, en nuestro caso, las infraestructuras de transporte.

Entre los distintos tipos de redes, los tipos básicos más utilizados en el sistema de transporte son:

- La rede mallada o reticular, que cubre de forma regular el territorio, si bien, las únicas formas poligonales que permiten una implantación de forma regular en el territorio son el triángulo equilátero, el cuadrado y el hexágono. El resultado son formas de las redes ortogonales o geométricas.

  Su principal ventaja es que permite unir todos los nodos, o puntos de la red de transporte urbano, con una longitud total de los arcos inferior a la necesaria para unir todos los nodos dos a dos. Además, ofrece un gran número de itinerarios para conectar dos nodos. Esta configuración ha sido poco utilizada en las conexiones interurbanas.

- La red polar, se configura por líneas irradiadas a partir de un centro y sus movimientos se reducen a una alternancia de flujos centrífugos y centrípetos. Surgen redes en formas de estrella.

  Como principal característica diremos, que minimiza la longitud total de los arcos para dar servicio a todos los nodos. El principal inconveniente es que solo existe un

itinerario entre dos nodos. La red de ferrocarriles española se construyó con este modelo. El origen de todas las líneas de lared fue Madrid, con una configuración radial conectando las capitales de provincia, los puertos y las fronteras francesa y portuguesa, si bien, también hubo conexiones transversales entre Barcelona y La Coruña, y entre Barcelona y Algeciras, recorriendo todo el arco mediterráneo, y entre Gijón y Sevilla -la conocida *Ruta de La Plata*-, cerrada hace tiempo, y cuyo trazado data de la época romana.

- La red *hub and spoke*, muy utilizada actualmente, que se verá con mayor extensión más adelante.
- La red Multietapa (*Multi-Hop*), es una estructura habitual de las redes de ferrocarril, en las que sus líneas cuentan con bifurcaciones o empalmes hacia otras líneas. También se verá más adelante.

Otros tipos de red, poco utilizadas en el sistema de transporte, serían las redes arborescentes y las redes lineales (por ejemplo la red de ferrocarriles chilena, por la propia geografía de Chile). Una característica espacial sobre las redes que recorren algunos territorios muy dinámicos desde hace unas décadas y que nos parece adecuado señalar, es la superposición de redes sobre un mismo corredor, que como afirma Pesqueux (2002, p. 4), "…pueden llegar hasta el apilamiento físico".

Otro aspecto a considerar en la articulación del territorio es el de que no todas las infraestructuras lineales son iguales, ni utilizan los mismos mecanismos para realizar la interacción espacial. Respecto a esta cuestión, Taaffe et al.(1996, pp. 5-12), señalan una tipología de las líneas en función de su mayor o menor importancia y de las características de sus conexiones a las redes.

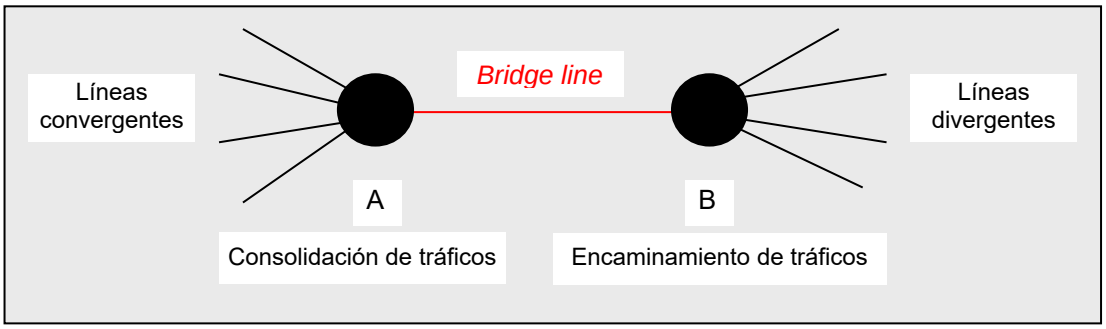
Siguiendo a estos autores, en una red se pueden identificar las líneas principales (*trunklines*) también denominadas corredores, calles principales, arteriales y líneas magistrales. Los criterios para determinar la importancia de las líneas principales serían la magnitud del flujo, la frecuencia de horarios, capacidad física, etc.

La mayoría de las restantes líneas de la red corresponderían a líneas alimentadoras (*feeder line*), que conectan distintos centros de un área determinada a la línea principal mediante bifurcaciones, que se enlazan a algunos puntos seleccionados de esa línea principal.

Por último, los autores señalan otro tipo de conexión, las líneas puente (*bridge line*), que existen en algunas redes, pero no en todas. Están diseñadas para realizar una función de transbordo y llevar a cabo el tráfico entre dos o más sistemas de transporte de mayor importancia.

En la figura (ver figura 3-1) se puede apreciar como convergen algunas líneas a un punto A, en el que se agrupan los tráficos en función de sus puntos de destino y, a través de la línea puente (*Bridge line*), llegan al punto B. Desde este punto los tráficos serán encaminados a las distintas líneas o redes que correspondan a sus puntos de destino.

Figura 3-1. Diagrama de una Línea Puente (Bridge line)



Fuente: Taaffe, E. J., Gauthier, H. L. and O'Kelly, M. E., 1996, figure 1.7(a), p. 12.
Elaboración propia

Por su parte, el concepto de nodalidad, designa el conjunto de caracteres relevantes de la morfología, el funcionamiento y las dinámicas de los nodos de transporte. Forma parte de la mayoría de los procesos espacio-funcionales como las interacciones, las difusiones, la movilidad, las concentraciones, las jerarquizaciones, etc. (Bavoux, 2005b, p.5).

Además, Bavoux también firma que un nodo se caracteriza por el número de ramificaciones. Las bifurcaciones son nodos con tres ramas, los cruces con cuatro y las estrellas con más de cuatro; asimismo dice que un nodo es un sistema que recepciona, conecta, gestiona y emite flujos más o menos variados, (Ibidem, p.7).

En cuanto a las actividades espacio-funcionales que Bavoux atribuye a los nodos, tenemos la de conexión, la de refugio a los vehículos, la de enlace, la de ruptura de carga, la de cambio de modo y la de cambio entre redes que operan a distintas escalas, (Ibidem, pp.8-10).

Es decir, los nodos estructuran los flujos pero, como se verá más adelante, también influencian la localización de empresas y empleos en función de sus características, aunque generalmente, es muy importante su accesibilidad y su conectividad[25].

Dentro del sistema espacial, las ciudades, en cuanto nodos del sistema nodal, son lugares de transferencia de escala, atravesadas o conectadas a los otros nodos por flujos intercontinentales, regionales y locales (intraurbana), como señala Thorez (2009, p.54), son agregados de nodos multiescalares anidados y los lugares de conexión y desconexión a las redes de diferentes escalas.

Otra cuestión que es necesario tener en cuenta es dónde se produce la transferencia de escala ya que se trata de un elemento importante de la estructura del nodo.

Generalmente corresponde también a puntos de ruptura de carga y cambio de modo. Dependiendo de su función encontraremos plataformas logísticas, centros integrados de mercancías, puertos secos, etc.,

Considerando que los nodos mayores corresponden a las grandes aglomeraciones, en función de su centralidad, población, renta, estructura empresarial, área de influencia, conexión a las redes intermodales y volúmenes de flujos, habrá implantado en el nodo, todos o alguno de los elementos citados.

Otra característica significativa de algunos nodos importantes, es su función de puerta de enlace (*gateway*), esto es, un punto principal de entrada y salida de una región o país.

La importancia estratégica de las puertas de enlace en la organización espacial de un territorio radica en que son los puntos sobre los que pivotan las conexiones del propio sistema territorial con otros sistemas territoriales.

En estos nodos, una de las funciones más importantes es la de realizar las operaciones de ruptura de carga y transbordo de mercancías. Otra función relevante es la ser una localización fundamental para los transitarios de transporte y la realización de sus operaciones.

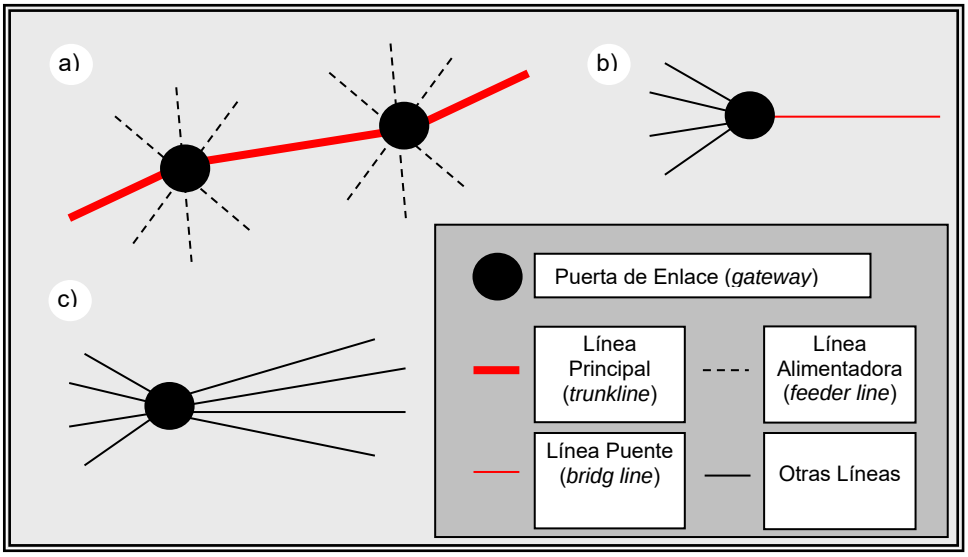
Generalmente, son nodos con elevada accesibilidad, aunque no siempre. Como ejemplo podemos señalar los principales puertos marítimos y aeropuertos internacionales.

---

[25] Precisaremos que el concepto de accesibilidad difiere del de distancia, aunque es un concepto espacial, "…puesto que integra las posibilidades ofrecidas por el sistema de transporte y comunicación. Como tal, permanece, sin embargo, un concepto puramente topológico, sin ningún contenido económico." (Burmeister, 2000, p. 46).

Es interesante la conceptualización de la proximidad como alternativa al espacio, en sus dos dimensiones, la espacial y la no espacial (Ibidem, pp. 46-48).

Figura 3-2. Tres tipos de Puertas de Enlace (gateway)



Fuente: Taaffe, E. J., Gauthier, H. L. and O'Kelly, M. E., 1996, figure 1. 11, p. 17. Elaboración propia

En la figura 3-2, podemos apreciar tres tipos distintos de puertas de enlace. En la figura a), los nodos se conectan a través de una línea central. Ambos nodos se conectan a otros nodos secundarios de la red mediante líneas alimentadoras que concentran y dispersan los tráficos.

En la figura b) convergen algunas líneas que concentran los tráficos sobre la puerta de enlace, y desde allí se encaminan los tráficos por una línea puente hacia otras líneas o redes más importantes. Por último, en la figura c) la puerta de enlace tiene varias líneas de entrada y salida.

Por otra parte, Huggett expresa la articulación del territorio afirmando, que una red de transporte y una jerarquía de lugares centrales, tienen estructuras espaciales intrínsecas y que estos sistemas espaciales muestran a la vez facetas funcionales y estructurales[26] (Huggett, 1980, p.30).

[26] En nuestra opinión las antiguas teorías espaciales de la geografía económica no han perdido totalmente su validez, se pueden obtener conclusiones e ideas aprovechables en las investigaciones.

Se coincide con Krugman, cuando trata de recuperar algunas teorías de la geografía económica como la localización de las actividades en el espacio y el desarrollo económico. Así, el autor afirma que "…acabé aludiendo a mi trabajo de modelización reciente, que a la vez parece validar e integrar bastantes de las tradiciones "proscritas" en geografía económica: la teoría del emplazamiento central, el enfoque de potencial de mercado y, en particular, la idea de causalidad circular acumulativa.". (Krugman, 1997, p.87).

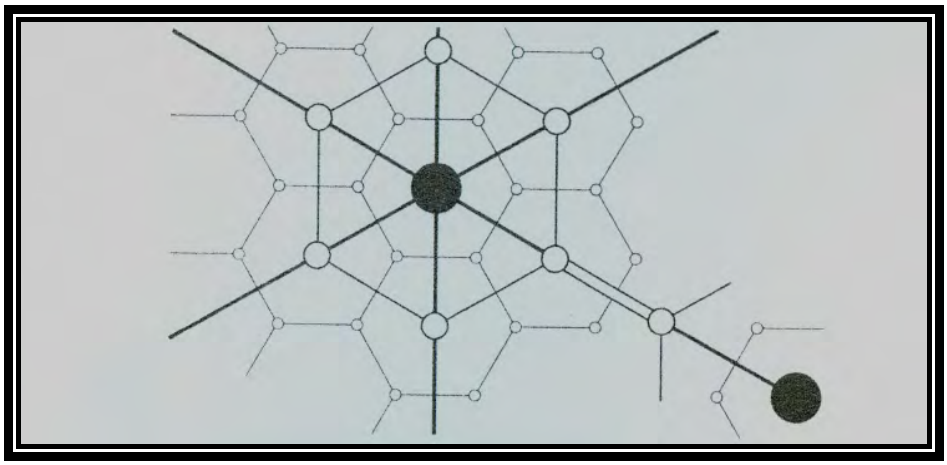
Lo que pretende este autor es integrar los temas espaciales dentro de la economía a través de modelos inteligentes que den sentido a las aportaciones de los geógrafos de una forma que cumpla con las exigencias de los economistas. Puesto que como señala, la literatura sobre economía urbana, no modeliza la relación espacial que existe entre ciudades, y la tradición geográfica, aunque es rica en revelaciones, no tiene fundamentos macroeconómicos. (Ver Krugman, 1997, pp. 81 y 85).

Krugman, ha realizado trabajos dentro de la nueva disciplina de la *Economía Geográfica*, en los que se examina, entre otras cuestiones, el efecto de que la actividad económica esté concentrada en ciudades que se expanden sobre un territorio. El carácter novedoso y atractivo de la denominada *Nueva Economía Geográfica,* es que incorpora en un modelo de equilibrio

Para Huggett (*ibidem*), la estructura de una jerarquía de un lugar central es creada por flujos de bienes y dinero entre unidades del sistema, pero los flujos están a la vez influenciados por la estructura del sistema.

Asimismo, afirma que la integración de forma y procesos, estructura y funciones, se ven en los sistemas regionales. Hay que puntualizar, que este autor utiliza el concepto de *jerarquía de lugares centrales* (ver figura 3-3) y la idea de *componente explícito o estructural* y *componente implícito o funcional,* todo ello desarrollado por W. Christaller, que subyace en la base teórica en su Teoría de los Lugares Centrales (1933), modificada y ampliada por A. Lösch en *The economics of location* (1940).

Figura 3-3. Red Jerarquizada de ciudades y áreas de influencia



Fuente: Mérenne-Schoumaker, 1996b, p.48.

Aquí precisamos que para Böventer, "…los *paisajes económicos* de Lösch resultan más apropiados para la producción secundaria en sus últimas fases de orientación hacia el mercado, y las jerarquías de Christaller son más útiles para el análisis de los comercios minoristas y de las empresas de servicios en el sector terciario." (en Berry, 1971, p.77).

Dentro de la Geografía Económica tradicional, ambos autores tratan de explicar teóricamente el tamaño y la distribución de los asentamientos humanos y las actividades económicas dentro de un sistema urbano en un espacio isotrópico.

En la actualidad, la teoría es poco aplicada por algunos problemas que no resuelve, como por ejemplo, evidencias de la importancia de las relaciones horizontales, no jerárquicas, y de la organización de algunas relaciones entre unidades urbanas en la formación de redes de ciudades.

---

general una explicación del por qué la producción no puede difuminarse homogéneamente a lo ancho de un espacio. Para más amplitud ver Sánchez gozález y Zofío prieto (2009, p. 12).

Sin embargo, Benko (2000, pp. 12-13), critica la Economía Geográfica de Krugman, al decir que es una economía mal especializada en el mismo sentido que se le criticó a Isard por la economía regional neoclásica. La crítica es por considerar el espacio como un plan homogéneo e isotrópico en el que sólo entran en juego las fuerzas de mercado, cuando para Benko, es la actividad humana, las relaciones humanas de todo tipo son las que constituyen la sustancia misma del espacio.

No obstante, también considera que las aportaciones de Krugman no son poco interesantes ya que detalla con elegancia mecanismos fragmentarios de la pura dinámica capitalista de localización de los cuales podemos sacar beneficios.

También recupera la herencia marshaliana, y empareja la economía regional con una teoría del comercio buscando las desigualdades regionales. Reconstruye, sobre la base de una teoría económica neoclásica modificada por los efectos externos de Marshall, la teoría estructuralista de las relaciones centro-periferia.

Como señala Vázquez Barquero (1996, p.91), dado que el desarrollo urbano es la dimensión espacial de la dinámica productiva, los sistemas urbanos tienden a ser cada vez menos jerarquizados y se estructuran en modelos territoriales de carácter policéntrico.

Sin embargo, “Los éxitos de esta teoría son innegables, pero la debilidad de la que adoleció a partir del momento de su nacimiento, era el carácter estático de la imagen que daba. El estatismo de la teoría estaba en contradicción evidente con el dinamismo de la realidad que debía describir y analizar.” (Shuper, 1999, p.1). No obstante, como afirma Beavon (1981, p. 19), “… sirve de base deductiva para comprender la estructura adoptada en la realidad por la localización y la operación de las actividades comerciales y de servicios.”.

La jerarquía urbana se refiere al tamaño de los centros urbanos y, de acuerdo a la teoría del lugar central, existe una relación directa entre los bienes y servicios de orden superior y los centros urbanos de mayor tamaño. Por lo que los lugares centrales además de asociarse a las actividades económicas y funciones urbanas centrales, se asocian a la existencia de las grandes ciudades debido a que requieren mercados de mayor tamaño que coinciden con los principales centros de población.

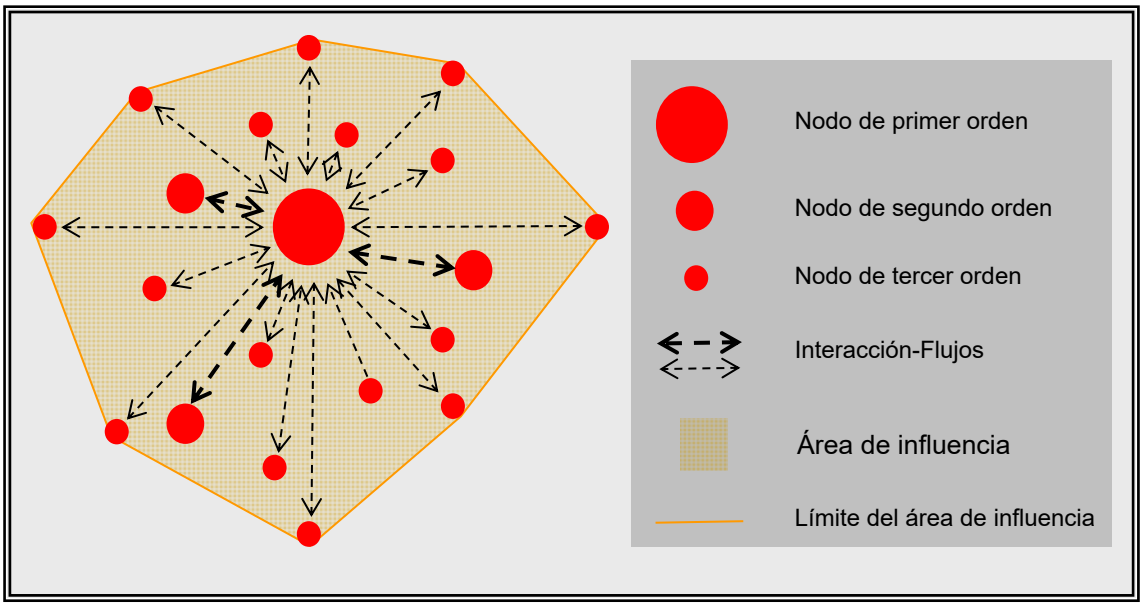
Por lugar central entendemos, en el contexto de esta teoría, la reagrupación o concentración en un mismo lugar de empresas que poseen áreas de mercado comparables para sus bienes y servicios.

Considerando las condiciones de producción y de consumo de los “diferentes” bienes y servicios, es como se construye la jerarquía de bienes y servicios; ésta parte de la noción de que todos los bienes y servicios no tienen la misma importancia: existen bienes o servicios de rango superior.

Ligado al concepto de lugar central, encontramos el concepto de área de influencia que es una zona polarizada por un centro, por un conjunto de relaciones (área de influencia de una ciudad), o por una categoría de relaciones (área de influencia industrial, comercial, etc.).

En el caso del transporte, el área de influencia de un nodo de la red o *hinterland*, viene definido por las relaciones que se establecen entre los elementos básicos estructurales del sistema de transporte, esto es, entre los nodos y las infraestructuras que los conectan.

Figura 3-4. Área de influencia de los nodos principales de las redes de transporte



Elaboración propia

La noción de influencia es difícil de precisar. Se mide a partir de las frecuencias (o de las probabilidades) de desplazamiento de los residentes de la periferia hacia el centro, cuando éstos aprovechan los servicios que éste ofrece.

Por lo que se refiere al transporte el área de influencia se medirá por la intensidad de las relaciones de interacción entre los nodos y sus territorios tributarios, así como por la extensión de estos (ver figura 3-4).

Las áreas de influencia tienen formas más o menos circulares, porque la probabilidad de frecuentación de un centro decrece en forma exponencial con la distancia a dicho centro.

Sus límites son fluidos, ya que, sobre las márgenes, las poblaciones se reparten entre varios centros que compiten entre sí, por lo tanto, las áreas de influencia pueden solaparse. Sin embargo, también existen límites, el punto de ruptura (*break point*), que se encuentra donde la influencia de un centro o nodo se hace inexistente, corresponde al alcance del área de influencia.

El crecimiento de la velocidad de los transportes y la multiplicación de las comunicaciones en red o a larga distancia, al disminuir la importancia relativa de las relaciones de proximidad en contigüidad, contribuyeron a debilitar la pertinencia del concepto de zona de influencia.

No obstante, sigue siendo útil para describir la organización espacial de los flujos de transporte y de frecuentación de los servicios por las poblaciones, en la escala regional.

En cuanto a la organización de la estructura espacial jerárquica, Chirstaller propuso tres formas en las que se puede organizar. La primera basada en el *principio de mercado* (modelo K= 3), la segunda en el *principio de transporte* (modelo K= 4) y la tercera en el principio administrativo (modelo K= 7). Es interesante, la jerarquía basada en el principio de transporte. El criterio de este principio es minimizar la longitud de carreteras necesarias para unir todos los pares de lugares adyacentes[27].

Para Chirstaller, "…en lugar de que un nuevo centro se establezca en el punto equidistante de tres metrópolis, lo hace entre cada dos de ellas. Aunque la distribución de áreas de mercado hexagonales que se obtiene de este modo difiere algo de la del principio de mercado, se logra una jerarquía que maximiza el número de centros asentados a lo largo de las principales rutas de transporte." (Berry, 1971, p.79).

En relación con el sistema de transporte los efectos de las estructuras jerárquicas son apreciables en todos los modos que conforman el sistema y a todas las escalas. La jerarquización de los nodos estará en función de las conexiones, infraestructuras e intensidad de las interacciones (flujos), que las distintas redes de transporte establecen entre ellos.

Citaremos tres categorías de jerarquías señaladas por Taaffe et al. (1996, p. 37-38), la regional, la intermetropolitana, y la interjerárquica. La jerarquía regional se estructura

[27] Krugman (1997, p.90), indica que la teoría del lugar central señala la disyuntiva entre economías de escala y costes de transporte. Las empresas con mayores economías de escala o menores cotes de transporte se concentrarían en un pequeño número de emplazamientos de nivel superior.

Señalaremos que existen economías de escala o rendimientos crecientes de escala en la producción de un bien cuando el coste medio de producción de ese bien disminuye, en el largo plazo, al aumentar la escala en que se lo produce. En el caso contrario, cuando los costes aumentan al aumentar la escala de la producción, se habla de deseconomías de escala.

entre las áreas metropolitanas dominantes de las regiones y los pequeños centros, conectadas a ellas.

Por su parte, la jerarquía intermetropolitana, se establece entre las principales áreas metropolitanas regionales, entre ellas se forman apretadas conexiones de redes que dominan los flujos nacionales de información, bienes y personas.

Por último, la estructura interjerarquica, se produce cuando pequeños centros de una determinada jerarquía regional están conectados a otros grandes centros de una jerarquía intermetropolitana.

A las tres estructuras señaladas, en nuestra opinión, sería necesario añadir una estructura jerárquica internacional, ya que las principales puertas de enlace (gateway) en relación a los flujos internacionales, presentan conexiones muy potentes, para poder desarrollar el comercio mundial.

Relacionado también con los conceptos ya vistos anteriormente, nos referiremos al área de mercado, nombrado en la Teoría de los Lugares Centrales, y a otros tres conceptos apreciables de la misma. Son el de el “rango”, el de “límite interior” y el de “límite exterior” de los bienes, denominados los dos últimos, según Beavon (1981, p. 31), “umbral” y “alcance” por B.J.L. Berry y W.L. Garrison en 1958, en su intento de formular de una teoría de las actividades terciarias.

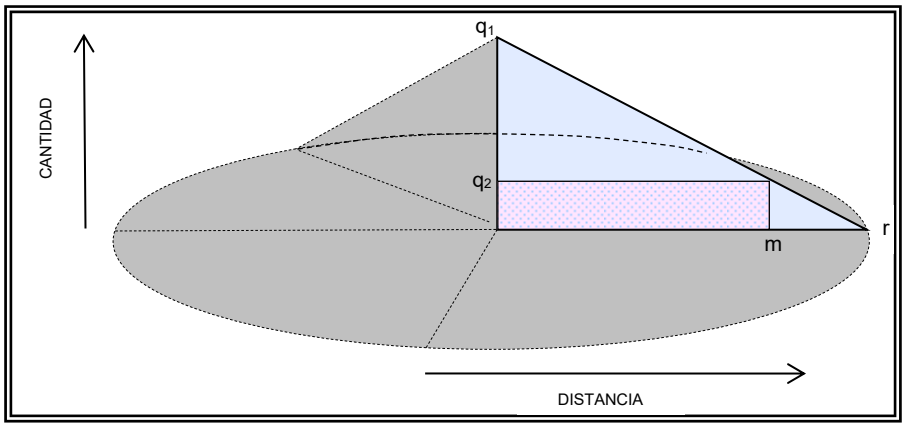
En la forma más sencilla del modelo de lugar central, todas las ciudades del mismo rango en la jerarquía, tienen la misma dotación de funciones y poseen todas las funciones del nivel inferior. Por lo tanto, si su población necesita de una función que no tiene esa ciudad, sólo la pueden conseguir de otra de rango superior (principio de mercado de Christaller). El espacio actúa como barrera y delimita las áreas de mercado. Así, el tamaño del área de mercado para cualquier bien o servicio de un determinado rango, tiene un límite mínimo y otro máximo. El límite mínimo, o umbral, es el volumen mínimo de demanda que debe existir de ese bien o servicio para que resulte rentable ofertarlo.

El límite máximo o alcance, define el límite externo de ventas para cualquier tipo de bien o servicio central y su determinante fundamental es el coste de transporte (ver figura 3-5).

Se recuerda que no hay que confundir el rango en la jerarquía de un lugar central con el rango de un bien o servicio, que es la distancia máxima que está dispuesto a recorrer un consumidor para adquirir ese bien o servicio. La dimensión del área de mercado de un establecimiento, suponiendo que el coste de transporte es el mismo en todas las direcciones, lo podemos establecer mediante la construcción del cono de demanda a su alrededor. Según, esta figura, la cantidad consumida decae a medida que aumenta la distancia, porque el precio pagado por el consumidor crece al incrementarse los costes de transporte.

A la distancia r, el coste del bien o producto es p+rt, denominado coste de aterrizaje (*landed cost*). Corresponde al coste total de la unidad de producto puesta en destino, (siendo p, el precio del bien o servicio y t el coste de transporte). En este punto, la cantidad consumida (q) será cero. Este es el máximo alcance posible del establecimiento. Por lo tanto, como hemos señalado, con costes iguales, el área de mercado ideal del establecimiento es un círculo perfecto de radio r. Una cuestión a considerar, como señalan Coyle et al, es que si el *landed cost* de un producto es inferior en una determinada localización que en otras, será allí donde se produzca una demanda para ese producto y, obviamente, para su transporte. (Coyle et al., 2000, p.43).

Figura 3-5. El cono de demanda espacial



Fuente: Berry 1971, p. 78, figure 3.3. Elaboración propia.

Por otra parte (ver figura 3-5), hay que tener en cuenta que según esta teoría, "…cada bien o función central ejercida desde un lugar central, tiene un área de mercado diferente y específica." (Torres, 2000, p, 1.299) y que "…la proyección de un lugar central sobre el territorio que lo rodea no se realiza de forma individualizada para cada bien, sino que tiene lugar por agregación de las áreas de mercado parciales. Así, el todo será superior a la agregación de sus partes, pues el papel de un lugar central queda reforzado al incrementarse, cualitativa y cuantitativamente, su área de mercado." (Ibidem, p.1.300).

En cuanto a la relación entre asentamientos e infraestructuras de transporte, para Shuper, "Es evidente que las transiciones entre las fases de urbanización y evolución de las redes de transporte coinciden siempre con los acontecimientos en evolución de los sistemas de lugares centrales. No puede reducirse a la evolución de otras estructuras territoriales…", (Shuper, 1999, p.17).

También, hay que tener en cuenta, como se verá más adelante, que la propia finalidad de la actividad del transporte y su carácter de flujo hacen que las infraestructuras, configuradas entre lugares, constituyan redes que a veces son muy extensas, favoreciendo el aumento de la complejidad de las relaciones entre infraestructuras y transformaciones socioeconómicas y sus efectos sobre el territorio.

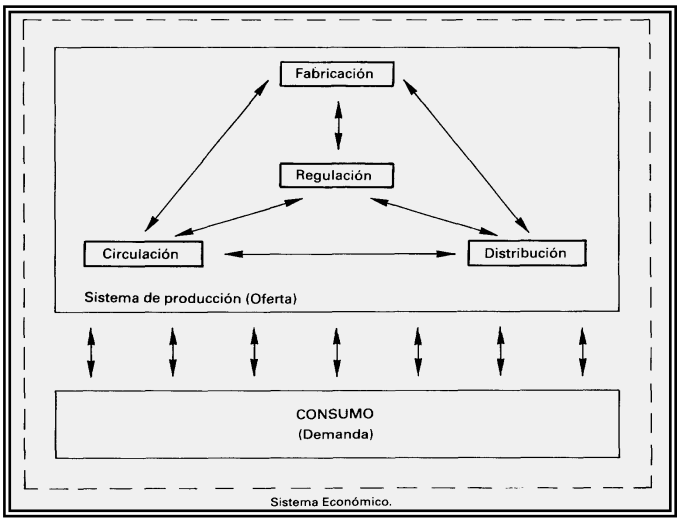
Así, en referencia al transporte de mercancías, podemos decir, como afirma Savy, que revela eficazmente las estructuras de los territorios que irriga, puesto que es un componente esencial de la organización y del funcionamiento del espacio, y la lectura de sus flujos son la llave para conocer la estructura espacial (Savy, 1993, p.125).

La importancia de las infraestructuras de transporte en la vertebración del territorio y el desarrollo regional radica en que son el soporte físico de la actividad económica, como señala Hanink, las rutas de transporte son un componente de la infraestructura económica y las infraestructuras de transporte son el armazón físico básico de la economía (Hanink, 1997, p.194).

Estas infraestructuras de transporte, entendidas como "la expresión física de los flujos de personas, mercancías, e información, cohesionan el sistema económico" (Dicken y Lloid, 1990, p.113), sustentan el tejido productivo, los intercambios de bienes y servicios, el consumo y la relación social.

Pero no sólo esto, si se considera que la forma en que se organiza la actividad económica en una sociedad es el sistema económico, se puede considerar, desde el enfoque de sistemas, que dentro de este sistema, existen distintos elementos con unas determinadas funciones cuyo objetivo conjunto es el funcionamiento de este sistema.

Figura 3-6. Articulación del sistema productivo (según CEAT)



Fuente: Gamir, A. et al. 1989, fig.1, p.127. http://www.ucm.es

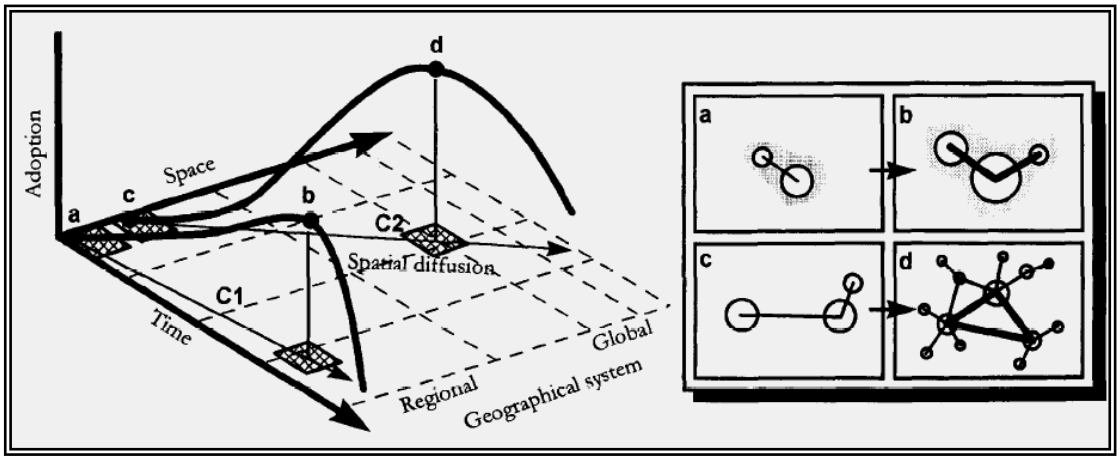
De esta forma, tenemos que el conjunto de las infraestructuras de transporte y otros elementos relacionados directamente con él (subsistema de transporte), desarrollan las funciones de circulación de dicho sistema económico (ver figura 3-6).

El sistema económico, como afirma Rodrigue et al (1996, p. 90), es la expresión de una red transaccional en la que ofrece, acumula y distribuye recursos, los cuales no son distribuidos uniformemente en el espacio y no son estables en el tiempo. Cuando se traspone el sistema económico al espacio, su dependencia del sistema de transporte se incrementa. Por ello, siguiendo a Rodrigue et al. (1996, p. 90), el sistema de transporte también está sujeto a los ciclos económicos y, además, al ciclo de "vida del producto"[28].

Los ciclos económicos cuando se trasponen al espacio difunden nuevas tecnologías y las estructuras de producción subyacentes dependen de cómo son estandarizadas esas tecnologías. Así, la tendencia generalizada es a minimizar costes, lo cual se consigue generalmente por la explotación de la ventaja comparativa del espacio con especializadas economías de escala (Ibidem).

Sin embargo, el concepto de ciclos aplicado al transporte requiere algunas modificaciones, porque su estructura espacial es mucho más compleja que la del modelo de industrialización/desarrollo de los países. La figura (ver figura 3-7) muestra una adaptación del concepto de ciclos con una dimensión espacial, donde los procesos de difusión tienen su origen en el centro (Ibídem).

Figura 3-7. Ciclos, espacio y transporte



Fuente: Rodrigue, J. P., Comptois, C. and Slask, B. (1996), figure 3, p. 90.

[28] Este concepto y su modelo fue desarrollado por T. Levitt (1965). El modelo costa de cuatro etapas: 1) Introducción; 2) Crecimiento; 3) Madurez; 4) Decadencia o declive.

En la figura, el ciclo C1 puede representar la difusión de un sistema de tráfico muy relacionado con el crecimiento y declive urbano, pero en competición con otros modos como el automóvil, el cual tiene sus propios ciclos. De (a) hasta (b), correspondería con las etapas de introducción, crecimiento y madurez; después de (b) la etapa de obsolescencia y/o competición causa un declive, en los viajeros. El ciclo C2 es más indicativo de un sistema de transporte que sirve el comercio internacional, por ejemplo el transporte de contenedores.

En un estado inicial (c), afecta a un área de servicio de limitada cobertura geográfica; la etapa de crecimiento y madurez provee un sistema de transporte que cubre una escala global y tiende a una minimización de costes con un *hub* como base de la estructura.

En las cuatro figuras adyacentes se muestra que las localizaciones estratégicas, de los nodos jerárquicamente más importantes, por ejemplo, son ocupadas generalmente primero y las localizaciones intermedias a continuación. Rodrigue et al. (1990, p. 90), afirman que es la lógica que hay detrás de la estructura de las redes *hub and spoke*, que se verán más adelante.

Manifiestan también los autores, que el desarrollo del transporte y la difusión espacial están muy relacionados. Así, el crecimiento y contracción del sistema de transporte está correlacionado con la difusión jerárquica de los procesos impuesta por la estructura de la red. Como entidades muy dinámicas, las redes son los agentes y, a la vez, los recipientes de la difusión espacial de los sistemas de transporte (Ibídem).

Las funciones de circulación del sistema económico (ver figura 6), como afirman Bailly y Maillat[29] (en Gamir *et al* 1989, p.127), "…permiten los flujos de mercancías, personas, información y financieros…" del *continuum* bienes-servicios, concepto más adaptado a la realidad socioeconómica que expresa la producción de bienes y servicios como una combinación de ambos.

La asociación de ambos elementos se explicaría porque, "…el sistema productivo se está deslizando gradualmente desde una economía de bienes a otra de funciones, en que las empresas producen combinaciones de bienes y servicios dentro de un *continuum* delimitado en sus extremos por los bienes puros y los servicios puros." (Barcet, Bonamy y Mayere, en Moreno y Escolano, 1992, p. 21).

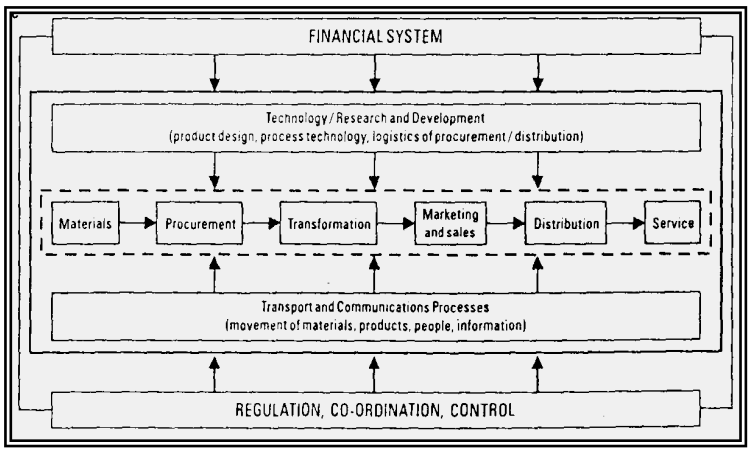
Sobre las funciones de circulación coincidimos con Savy (2007, pp. 16), en que la designación de los productos transportados con el término mercancías asigna al transporte una función esencial, que es asegurar la conexión entre el mundo de la producción[30] y el del intercambio, lo cual permite transformar los productos en mercancías.

---

[29] CEAT, Communauté d'etudes pour l'Aménagemen du territoire, localizada en Lausanne y dirigida por Bailly y Maillat en 1988. Hay que hacer notar que en la figura, las funciones de distribución, no se corresponden con la distribución física, sino con la distribución de servicios en un sentido más amplio, que incluiría los servicios públicos (sanidad, educación, cultura), servicios minoristas, reparaciones y servicios personales (hostelería, ocio, deporte,…).

[30] Es interesante el enfoque que Savy ofrece de forma general, sobre la clasificación de las operaciones técnicas de intervención sobre los objetos con fines económicos, esto es, de las operaciones de producción. Para el autor son la fabricación, cuya función es modificar la composición y/o la forma de los objetos. El transporte con la función de desplazarlos en el espacio. El almacenaje, que tienen la función de desplazar los objetos en el tiempo preservando sus cualidades. (Savy, 2007, p. 25).

Figura 3-8. Cadena básica de producción



Fuente: Dicken, P., 1998, fig. 1.1, p. 6

En la figura (ver figura 3-8), apreciamos como el transporte está presente en, cada etapa de producción, e impregna todo el proceso, como se verá más adelante, cuando se aborde el tema de la Cadena de Suministro.

El transporte, por lo tanto, es necesario en el aprovisionamiento de materias primas y productos semifacturados para el proceso productivo, y en la logística interna de la empresa, si bien en algunos casos no se puede considerar propiamente transporte, hasta llegar a la distribución del producto al cliente o consumidor final. A este respecto, Savy afirma que el desarrollo de la logística integral confirma que la producción es un sistema de flujos donde el transporte está omnipresente (Savy, 2007, p.18).

Asimismo, hay que tener en cuenta que la importancia de estas funciones de circulación ha sido manifiesta desde el mismo momento en que el hombre hace su aparición sobre la tierra, ya que permiten la interacción y los intercambios materiales y culturales entre grupos humanos.

De esta forma, por la propia configuración entre lugares de las redes de transporte, y su integración en el sistema de transporte, es interesante señalar que Ullman (en Potrykowski y Taylor, 1984, p.15), considera que el transporte es un indicador de las vinculaciones interregionales, y que su organización sirve como índice de la fuerza de estas vinculaciones y del intercambio espacial; subrayando el papel que interpreta en la formación espacial y el funcionamiento de sistemas económicos.

El citado autor define el concepto de “interacción espacial” [31] en 1954, derivándolo del concepto geográfico de “situación”. Hace referencia a los efectos de un área sobre otra y focaliza sobre las conexiones entre áreas, conduciendo a términos como “circulación” e “interdependencia regional” y, para aspectos específicos, a “difusión” o “centralización”. Pero matiza que el concepto de “interacción espacial” es más positivo y dinámico que los de “situación”, “relación” o “circulación”, (Ullman, 1980, p.13).

Este concepto hace referencia a la interdependencia entre áreas geográficas y comprende el transporte, tanto de personas, incluidas las migraciones, como de mercancías e información[32]. Pero los intercambios e interacciones no se producen por

[31] Ullman enuncias tres elementos como base para que se produzca la interacción espacial. 1) **Complementariedad** entre lugares, es algo básico en la interacción y sólo se manifiesta entre unos lugares con exceso de oferta y otros con demanda. 2) **Transferibilidad**, hace referencia a que la demanda no puede materializarse si no existe una ruta, un medio de transporte y un coste aceptable para vencer la fricción de la distancia, resistencia al movimiento en términos de tiempo y costes. 3) La **Oportunidad de intervenir** se refiere a la posibilidad de la modificación de los flujos entre dos lugares complementarios si existe un tercer lugar que ofrece una alternativa mejor en costes para esa interacción.

Para ampliar el concepto de interacción espacial ver *Geography as spatial interaction* de Ullman (1980).

[32] Son interesantes los parámetros de interacción en el transporte de pasajeros que describe Borgstrom (en Elliot, 1974, pp 315-324), desde la geografía del comportamiento. Motivación del

igual en el espacio. La dotación de infraestructuras, su densidad, calidad y nivel tecnológico, generan grandes contrastes intermodales e interterritoriales a todas las escalas y, sin ser determinante del desarrollo económico, son significativos porque "modifica la composición y localización de las actividades económicas" (Eichengreen, 1994, en Joignaux, 1997 p.25).

Por ejemplo, la función no lineal de los costes de transporte en relación a la distancia recorrida como consecuencia del intercambio modal y la ruptura de carga a lo largo de la cadena de transporte, favorece la localización de estas actividades en los puntos nodales de transporte intermodal en la red de transportes.

Como señala Méndez, estos puntos se localizarán "...a lo largo de las vías de comunicación de mayor calidad, capacidad y tráfico, aquellas que mejoran la accesibilidad y permiten una reducción de las tarifas, lo que favorece la formación de grandes corredores o ejes de crecimiento ocupados, sobre todo, por actividades industriales y de logística/almacenamiento, " (Méndez, 1997, p. 280).

En el caso de los sistemas locales de empresas, indica Vázquez Barquero (1996, p. 86), que "…normalmente, el surgimiento y desarrollo de la actividad productiva se suelen producir en localizaciones bien comunicadas…".

A su vez, afirma este autor que "La difusión territorial del sistema industrial genera, sin duda nuevas demandas de infraestructuras que permiten a las empresas mejorar la accesibilidad a los mercados, sí como sus niveles de productividad y competitividad" (Ibidem).

Es un hecho constatable que existe una fuerte correlación entre localización de infraestructuras de transporte y localización de actividades económicas.

Si bien, como señalan Peeters et al. (1998, p.1) el teorema de Hakimi establece que la búsqueda de una localización que minimice los costes a lo largo de una red puede estar limitada a los vértices de la red, lo que demuestra que la ubicación de las instalaciones depende de donde estén los nodos.

Asimismo, los autores señalan que las redes radiales pueden tener un impacto dramático sobre la localización que se traduzca en un número bastante reducido de empresas, al estar sobre los ejes principales. Por el contrario, una red mallada fomenta una configuración mucho más dispersa con bastante número de empresas. También afirman que la adición de una carretera periférica revela como la atracción del centro puede ser debilitada cuando existe una red radial (Ibidem, p. 3).

Con respecto a los principios orientadores de la localización de las redes de transporte, diremos que derivan de su propia tipología y finalidad, y que condicionarán, a su vez, la de otras actividades económicas. Las pautas de localización de las redes de transporte, su génesis y evolución, ha sido estudiado desde distintos enfoques geográficos, aportando, cada uno de ellos, aspectos sustanciales para la comprensión del hecho geográfico considerado.

Desde la teoría clásica, se explicó que la localización de las infraestructuras de trasporte obedece al balance coste-beneficios. Para DicKen y Lloid (1990, p.113), la localización de las redes de transporte, contemplada desde la teoría clásica, explica esta localización desde el punto de vista de la demanda, especialmente por el principio de complementariedad, y obedece al balance coste-beneficios. La respuesta se puede enfocar desde dos puntos de vista.

El primero, teniendo en cuanta los costes, fijos y variables, en la construcción del trazado. La relación entre estos dos componentes del coste puede explicar, en cierto modo, el diseño y la localización espacial de las redes de transporte.

---

viaje, la continuidad espacial, el plan temporal, las barreras económicas, la distancia socio-cultural y la percepción conjunta.

El segundo, considerando el coste, entendido, bien por el constructor que trazaría la ruta con la menor inversión posible y con una conectividad baja en la red, o bien por el usuario, buscando el menor coste para el mismo y resultando una red con alta conectividad, ya que la valoración será distinta en cada caso.

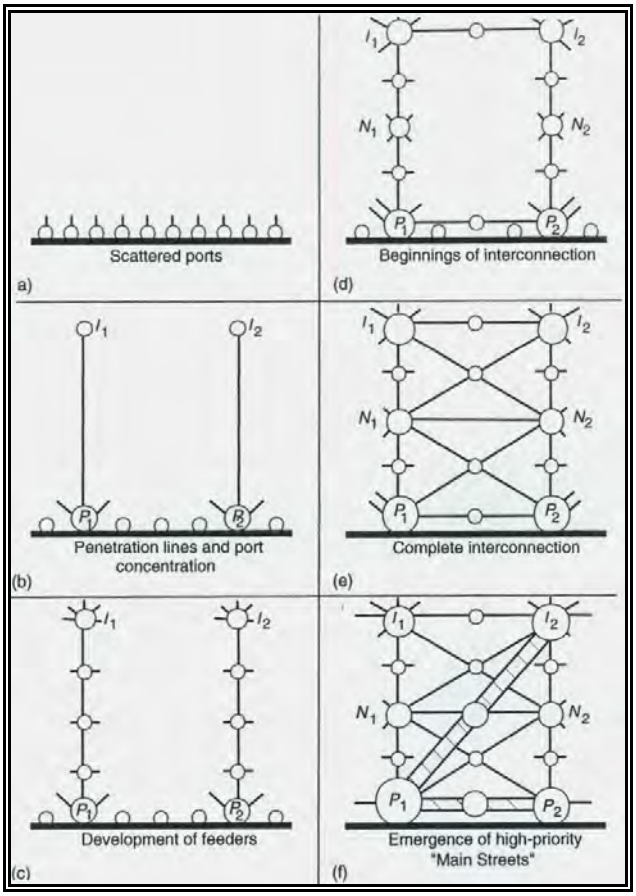
Para este autor la configuración óptima sería aquella que equilibrara los costes para el constructor y para el usuario, con unos costes de construcción bajos pero conectando los lugares generadores del tráfico.

Estos criterios llevarían a construir rutas rectilíneas, sin embargo, esto no se ajusta a la realidad, ya que existen desviaciones -positivas y negativas- relacionadas con la maximización de beneficios o con el medio físico que hacen que las rutas no se ajusten al modelo ideal. En el caso de la red española el medio físico y ciertos intereses hicieron que algunas líneas tuvieran desviaciones negativas con sinuosos trazados.

No obstante, las teorías clásicas adolecen de considerar sus análisis solo desde el punto de vista de la demanda, por lo que surgen otros enfoques posteriormente, como el estructuralista que consideran necesario realizar el análisis desde el punto de vista de la demanda y la oferta integradas. Esta configuración se explicaría si se busca la maximización de beneficios para el proveedor del servicio.

Más reciente Plassard, desde un enfoque social, como ya se ha dicho, considera que no es posible tratar las redes de transporte o comunicaciones independientemente de las sociedades en las que nacen y de cuya demanda surgen. De esta forma, la ideología dominante en la toma de decisiones, dependiendo de si su orientación es con criterios rentabilistas o de eficiencia, va a condicionar la configuración de las redes de transportes (Plassard, 1994, p. 521).

Figura 3-9. Fases del desarrollo de una red de transporte



Fuente: Taaffe, E. J., Gauthier, H. L. and O'Kelly, M. E. 1996, figure 1.33, p. 39.

Con respecto a la evolución de las redes y siguiendo en este enfoque clásico, el modelo de desarrollo de redes de trasporte de Taafe, Morrill y Gould (1963), muestra una secuencia del desarrollo de las redes de transporte en la que los núcleos que alcanzan una ventaja de localización inicial, la mantienen (ver figura 3-9) [33].

El origen de esta ventaja habría que buscarlo en la competitividad espacial entre los lugares que potencialmente puede comunicar la red. Como consecuencia de esto, los núcleos de mayor rango tendrán una red mejor conectada y con mayores frecuencias de servicios. A su vez, se establecerá una relación entre los precios diferenciales[34], de núcleos o regiones y los costes de transporte. Todo ello tendrá un marcado impacto sobre la especialización regional y la apertura de mercados, acentuando la especialización.

Para Savy, existen dos tipos de especialización regional. La primera la especialización complementaria, en que las regiones se especializan en actividades técnica y organizativamente independientes, cada una recibe los productos de grandes sectores de actividad de la que están relativamente ausentes. La segunda, la especialización de integración, donde por el contrario una región recibe tantos más productos de un sector económico, cuanto más comprometida esté con ese sector (Savy, 1993, p. 80).

Las ventajas comparativas que se pueden producir por la especialización, en términos de costes diferenciales y, los ya citados, costes de aterrizaje o *landed cost* (op. cit p. 109), tendrán influencia sobre el volumen exportado y, por lo tanto, sobre los excedentes de ingresos que podrían reinvertirse en mejoras en los sistemas productivos o del sistema de transporte.

Este modelo, que integra los procesos de desarrollo urbano y cambios en la accesibilidad, demuestra para Dicken y Lloid (1990, p.250), que los lugares que ganan alguna ventaja inicial en el desarrollo de sus redes de transporte tienen posibilidades de mantenerlas por el carácter acumulativo que tienen para las actividades económicas.

Por otra parte, Plassard (1994, p. 522) considera que las redes se han formado por acumulación de líneas. Ha habido una transición progresiva de la línea a la red, ligada a los avances tecnológicos y sociales, en función de los servicios que demanda una sociedad.

También hay que tener en cuenta que además de la tipología y finalidad de la red en cuestión, la capacidad generativa de flujos no es igual en el espacio, obedece a la interacción espacial entre lugares, mencionada anteriormente, que está en función de sus rangos, el lugar que ocupan en la jerarquía de lugares centrales, y de la resistencia a la fricción de la distancia.

La demanda va a jerarquizar las redes de transporte, ya que la idea de jerarquía no solo es aplicable a los nodos sino también a las redes que los conectan, "…dichas redes son siempre jerárquicas, en cuanto que están formadas por unas pocas líneas o rutas de gran capacidad y densamente utilizadas, y una gran cantidad de líneas o rutas secundarias escasamente transitadas.", Escalona (1993, p.305).

Otro aspecto a considerar sobre la demanda, ya nombrado, es la fricción de la distancia. La demanda decae en función de la distancia, es decir, presenta un efecto

---

[33] El modelo se desarrolla en un estudio de los autores sobre Ghana y Nigeria.

Otros modelos interesantes sobre las infraestructuras y el desarrollo son el de Hoyle (1973) de África Oriental, el de Debrie (2003) de África Occidental, el de Vance (1970) de América del Norte y el de Rimmer (1977) de Asia Oriental. Ver Steck, 2009, pp. 140-143.

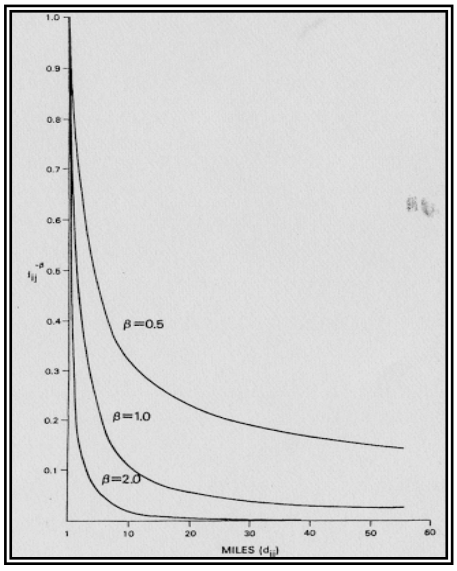
[34] Diferencias en los costes de producción de cada producto por una mayor productividad. Se podría asociar, por ejemplo, con el total de unidades producidas en cada país o región por persona y horas trabajadas, lo que también es afectado por los índices de mecanización de esa área.

inhibidor o de fricción sobre las interacciones humanas de todo tipo. Se suele considerar como un efecto combinado del tiempo y del coste asociado a superar la distancia. Se relaciona directamente con el concepto de transferibilidad de Ullman (ver nota 31).

La fricción de la distancia varía geográficamente, siendo menor en los territorios que tienen el sistema de transporte y de comunicaciones poco desarrollados, aunque en general, ha disminuido con los avances tecnológicos producidos en dichos sistemas.

En la figura (ver figura 3-10), la función está diseñada para reflejar el comportamiento real o la percepción en respuesta a la distancia. El eje de ordenadas ($d_{ij}^{-\beta}$), es el tamaño del efecto de disminución de la interacción entre los puntos i y j, cuando la distancia aumenta, *Miles* (d_{ij}), representada en el eje de abscisas.

Figura 3-10. Efecto de la distancia sobre la demanda



Fuente: Robinson, G.M, 1998, fig. 8.2., p. 228.

El exponente, *β*, Tiene el efecto de reducir la influencia de otros lugares cuando la distancia a ellos aumenta. Con *β*= 0 distancia no tiene ningún efecto, mientras que con *β*= 1, el impacto es lineal. Con valores de *β*> 1 disminuye rápidamente la interacción con esos lugares que son más remotos.

En cuanto a las causas del distinto grado de utilización de ciertas líneas de una red de transporte, algunas se pueden extraer de lo dicho por Hanink. Para este autor, la oferta y demanda de servicios de transporte a escala internacional son una función de la renta, y a escala nacional o regional de un país, mientras las rentas estén igualadas, la densidad de servicios de transporte es una función de dos variables, la población y la especialización económica. (Hanink, 1997, p.196).

No obstante, el citado autor también dice que los sistemas de transporte no siempre están sujetos a la demanda general generada por las poblaciones grandes, sino que, a menudo, se proveen debido a la demanda creada por la especialización económica determinada de un área. La especialización económica genera demanda de altas densidades de ciertos tipos de servicios de transporte. (Ibidem, pp.198-199).

A este respecto, Krugman, en su nueva teoría del comercio[35], como indica Black (2003, p.125), señala que las economías de escala son actualmente la mejor explicación para la especialización y el comercio internacional; y propone un marco de trabajo basado en las economías de escala, la diferenciación del producto y la competencia imperfecta.

Además, ahora, a diferencia de lo que ocurría en el marco de la teoría tradicional, como afirma Suárez Burguet (2007, p. 6), “los costes de transporte juegan un papel central en la misma justificación del comercio internacional, así como en la delimitación de los patrones geográficos de los intercambios.”

En cualquier caso, la consecuencia de la jerarquización es la mayor dotación de infraestructuras en determinados espacios. Existe una estrecha relación a escala

[35] Los costes de transporte se han incorporado a la teoría del comercio internacional, tanto en los modelos tradicionales basados en la ventaja comparativa, como en los que fundamentan la especialización internacional en la existencia de economías de escala.

mundial entre la densidad de infraestructuras y la renta regional que producen grandes contrastes territoriales.

En otro orden de cosas, es importante a considerar el avance de la tecnología a lo largo de la historia. Las sucesivas innovaciones tecnológicas en los medios y modos de transporte (y telecomunicaciones) han posibilitado que las interacciones espaciales entre lugares y personas se realizaran de una forma más eficaz y en un menor tiempo, reduciendo el efecto disuasor de la distancia.

Este proceso es el que D.G. Janelle denominó en 1968 convergencia espacio-temporal, como se verá en el punto siguiente, y D. Harvey en 1989 compresión espacio-tiempo.

También el desarrollo tecnológico ha transformado el concepto mismo de infraestructuras, de forma que junto a las convencionales, se incorporan otras, resultado directo de las nuevas tecnologías, como por ejemplo las autopistas de la información o el ferrocarril de alta velocidad. En este sentido, siguiendo a Plassard (1994, p.529), las nuevas tecnologías han tenido dos efectos: En primer lugar, han supuesto un incremento de las velocidades; en segundo lugar, un aumento de las capacidades.

La velocidad se ha convertido en una de las ventajas competitivas más importantes para empresas, nodos y redes, además de incorporar valor añadido a los productos. El valor que se le concede al tiempo, no al itinerario, incrementa a medida que lo hace la economía y, en este sentido, las redes de transporte responden a esta demanda social simplificando sus trazados, creando sistemas de transporte cada vez más cerrados y con accesos más limitados (Ibidem).

Igualmente, los cambios tecnológicos producen modificaciones en la disposición espacial de las redes que tenderán a la simplificación y a la reducción del número de nodos, así la accesibilidad de los núcleos de población estará en función de su pertenencia o no a una red importante (Ibidem).

Para este autor, dichos cambios van a producir un espacio discontinuo, polarizado y dual. Un primer espacio formado por los lugares conectados a las grandes vías de comunicación y un espacio banal formado por los no conectados, a consecuencia de lo que el autor denomina “efecto túnel” (ibidem)[36].

Además, económicamente, la simplificación de redes origina una concentración de flujos de transporte en los trayectos más rentables creando economías de escala, ya que al aumentar la distancia o el volumen del flujo el coste total del transporte disminuye, en tanto que los costes fijos se reparten para más distancia o volumen.

Según Plassard (1989, p.292), los transportistas, cualquiera que sea el modo y actividad, por las dificultades que presenta la rentabilidad, tienen que organizar sus redes, de forma, que incrementan la carga de algunos ejes con el máximo de su tráfico. Así mismo, este autor indica que la puesta en marcha de plataformas logísticas en el transporte de mercancías por carretera responde a la lógica de masificación de flujos (Ibidem, p. 293).

Sin embargo, conceptualmente esta masificación de flujos también es aplicable al transporte intermodal de mercancías, en el que uno de los modos sería el ferrocarril o, incluso únicamente a este modo, de forma unimodal.

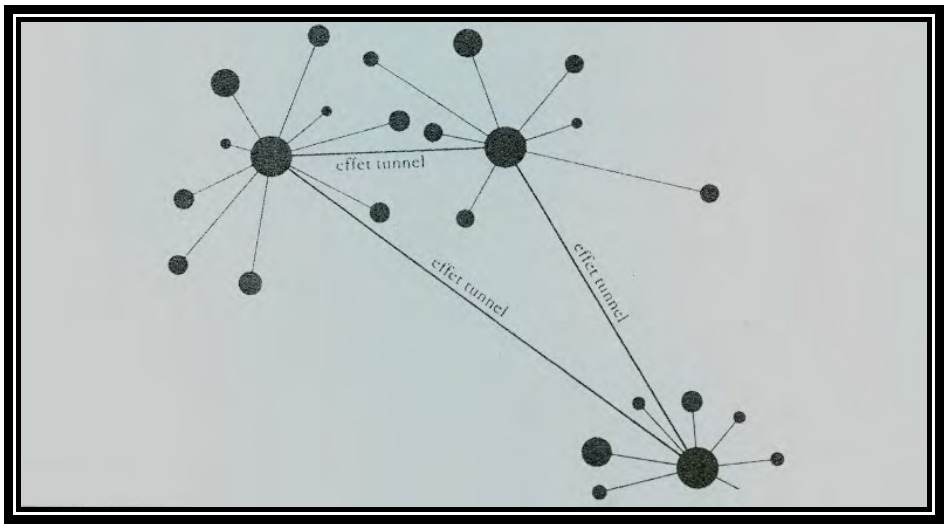
Así, en las plataformas logísticas regionales intermodales (se verán en el capítulo 4), entendidas como colectores de flujos ferroviarios y de carretera, se concentrarán los distintos flujos que provengan de otros centros emisores y también se distribuirán los flujos de mercancías a los mismos. Las conexiones o enlaces que unan esos centros colectores serán infraestructuras lineales, en el caso del transporte terrestre, las carreteras o los ferrocarriles.

[36] El concepto se presenta más extenso posteriormente.

A este respecto, un caso particular en los ferrocarriles que, en nuestra opinión es necesario señalar, es el de las *short line* americanas. Funcionan como líneas alimentadoras (*feeder*) de algunos nodos secundarios intermedios de la red. Así mismo, se está desarrollando en Francia un concepto nuevo en el ferrocarril, que es el de operadores de proximidad. Ambos conceptos se verán mas adelante en nuestro modelo.

Continuando con la simplificación de redes, otra consecuencia es su configuración espacial, con formas estrelladas en vez de las radiales tradicionales, de este modo se consigue asignar al menor número de itinerarios el mayor número de usuarios (ver figura 3-11).

Figura 3-11. Red en Hub and Spokes



Fuente: Mérenne-Schoumaker, 1996b, p.48.

Este sistema denominado *hub-and-spoke,* incrementa la conectividad de ciertos puntos de la red facilitando su interacción, está basado en las economías de red[37]. Busca la maximización de las economías de escala al generar economías de densidad por la consolidación de flujos y por los altos factores de carga que se utilizan.

Es una estrategia en la organización espacial y en las operaciones de transporte. Trata de alcanzar la rentabilidad económica en un contexto de globalización marcado por la fuerte competitividad.

Sin embargo, señalaremos que las interacciones entre *hubs* se verán afectadas por el ya nombrado "efecto túnel" (Plassard, 1994, p. 536-537). La consecuencia de este efecto será que en el espacio *interhubs* no se obtendrán los beneficios esperados en este tipo de red, al menos de una forma directa.

Hanink define este sistema como un método que organiza los flujos desde unos lugares centrales –*hubs*- que funcionan como intercambiadores de flujos mediante una serie de pequeñas rutas –*spokes*- que distribuyen esos flujos (Hanink, 1997, p. 212).

Su configuración permite la construcción de una red en la cual un gran número de conexiones directas pueden ser reemplazadas con un menor número de conexiones indirectas. De esta forma se pueden reducir y simplificar los costes de construcción, y centralizar las funciones básicas de manipulación y clasificación de las mercancías. Se aplica, sobre todo, a las redes de transporte aéreo y al tráfico de contenedores en rutas marítimas.

Para O'Kelly, las economías a escala obtenidas, debido a la consolidación de flujos, ofrecen una *raison d'être* para los sistemas *hub and spoke* (O'Kelly, 1998, 609). No

[37] Ver figura 3-19, p. 99.

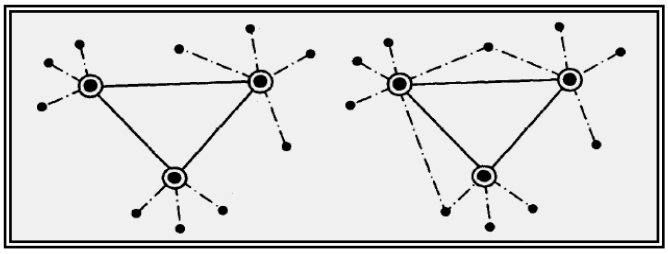
obstante, como señalan Taaffe et al. (1996, p. 375), este sistema también presenta claras desventajas.

La distancia total recorrida por una unidad de carga es mucho mayor que la absolutamente imprescindible, al encaminarse por los circuitos del sistema, incrementándose las toneladas-kilómetro o los paquetes-kilómetro de forma muy importante. También, a causa de sus mayores recorridos este tipo de organización espacial es muy susceptible a los altos precios de los carburantes.

Otra desventaja son las considerables inversiones necesarias en equipamiento del hub que tienen que atender fuertes picos de demanda en las salidas lo que podría generar la congestión del sistema, si no se cuenta con el equipamiento adecuado.

Los ejemplos (ver figura 3-12) muestran los dos tipos básicos de redes *hub and spoke*, se diferencian en la forma en que los nodos que no son *hub,* se asignan a los *hubs*.

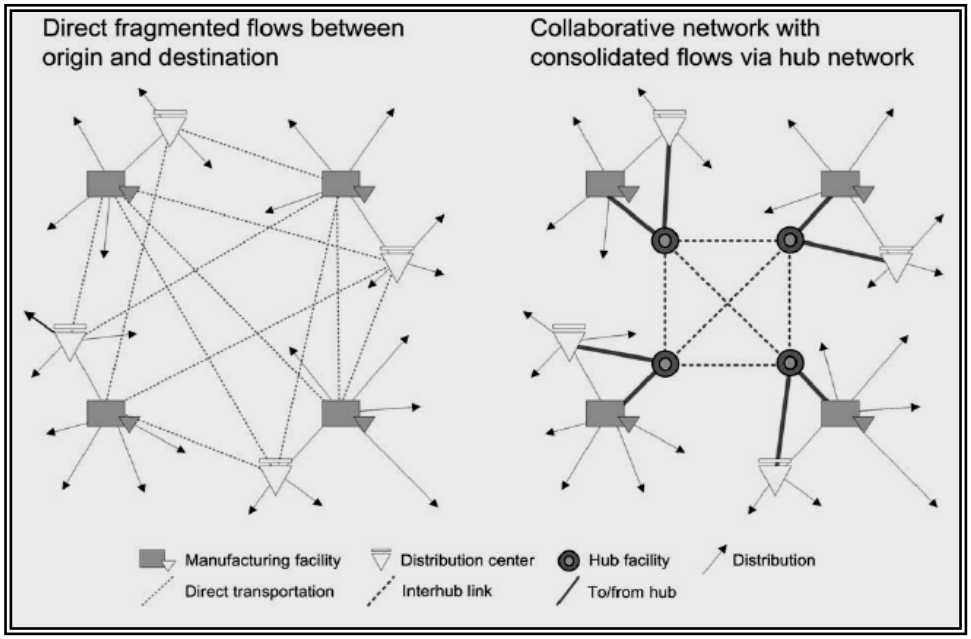
Figura 3-12. Ejemplos de redes hub and spoke



Fuente: O'Kelly et al. 1997, figura 1, p. 126

La red de la figura de la izquierda restringe la asignación de los nodos a un solo eje que se conecta a un único *hub* y todos los flujos de entrada y salida del nodo se dirige a ese *hub*. Por su parte, la red de la figura de la derecha, permite a un nodo interactuar con varios *hubs* a través de otros tantos ejes; los flujos de entrada y salida pueden encaminarse a través de alguno de esos *hubs*. En ambas figuras, los hubs están completamente conectados y todo el flujo debe ser enviado a través de ellos.

Figura 3-13. Flujos de forma fragmentada desde el fabricante al almacén al por menor y consolidación de los flujos usando una red "hub"



Fuente: Groothedde, B, Ruijgrok, C. y Tavassy, L. (2005, figura 1, p.569)

En la figura (ver figura 3-13), se ilustra lo dicho en los párrafos anteriores mediante dos situaciones. La figura de la izquierda corresponde a flujos de productos que son transportados en camión entre el lugar de fabricación y los almacenes al por menor. El

problema es que debido a las demandas en frecuencia, tamaño de los lotes y fiabilidad, la rentabilidad está bajo presión.

En la figura de la derecha se muestra que para evitar este tipo de configuración de flujos de los diferentes expendedores, pueden ser consolidados y transportados por una red *hub* de colaboración, en las se pueden lograr las economías de red, que se verá en el punto siguiente.

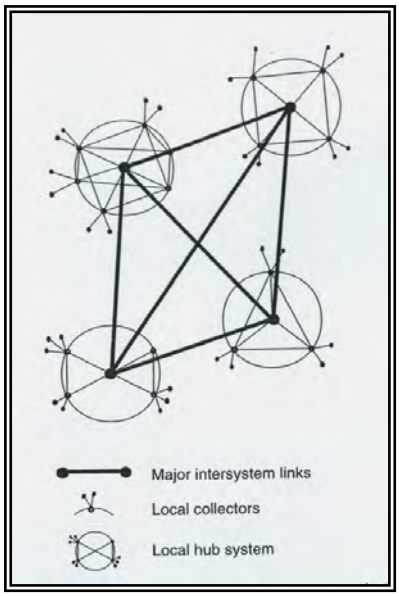
Los costes extra que son introducidos a consecuencia del incremento de los costes de manipulación y transporte, entre el lugar de fabricación y el *hub* de origen, entre los *hubs* y entre el *hub* de destino y el centro de distribución, puede ser compensado por las economías de escala del transporte entre los *hubs*.

La razón está en que los hubs principales se conectan entre sí mediante vehículos de gran capacidad y un conjunto de nodos secundarios, que sólo tienen conexión directa con alguno de los nodos principales y que son servidos mediante vehículos más pequeños y con menores frecuencias.

Con esta estructura de red, las empresas tratan de beneficiarse de las economías de escala que supone poder utilizar vehículos grandes, lo cual, puede hacerse sólo en segmentos con mucho tráfico. Los *hubs* principales tienen una gran demanda por parte de los usuarios, ya que el desplazamiento entre dos *hubs* secundarios debe hacerse mediante al menos una conexión con los principales[38].

No obstante, también habrá de tenerse en cuenta, que esta estructura de red obliga a los puertos, aeropuertos o plataformas logísticas que desempeñan el papel de *hubs* a disponer de suficiente capacidad para acomodar este diseño radial por parte de las empresas. Relacionado con el concepto -ya visto- de la jerarquía de los lugares centrales y con la asignación de nodos a los *hubs*, se puede apreciar que también este tipo de red al igual que el sistema de asentamientos posee una estructura jerárquica (ver figura 3-14).

Figura 3-14. Jerarquía del sistema hub and spoke



Fuente: Taaffe, E. J., Gautier, H. L. and O'Kelly, M.E., 1996,

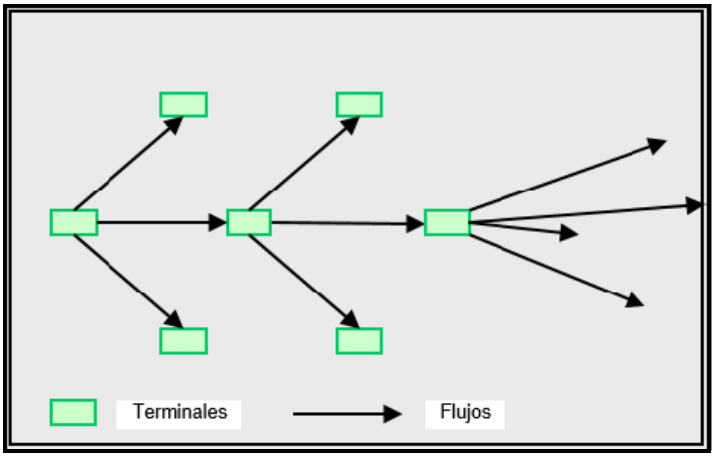
Este sistema jerárquico se construye asignando los centros pequeños al más grande que se encuentre más próximo, siendo este un nodo principal o primario. A su vez, dichos nodos serán asignados a determinados *hubs*.

El encaminamiento de los flujos de salida se realizará, de los centros pequeños a los nodos primarios, y de estos a los *hubs,* por donde circularán a través de todo el sistema. El encaminamiento de los flujos de llegada, obviamente se realizará a la inversa, cerrándose de esta forma el circuito.

Otro tipo de red, con interés desde el punto de vista del transporte de mercancías por ferrocarril es el que Hall (2003b, p. 580) denomina *Multi-Hop* (multietapa). En este tipo de red los cargamentos son transportados entre terminales mediante etapas (o saltos), recibiendo algún nivel de tratamiento en las terminales o estaciones de clasificación en cada etapa del recorrido (ver figura 3-15).

[38] Para más información sobre el problema de la localización de los *hubs* en las redes *hub and spoke* es interesante el artículo de Alumur, S. y Kara, B. (2008) *Network hub location problems: The state of the art.*

Figura 3-15. Red Multietapa (Multi-Hop)



Fuente: Hall, R. W. (2003), fig. 15.12., p.581. Elaboración propia

Esta operativa de transporte es más adecuada cuando los envíos son transportados en contenedores que no son abiertos durante las paradas intermedias en las terminales.

Un ejemplo sería una red de ferrocarril en la que los trenes circulan de una estación de clasificación (o terminal) a otra. Los vagones sólo se clasificarán (se ordenarán) si es necesario descomponer el tren en lotes según su destino, para formar nuevos trenes lotificados por destino y cliente, y encaminarlos a las distintas terminales de destino.

Como señala Hall (Ibidem), esta operativa también se ha utilizado en las redes de transporte regional por carretera, donde la mayoría de los envíos viajan distancias cortas para alimentar los *hubs* regionales y, por lo tanto, en la mayoría de los envíos muchas veces no se manipulan.

La principal ventaja de este tipo de red es la de posibilitar las jornadas de los maquinistas de los trenes o los conductores de camiones realizar jornadas de trabajo acordes con las normativas vigentes.

Hasta ahora se ha hablado de infraestructuras de transporte, pero hay una cuestión, que está implícita en lo dicho y a la que no se ha aludido explícitamente, sin embargo, se infiere de ello. Se trata de los efectos que las infraestructuras y, por extensión, el sistema de transporte, tienen sobre el territorio en el que se implantan. Esta cuestión es la que se abordará en el punto siguiente.

3.2. EFECTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE SOBRE EL TERRITORIO

Dadas las importantes consecuencias que las infraestructuras tienen para los territorios, no podemos pasar por alto en este trabajo referirnos, de forma sucinta, a los tipos de efectos y la trascendencia que pueden tener para esos territorios. Es sabido que la creación de nuevas infraestructuras, la mejora de las existentes y el nivel de servicio que se oferta en esas infraestructuras, producen impactos sobre los territorios que pueden condicionar el desarrollo regional y el planeamiento urbano. También tendrán consecuencias sobre el medioambiente y la calidad de vida de su población.

Matizaremos, de acuerdo con Plassard, que es difícil dilucidar a la luz de las observaciones empíricas una respuesta clara y, en parte definitiva, a la cuestión de las consecuencias de una nueva infraestructura de transporte sobre el territorio, ya que los efectos esperados son poco seguros y poco reproducibles (Plassard, 2003, p. 49).

Para este autor, de esto se pueden extraer dos lecciones, que cada infraestructura es un caso específico en sus modalidades de articular el territorio y que es necesario tener en cuenta la multiplicidad de escalas espaciales (Ibidem, p. 50).

Hecha esta matización, continuaremos la cuestión que da título al punto actual.

Los efectos o impactos se pueden clasificar en directos e indirectos (secundarios). Los primeros se planifican y son los efectos deseados o buscados con la creación o mejora de las infraestructuras; los segundos son los que no pueden preverse con exactitud, pero pueden surgir con esas actuaciones.

Entre los efectos indirectos destacamos, por su importancia y por el alcance de los mismos, ya que pueden impactar a diferentes escalas, los producidos por el transporte o por los procesos de producción que tienen consecuencias medioambientales. Por ejemplo el *smog* a escala local, la lluvia ácida a escala regional y el efecto invernadero a escala global.

La lluvia ácida producida en un determinado país afectará a todo el continente y el efecto invernadero que se origina en los países más desarrollado afecta por igual a lo menos desarrollados, que pagan así las externalidades negativas sin beneficiarse, en cambio, de las positivas.

Puntualizaremos que las consecuencias sobre la calidad de vida y el medioambiente son conocidos como costes sociales del transporte, también son denominados por los economistas costes externos. Ambos conceptos hacen alusión a los daños que, en general, no son soportados por quienes los causan.

Entre los efectos de las infrastructuras de transporte, por ejemplo, podemos destacar de forma amplia, la incidencia sobre el rendimiento regional incrementando el PIB; el incremento del empleo, esencialmente en el sector de la construcción; la reducción de costes y el aumento de la eficiencia de las empresas aumentando su competitividad; el incremento de la movilidad y de la calidad de vida de la población y la estructuración y ordenación del territorio.

En cuanto a las fases de desarrollo del análisis de los efectos de las infraestructuras de transporte sobre el territorio a lo largo de los últimos tiempos, siguiendo a Plassard, diremos que analizando el conjunto de las investigaciones sobre los efectos socioeconómicos de las infraestructuras de transporte, se pueden apreciar las grandes líneas de una evolución que parte de una concepción muy simple, causa-efecto, a una visión cada vez más compleja, causa-estímulo-respuesta, (Plassard, 1997, p.42).

Distingue este autor, de manera grosera, tres etapas, los efectos sobre el desarrollo económico, las transformaciones espaciales inducidas y las transformaciones del espacio social, que no corresponden, más que de forma parcial, a etapas cronológicas.

Los primeros trabajos de los efectos sobre el desarrollo económico, realizados en Estados Unidos a partir de los años sesenta del pasado siglo y apoyados la mayoría de ellos en modelos econométricos, trataron de evaluar las repercusiones de la puesta en servicio de nuevas infraestructuras de transporte sobre las principales variables macroeconómicas, tales como la producción la renta o el empleo, (Ibidem).

En este punto, consideramos importante advertir que “Todo intento de evaluar la contribución de la infraestructura al desarrollo regional implica también el riesgo de reducir arbitrariamente una red múltiple de causas y efectos a unas pocas relaciones que se consideran de mayor importancia.”, (Biehl, 1988, p.293). Posteriormente, la cuestión no fue únicamente conocer el eventual suplemento de riqueza producido por una nueva infraestructura, sino qué nuevas estructuras espaciales podían aparecer como consecuencia de su puesta en servicio. (Plassard, 1997, p.43).

El origen del interés por las transformaciones espaciales inducidas surge como resultado de la debilidad de los efectos identificados, en términos de crecimiento de la renta o de la producción. Se centra principalmente en el estudio de la relocalización de actividades industriales, en los factores de localización y en la evolución de las áreas de mercado.

Fundamenta la hipótesis de que las condiciones de transporte son un elemento, sino determinante, al menos muy importante entre los factores de localización, (Ibidem).

Más tarde, a causa de las insuficientes identificaciones de los efectos de las infraestructuras mediante la utilización de estos dos enfoques se amplía el análisis, solo de los aspectos económicos, a la identificación de las transformaciones socioespaciales que producen las infraestructuras de transporte, sobre todo, el comportamiento de los individuos y de los grupos (Plassard, 1997, p.44).

Con respecto a los análisis de los efectos de las infraestructuras de transporte, propiamente dichos, como señala López Asio (1982, p.107), las recomendaciones del Consejo de Europa se basan en una doble concepción:

La primera, basada en análisis de experiencias de economía aplicada, se orientan a la observación concreta de de los siguientes efectos:

- Transporte y mecanismo de mercado.
- Transporte y localización industrial.
- Modelos de desarrollo.
- Modelos prospectivos.
- Análisis de sistemas.

La segunda se orienta más hacia el lado práctico mediante:

- Estudios de comportamiento de las unidades económicas.
- Estudios de sintomatología y diagnosis.

No obstante, lo dicho en el párrafo anterior, dentro de una estructuración general del estudio del impacto de las infraestructuras de transporte, el citado López Asio (1982, p108) realiza una clasificación tipo con las siguientes etapas:

1. Análisis derivado de la evaluación del coste directo. Igualmente podría introducirse una variable nueva basada en la evaluación de los tráficos inducidos y generados por la infraestructura (se generan economías externas).
2. Estudio de los impactos socio-económicos de difícil y dudosa cuantificación: puestos de trabajo, modificaciones en las industrias, localización de nuevas industrias, etc. (economías externas).
3. Estudio del impacto ambiental: usos del suelo y medio ambiente.

También señala López Asio, que la división básica de efectos se reduce, en la clasificación más simple, a efectos directos y efectos indirectos. Los primeros son de fácil medición y cuantificación, y están relacionados con los flujos de tráfico, ahorros de tiempo, construcción, etc. Los segundos son los que se generan sobre el resto del sistema económico, (Ibidem).

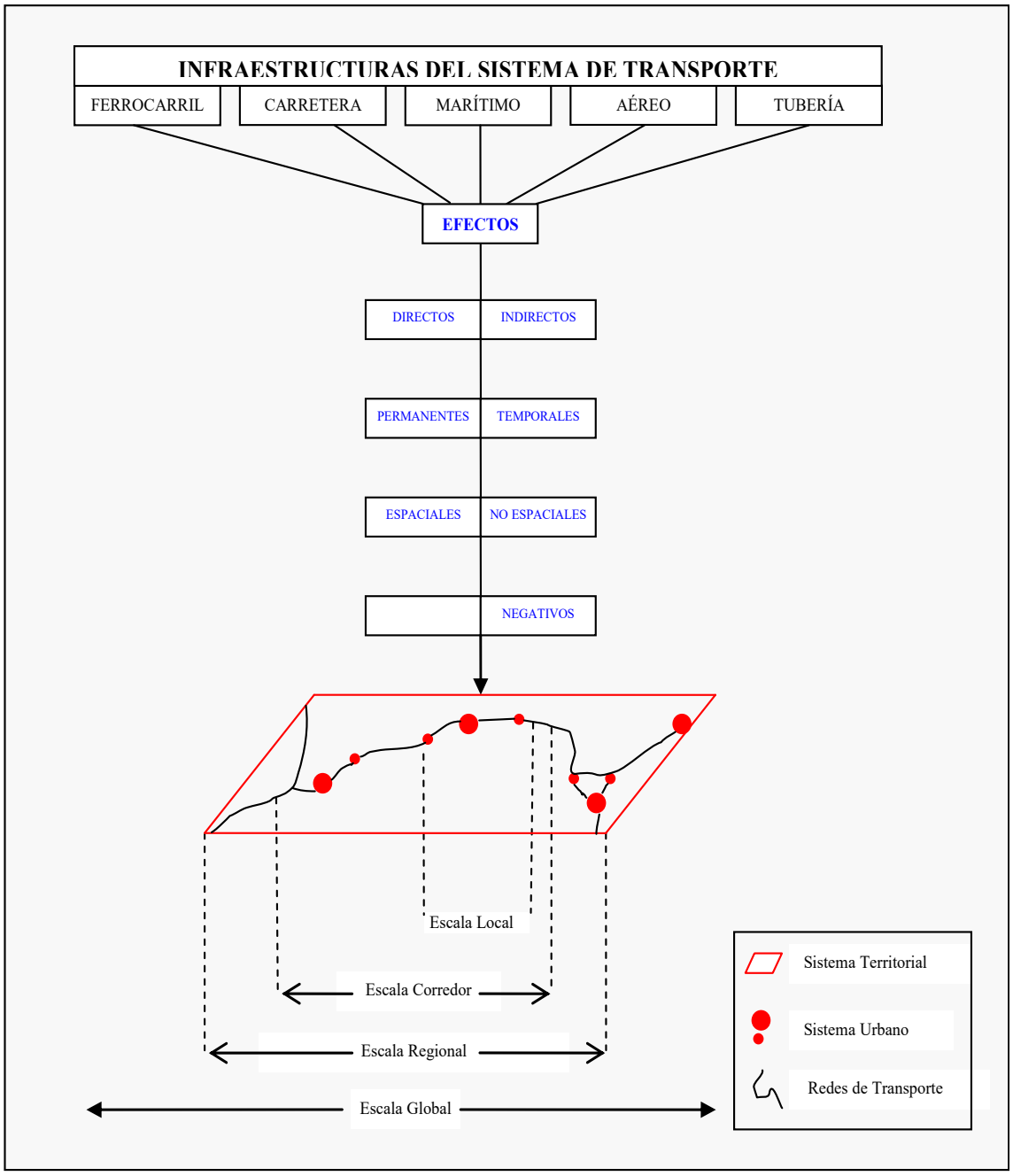
Para facilitar la comprensión y clasificación de los efectos de las infraestructuras de transporte se presenta una esquematización sencilla en la figura siguiente (ver figura 3-16).

Más completa es la clasificación que ofrece Ureña (ver cuadro 3-1), pero se coincide con el autor en que no existe una clasificación completa y consistente de todos los tipos de efectos, aunque ha habido intentos para casos concretos. Para el citado autor, el objetivo o el uso del estudio, condiciona el tipo de efectos que se consideran, (Ureña, 1979, p.38).

Siguiendo al citado autor, la infraestructura en sí, tiene unas determinadas relaciones con el territorio, el servicio al que da acceso dicha infraestructura presenta relaciones también con el territorio, así como, el tipo de acceso al servicio potencial de la infraestructura en sí (Ureña, 1979, p.34).

Es interesante añadir, que Oosterhaven y Knaap (2000, p.3), consideran igualmente los efectos directos y los indirectos, así como, los temporales y los permanentes, pero añaden los comerciales (vía mercado) y no comerciales o efectos externos.

Figura 3-16. Efectos de las infraestructuras de transporte



Fuente: Elaboración propia

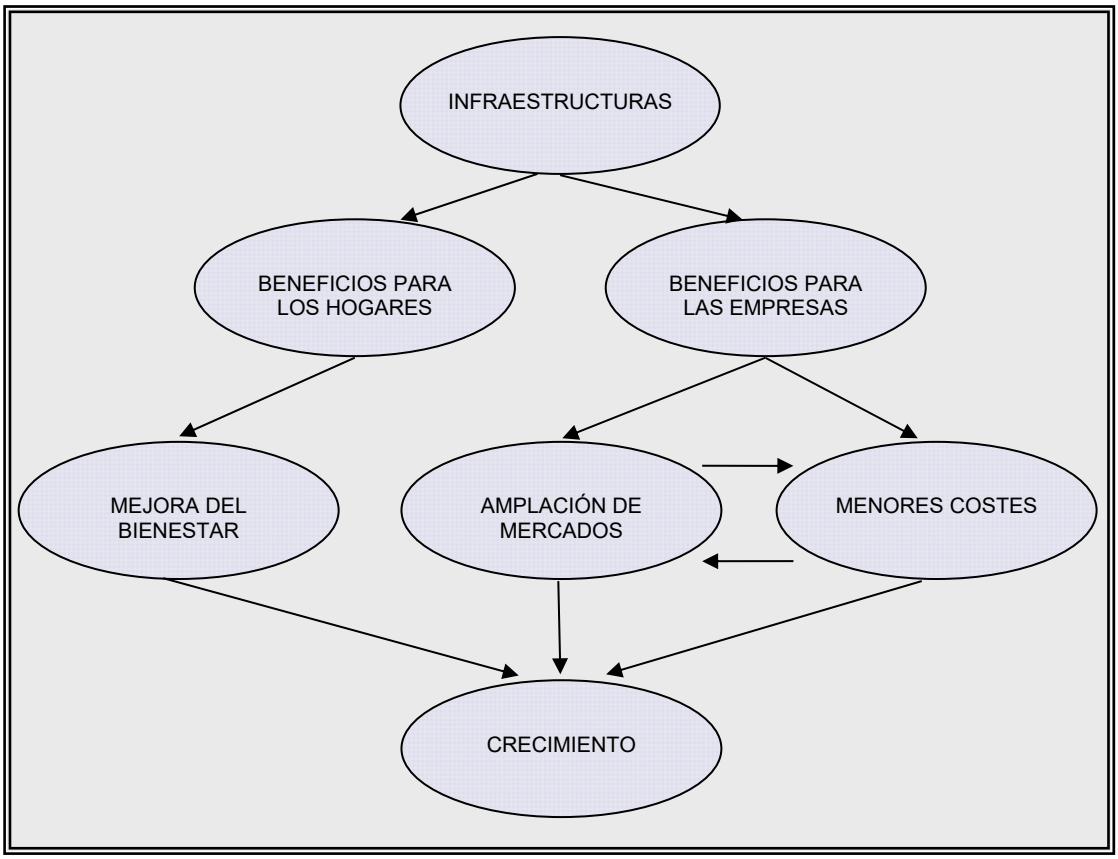
El efecto directo de las inversiones en infraestructuras de transporte es la mejora de las condiciones de viaje para los usuarios. También podría haber otros efectos socioeconómicos sobre los niveles de accesibilidad con la relocalización de actividades productivas, la cantidad y localización del empleo, la inclusión social, el aumento de la eficiencia del sistema de transporte y que podrían contribuir a la regeneración de regiones deprimidas.

Cuadro 3-1. Efectos de la construcción, explotación y obsolescencia de las infraestructuras sobre el territorio

EFECTOS DE LAS INFRAESTRUCTURAS SOBRE EL TERRITORIO	
TIEMPO	Los efectos son distintos a lo largo del tiempo (corto, medio y largo plazo). Las etapas que hay que considerar son: decisión y proyecto, construcción, funcionamiento y obsolescencia.
ESPACIO	Efectos sobre los distintos ámbitos espaciales (distintos territorios): municipios, comarcas, regiones, etc.
SECTORES Y COMUNIDADES	Se pueden considerar los efectos: 1º.- De manera agregada, sin hacer referencia sobre quién o sobre qué sectores. De manera desagregada, definiendo sobre quién o sobre qué sector. 2º.- Por agrupación temática, con dos alternativas: 2.1.- Dividir los efectos en sociales, físicos y económicos. Algunos autores añaden políticos, culturales, etc. 2.2.- Clasificar los efectos en relación o apartados que son considerados por un plan territorial por su utilidad para la gestión de la planificación.
TIPO DE RELACIÓN CON LA INFRAESTRUCTURA	Según el tipo de conexión con la infraestructura o el servicio que esta presta: 1.1.-Efectos Directos o primarios, debidos directamente a la infraestructura. 1.2.-Efectos indirectos o secundarios, debidos a las actividades o sectores conectados con dicha infraestructura. Según las actividades con la que está conectada la infraestructura: 2.1.-Efectos sobre los *imputs*, o efectos hacia delante. 2.2.-Efectos sobre los *outputs*, o efectos hacia atrás.

Fuente: Ureña, 1979, p.38 y 39. Elaboración propia

Figura 3-17. Cómo las infraestructuras contribuyen al desarrollo



Fuente: Prud'homme, 2004, figura 1, p.15. Elaboración propia

En la figura (ver figura 3-17), Prud'homme (2004, p.15) indica el impacto de las infraestructuras en el desarrollo, vía hogares y empresas, los consumidores de infraestructuras y servicios relacionados, y lo hacen a través de tres mecanismos:

- Para los hogares, la infraestructura y los servicios relacionados mejoran su bienestar. Muchos economistas, consideran que la mejora del bienestar de los hogares es parte del desarrollo, incluso, si ello no contribuye al crecimiento.
- La oferta de infraestructuras reduce los costes de algunas de las entradas (imputs) como la energía el transporte o las comunicaciones usadas por las empresas y tienen un impacto directo sobre e Producto Interior Bruto.
- El más importante, quizás, es la ampliación de los mercados. Se aplica sobre los mercados de bienes y de empleo, incluso sobre los mercados de capitales (vía infraestructura de comunicaciones). Tiene también un impacto directo sobre el Producto Interior Bruto.

Como es sabido los efectos de las infraestructuras de transporte en el desarrollo de los territorios han sido objeto de estudio durante muchas décadas y no se le dedicará una especial atención. Otros efectos socioeconómicos indirectos, que cobran cada vez más una dimensión a escala mundial, como se verá más adelante en el apartado sobre transporte sostenible (4.2), son los efectos externos medioambientales y sociales.

Entre los costes externos, podemos considerar la polución del aire, la contaminación del agua y el suelo, la contaminación acústica, el efecto barrera de las infraestructuras, los costes de la congestión (tiempo, consumo energético y polución), los accidentes, la exclusión social de ciertos grupos humanos, etc.

Señalar también que para Oosterhaven y Knaap (2000, p.3), son menos discutidos, pero igualmente importantes, los efectos indirectos vía oferta o efectos de exclusión, a través del mercado de capitales, como consecuencia de la necesidad de financiación, y con el mercado de trabajo, como consecuencia del diseño sobre segmentos espaciales y ocupacionales específicos (ver cuadro 3-2).

Cuadro 3-2. Tipo de efectos de las inversiones en infraestructuras de transporte

EFECTOS DE LAS INVERSIONES EN INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE			
		TEMPORALES	PERMANENTES
DIRECTOS	Vía mercados	Efectos de la construcción	Efectos de explotación y ahorro de tiempo
	Efectos externos	Efectos medioambientales	Efectos medioambientales, de seguridad, etc.
INDIRECTOS	Vía demanda	Efectos económicos hacia atrás	Efectos económicos hacia atrás
	Vía oferta	Efectos de exclusión	Efectos sobre la productividad y la localización
	Efectos externos	Emisiones indirectas	Emisiones indirectas, etc.

Fuente: Oosterhaven y Knaap (2000, tabla 1, p.3). Elaboración propia

Existe una gran dificultad en establecer las relaciones entre sistema de transporte y economía, dado que son numerosas las influencias de otros factores en estas relaciones. La influencia del transporte sobre la economía se puede apreciar en la mejora de las infraestructuras de transporte, puesto que sus efectos de harán notar en los costes de transporte.

Unos costes más bajos, permitirán mayor cantidad de viajes o que sean más largos, con la misma cantidad de trabajo, equipo y energía[39]. Esto supondrá la posibilidad, en función también de otros factores, de incrementar la producción de las empresas, lo que a su vez, conducirá a una mayor demanda de infraestructuras, más inversión en las mismas y un crecimiento de la producción de esa área. De este modo, el transporte también influirá sobre el sistema económico.

Sobre los efectos económicos de las infraestructuras es importante hacer referencia al concepto de economías de red, basado en los conceptos neoclásicos de economías de escala, desde el punto de vista de la oferta, y economías de alcance, desde el punto de vista de la demanda[40]

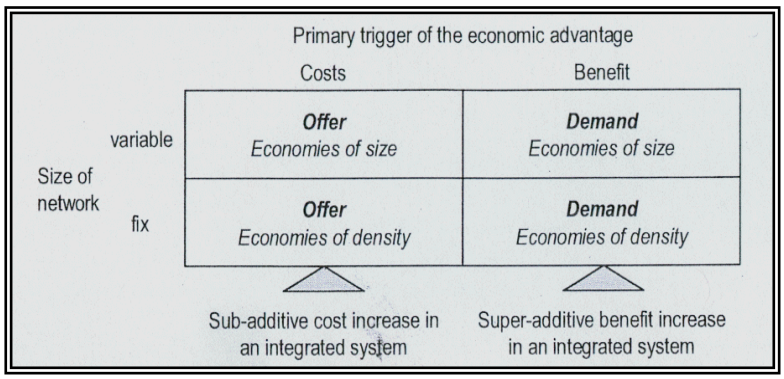
[39] Generalmente, la elasticidad de precio de la demanda para el transporte está entre 0 y - 1. Si la elasticidad del precio es 0, el número de viajes no varía; por el contrario, si la elasticidad se hace más flexible, hay un ahorro en medios de producción que puede ser utilizado en otra parte del proceso de producción que permitiría el aumento de número de viajes o su recorrido.

[40] Las economías de alcance están asociadas principalmente con la eficiencia desde el punto de la demanda y con cuestiones relacionadas con la logística, como es el aumento o disminución del alcance de la comercialización y la distribución de los diferentes tipos de

Como señala Nagel (2008, p. 17), en los casos donde el rendimiento o funcionamiento de una compañía depende de cuestiones relacionadas con la localización, el desarrollo de de la demanda dentro de una red o el desarrollo de la red en sí misma, son de aplicación los términos de economías de red, externalidades de red, economías de tamaño de la red y economías de densidad de la red[41].

Las economías de tamaño de la red se relacionan con la extensión de la red y las de densidad de la red hacen referencia al incremento del transporte sobre la red (ver figura 3-18). Además, pueden inducir y afectar a la demanda intermodal y a mejorar la fiabilidad y calidad del servicio.

Figura 3-18. Efectos básicos en las redes de transporte



Fuente: Nagel, C., 2008, fig. 5, p.18.

Los efectos de red han interesado a la Unión Europea desde algunos años, como se pone de manifiesto en la creación de la Red Transeuropea de Transporte (TEN-T).

Asimismo, por el interés en el desarrollo de corredores de transporte de viajeros y mercancías transeuropeos.

Laird et al. (2005, p.538), definen los efectos de red como la segunda vuelta de repercusiones sobre los costes y los precios en los mercados como consecuencia de una mejora en los transportes, porque pueden reforzar o debilitar los efectos primarios del proyecto de mejora de las infraestructuras. Según los autores, estos pueden ser efectos en otras partes del sistema transporte y sobre los sectores económicos con los que el transporte esta conectado por efectos hacia adelante y hacia atrás.

Para los citados autores (Ibidem), las redes de transporte presentan tres características:

- Costes perdidos y economías de alcance y densidad, desde la oferta, específicamente llamado subaditividad en la producción (Baumol et al., 1982; Jara-Díaz, 2000).
- Congestibilidad, los efectos de la restricción de capacidad y el aumento de la demanda, desde la oferta, es generalizado en las industrias de redes (Mayer y Sinai, 2003).
- Consumo de externalidades positivas, desde la demanda, por los que el precio individual de un bien depende, en parte, del número de otros usuarios conectados a la red (Liebowiz y Margolis, 1998). Son oportunidades para cambiar o crear encadenamientos económicos adicionales.

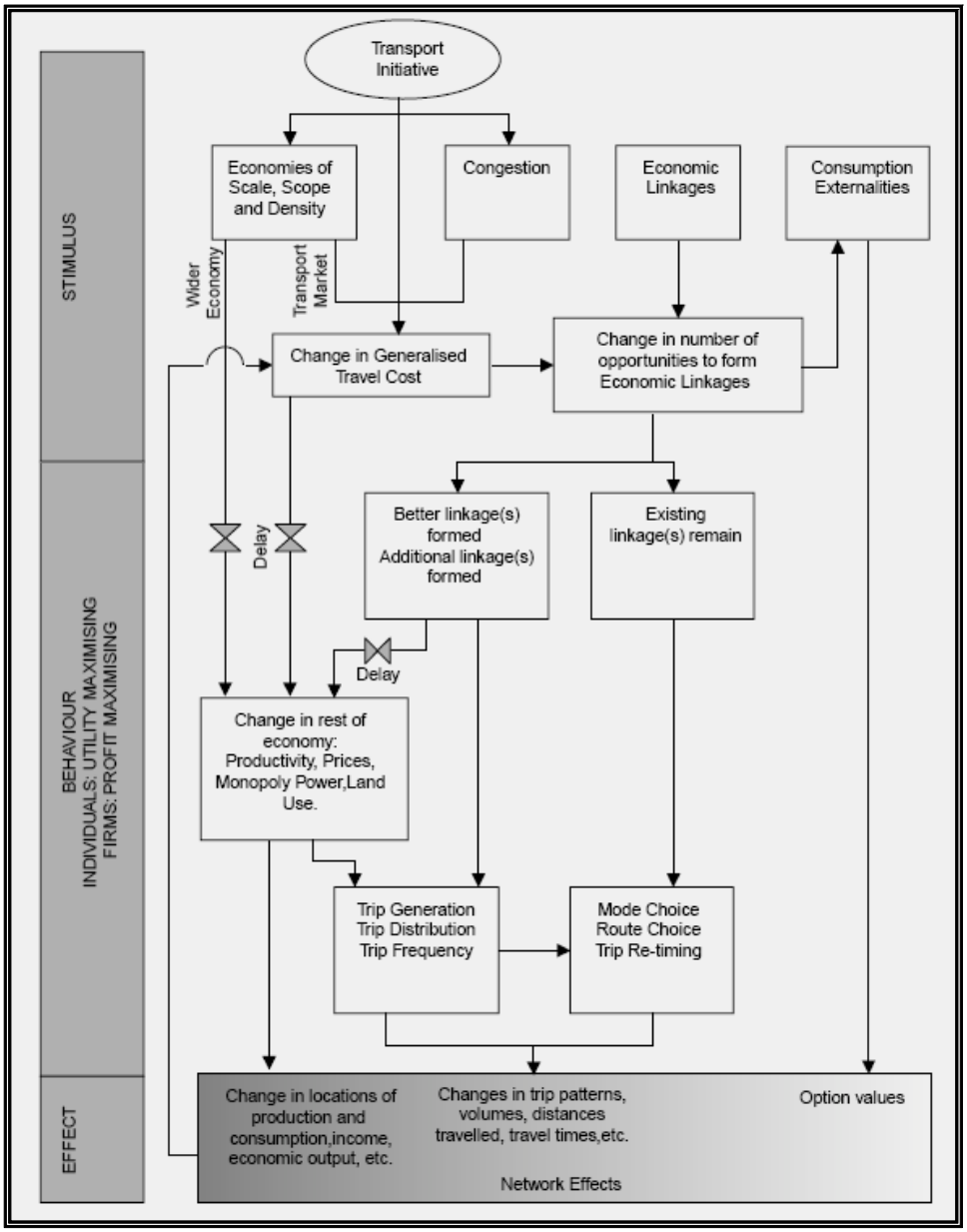
La siguiente figura (ver figura 3-19), muestra la dinámica natural de las interacciones de los sistemas de transporte y económico.

productos. Es una de las principales razones de las estrategias de marketing para ofertar, por ejemplo, paquetes de servicios integrados y familias de marcas.

Los ahorros de costes se atribuyen a la transferencia de las capacidades y las competencias desarrolladas en una empresa a un nuevo negocio (Nagel, 2008, p.17).

[41] En general, las economías de densidad son un ahorro en los costes de distribución de un bien o servicio cuando aumenta la demanda.

Figura 3-19. De la iniciativa de transporte a los efectos de red



Fuente: Laird, J.J. et al. (2005, figura 2, p.541)

Como se puede apreciar en la figura (ver figura 3-19), hay un conjunto de estímulos económicos producidos por las iniciativas de transporte, entre las que se encuentran la creación de nuevas infraestructuras, la mejora de las existentes, la mejora de los servicios, etc, que generarán las economías de red indicadas con anterioridad en las tres características que presentan las redes de transporte.

Se señala que es la utilidad, que maximiza el comportamiento de individuos, y el beneficio, que maximiza el comportamiento de las firmas, los que conectan las causas económicas de los efectos de la red a su manifestación en redes del transporte y dentro de la economía (Laird et al., 2005, p.540).

Para Laird et al. (2005, p.541), a su vez, las economías de red tendrán efectos sobre las localizaciones de la producción y el consumo, la renta, la producción económica, etc.

También en los patrones de viaje, los volúmenes de tráfico, las distancias recorridas, los tiempos de viaje, etc. y sobre el valor de la opción del consumo de la externalidad en cuestión. Al igual que en las infraestructuras, en los servicios de transporte pueden identificarse algunos efectos de red derivados de las ventajas que tiene la existencia de un número elevado de usuarios o de una mayor densidad de activos físicos.

En particular, en el transporte regular (autobuses, ferrocarriles, líneas aéreas, servicios marítimos) al incrementarse el número de viajeros las empresas responden introduciendo mayores frecuencias, lo cual permite a todos los usuarios reducir sus tiempos de espera y un mejor ajuste de la oferta a sus preferencias en términos de horarios. Este tipo de externalidad positiva recibe en Economía del Transporte el nombre de "efecto Mohring".

Por otra parte, subrayaremos, que si bien los efectos de las infraestructuras de transporte sobre el territorio han sido ampliamente estudiados, su cuantificación económica es difícil a pesar de las múltiples metodologías utilizadas. Como afirman Oosterhaven y Knaap (2000, p.1), estimar los impactos económicos espaciales de la infraestructura de transporte, es una cuestión sin resolver durante mucho tiempo en la ciencia económica.

En el pasado, el ferrocarril fue un potente factor de localización industrial (ver anexo 1 y 2); las empresas se localizaban próximas al mercado o a las fuentes de materias primas, dependiendo de su actividad y el tipo de bienes producidos, para minimizar los costes de transporte. Hay que recordar que se convirtió en un modo de transporte terrestre sin competencia por su mayor capacidad de carga, gran velocidad y menores costes.

La cuestión de los costes de transporte fue estudiada y teorizada en el pasado[42] Sin embargo actualmente Krugman, retoma la idea. Este realiza una pregunta y la responde, para indicar la diferencia de los costes entre distintas localizaciones, "…por qué deberían ser los costes de transporte menores en una zona que en otras. La respuesta más natural es que existen economías de escala en el mismo proceso de transporte." (1992, p.29).

Las economías de escala a que hace referencia Krugman, en nuestra opinión, hacen referencia a las ya citadas, economías de red, externalidades de red, economías de tamaño de la red y economías de densidad de la red (Nagel, op.cit. p 138).

---

[42] Los costes de transporte han sido profusamente estudiados en la Teoría Locacional, que es un grupo de teorías enmarcadas dentro del concepto de "Interacción espacial" y que intentan explicar la localización de las actividades económicas en función de las ventajas relativas que la posición de un determinado lugar representa.

J.H von Thünen en 1826 con su modelo de localización de las actividades agrarias, A.Weber en 1909 sobre la localización de la industria o W. Christaller en 1933 con su Teoría de los lugares centrales sobre la localización de las actividades comerciales y los servicios, fueron trabajos pioneros; pero ha sido una pléyade de economistas y geógrafos los que han estudiado estos temas y siguen estudiándolos, si bien, parece que el concepto de "costes de transporte" se está cambiando al de "costes de transacción", así como la forma y ámbito de aplicación de la teoría. Sin entrar en detalles, en estos modelos primigenios se enfatiza en los costes de transporte como factor de localización de las actividades económicas.

Es interesante también la Ley de la refracción, que relaciona la deformación de un espacio uniforme en cuanto a costes de transporte, con la aparición de un eje de transporte como formuló Palander. Ver Plassard, 2003, pp. 58-62.

Actualmente, han cambiado, entre otros muchos factores, los costes de transporte y su incidencia en la estructura de costes totales de producción y, por lo tanto, hay otros factores de localización más importantes, como por ejemplo y entre otros, la accesibilidad a las redes de transportes, la pertenencia a las redes de innovación, la calidad de vida del lugar o la cualificación de la mano de obra.

Si suponemos que la producción industrial se concentra y, por lo tanto, la oferta y la demanda, se concentran en dos localizaciones determinadas "Entonces el volumen transportado será mayor entre estas dos localizaciones que en las otras rutas. Esto significará la existencia de unos costes de transporte menores" (Krugman, 1992, p.30).

Según la Conferencia de Ministros Europeos de Transporte (CEMT) "Hoy, contamos con una firme doctrina teórica que explica cómo la reducción de los costes de transporte puede acarrear efectos en sentido amplio, como una mayor productividad de las empresas que utilizan los transportes, un mercado laboral más abierto, una competencia más intensa entre zonas vecinas y una mayor implantación de industrias y servicios.

Este enfoque general no es cuestionado seriamente por ninguno de los especialistas de este ámbito; cabe señalar que existe un acuerdo casi generalizado en que, en principio, dichos efectos pueden producirse y se producen." (CEMT ,2001, p.11).

Sin embargo señala Storper (2000, pp.149-150), que la historia estándar sobre las barreras del costo de transporte que declinan, aunque es verdad para muchos casos, tiende a no hacer caso de que la disminución del los costes de transacción (transporte), no sólo son determinados por medio de las transacciones, sino por la complejidad de lo que le exigimos al sistema de transporte.

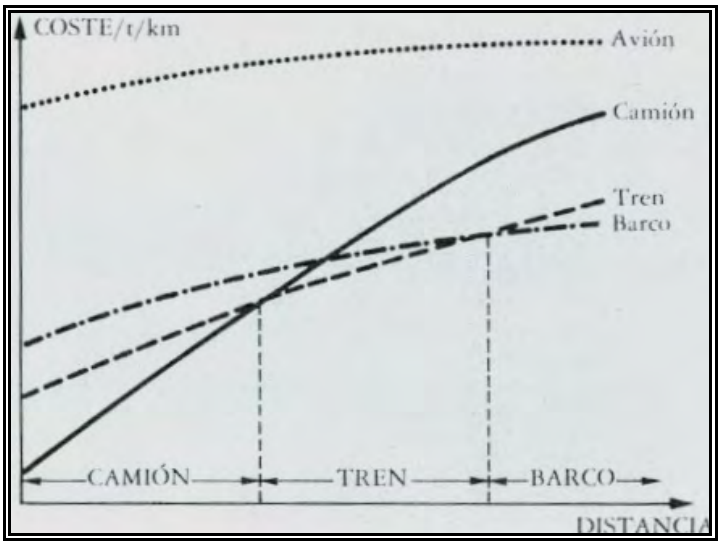
Así que, incluso si los costes de transporte están disminuyendo en general, si tenemos más traslados irregulares, lotes más pequeños u otras exigencias que hacen la tarea de transportar más compleja o incierta, es muy posible que los costes de transporte aumenten. Por lo tanto, en una economía en la que algunos productos están cada vez más adaptados a la demanda de los clientes y son cada vez más intensivos los servicios, las localizaciones orientadas hacia el mercado siguen siendo lugares eficientes para la producción de muchos bienes y servicios.

Sobre estas localizaciones, Krugman, como señala Muñiz (1998, p.163), "…muestra cómo nace la concentración geográfica regional a partir de tres elementos diferentes: los rendimientos crecientes generados a partir de economías externas de escala internas a las empresas, los costes de transporte y la demanda." [43] Es interesante el trabajo de Limão y Venables en el que analizan la dependencia de los costes de transporte de variables geográficas y de infraestructura. En este trabajo, afirman que las infraestructuras son un factor cuantitativamente importante a la hora de determinar los costes de transporte.

Según los citados autores, "La deficiencia en infraestructuras supone el 40 por 100 de los costes de transporte para los países costeros y un porcentaje superior al 60 por 100 en el caso de los países sin salida al mar; una mejora en las infraestructuras propias y de tránsito de los países desde el percentil 25 al percentil 75 compensa en más de la mitad la desventaja geográfica de no tener salida al mar." (Limão y Venables, 2007, p.24).

[43] Al aumentar la demanda se producen también economías de densidad que se generan al aumentar el número de usuarios de una zona geográfica. En particular, en presencia de economías de densidad, el coste medio del servicio se reduce cuando aumenta la concentración geográfica de la demanda.

Figura 3-20. Aumento de costes con la distancia por modos de transporte



Fuente: Puyol, R., Estébanez, J. y Méndez, R. 1995, gráfico 5.10., p. 614.

Por otra parte, el coste de proveer servicios de transporte generalmente aumenta con la distancia, pero estos costes están sujetos a economías de escala y los costes unitarios decrecen con la misma, como ya señaló Hoover (1948).

En la figura (ver figura 3-20) podemos apreciar que el camión presenta pocos costes fijos, pero se elevan con rapidez los costes variables con la distancia; suele resultar más rentable en recorridos cortos y mercancías poco voluminosas ya que el volumen incrementa los costes al ocupar más espacio.

El ferrocarril resulta más ventajoso, desde el punto de vista de los costes, para distancias medias y mercancías voluminosas y el barco para las distancias largas y también para mercancías voluminosas. Por su parte, el avión se limita a productos de muy alto valor por unidad de peso o volumen.

Las economías de escala en los transportes, son muy importantes, dado que con la misma dotación de infraestructuras, de instalaciones y de material se puede aumentar la demanda satisfecha.

Hanink (1997, pp. 211-212), distingue dos tipos de economías de escala en los transporte. Las economías de larga distancia (*economies of long distance*) y las economías de gran capacidad (*economies of large volume*).

Para este autor**,** las economías de larga distancia son un tipo de economías de escala, en la que el coste total del transporte se incrementa con una función decreciente con el aumento de la distancia.

En cuanto a las economías de gran capacidad, señala que son la fuente más importante de economías de escala en el transporte. La disminución de los costes totales se produce por la reducción de los costes de manipulación de las mercancías (*handling*) al expedir envíos mayores.

Un subtipo de las economías de gran capacidad para Hanink son las economías de flujo. Se producen al mejorar la eficiencia de los sistemas *hub and spoke* vistos anteriormente.

Esta mejora es debida a la existencia de pequeñas rutas alimentadoras de los hubs que aseguran las máximas capacidades y plenas economías de gran capacidad sobre las rutas principales de interacción entre los hubs.

Figura 3-21. Economías de escala en el transporte

Fuente: Hanink, D. M., 1997, figura 6.6, p. 211.

La estructura de los costes de transporte puede ser dividida en dos componentes, los costes de Terminal y los costes de transporte del recorrido efectuado entre los puntos de origen y destino (*line haul*) (ver figura 3-21).

Los costes de Terminal, que son altos, tienen, a su vez, una componente de los costes fijos vinculados a los costes de las propias instalaciones de la Terminal.

Por ejemplo, el mantenimiento de los muelles de carga, de las playas de vías, de los viales, de las grúas, de los almacenes, a los seguros, a los impuestos, a los gastos financieros, etc.

Por su parte, la componente de costes variables, hacen refererencia a las operaciones de carga, descarga, estacionamiento de vehículos, documentación, paralizaciones de material, salarios, etc.

Los costes de Terminal, por ejemplo, relativamente más bajos en el modo carretera que en el modo ferrocarril y marítimo, de lo que resulta que el modo carretera tiene ventaja en los trayectos cortos sobre ellos y, por el contrario, son estos modos los que tienen ventaja en los trayectos largos.

Por su parte, los costes del transporte de lo que es el movimiento de la mercancía entre los puntos de origen y destino tienen también una componente fija y otra variable. La fija englobaría el coste de la utilización de la infraestructura y del material que transita por ella. La componente variable incluiría el consumo de energía, salarios, amortización de material, etc.

El modo carretera del ejemplo anterior, tampoco tiene costes fijos en relación a la construcción y mantenimiento de las infraestructuras lineales, como ocurre con el ferrocarril, lo que también le otorga una ventaja a la carretera sobre el ferrocarril. En la figura (ver figura 3-21) también se aprecia como, por efecto de las economías de larga distancia, los costes totales disminuyen con la misma, también con el tamaño del flete.

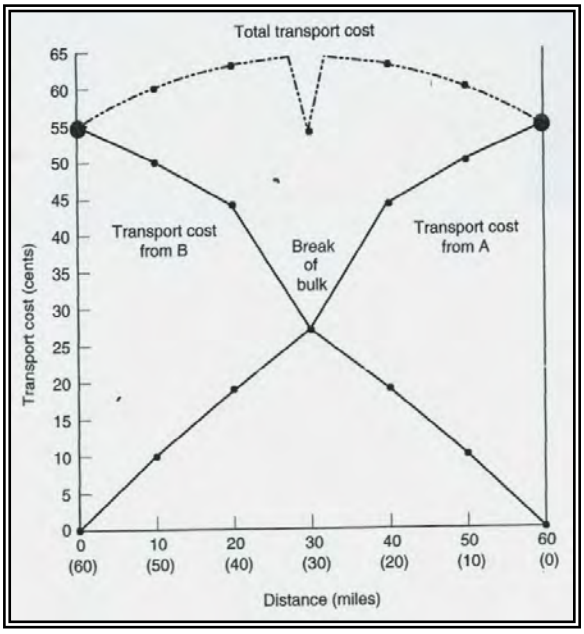
La explicación se encuentra en las economías de escala producidas, ya que los costes medios totales por unidad transportada disminuyen al repercutir en menor proporción los costes fijos generados sobre esa unidad, tanto en la Terminal como en el transporte propiamente dicho.

Otra fuente de ahorro en los costes de transporte la encontramos en las algunas tarifas, que reducen sus precios en función de determinados pares origen-destino y también según el tipo de mercancía, en función de sus características, tales como el peso, volumen, perecebilidad o valor.

Sobre las tarifas, también señalaremos que podrían beneficiar a las localizaciones intermedias en el caso de realizar rupturas de carga o transbordo de mercancías.

Como indica Taaffe et al. (1996, p. 68), las localizaciones intermedias podrían convertirse en puntos de costes mínimos si los costes de manipulación asociados con las rupturas de carga y los transbordos fuesen lo suficientemente altos y fuesen posible realizarlas en esas instalaciones (ver figura 3-22).

Figura 3-22. Efectos locacionales de la ruptura de carga



Fuente: Taaffe, E. J., Gauthier, H. L. and O'Kelly, M. E., 1996, figure 2.14, p. 69.

La razón la encontramos, según los autores, en que en los puntos terminales, además de repercutir los costes ordinarios de la Terminal, se añaden unos costes suplementarios por realizar las operaciones de ruptura de carga y transbordo. Por lo tanto, si la ruptura de carga es necesaria y los bienes deben ser transferidos a cualquier otro modo o de un operador a otro, dentro del mismo modo, en esos puntos de mínimo coste no habría añadidos costes suplementarios.

Los costes a pagar por el operador serían sólo los costes ordinarios de la Terminal, puesto que los costes de ruptura de carga estarían incluidos en los costes ordinarios, dado que sería su actividad principal.

También la estructura escalonada de las tarifas puede aportar ventajas locacionales a determinados puntos, en mayor medida a las puertas de enlace (gateway), ya que a su importancia estratégica, ya comentada, y sus ventajas pueden intensificarse con este tipo de estructura de las tarifas, aún cuando otros puntos se encuentren a una distancia más próxima al punto de destino (Taaffe et al., 1996, p. 70).

Otros efectos espaciales de las infraestructuras de transporte, señalaremos que tienen consecuencias sobre la utilización del suelo, la distribución de actividades en el espacio y la movilidad de la población.

Estos cambios espaciales se pueden producir por la mejora de la accesibilidad, la creación de una nueva oferta de espacio y la reordenación de las polaridades. Por lo tanto, inducirán a cambios en la estructura del sistema territorial, tanto del sistema espacial como económico, atrayendo nuevas actividades económicas.

Para Calvo, Jover y Pueyo (1992, p.60), los sistemas de comunicación son claves en la estructura económica del mundo contemporáneo, ya que vertebran el territorio y reflejan los desequilibrios que existen en él al adaptarse al sistema urbano y de doblamiento, y a las actividades socioeconómicas, consolidando y dinamizando el modelo de organización espacial.

Pero hay que tener en cuenta que estos efectos espaciales variarán en función de la escala y el tipo de infraestructura considerada. Si bien, los efectos también dependerán de otros parámetros.

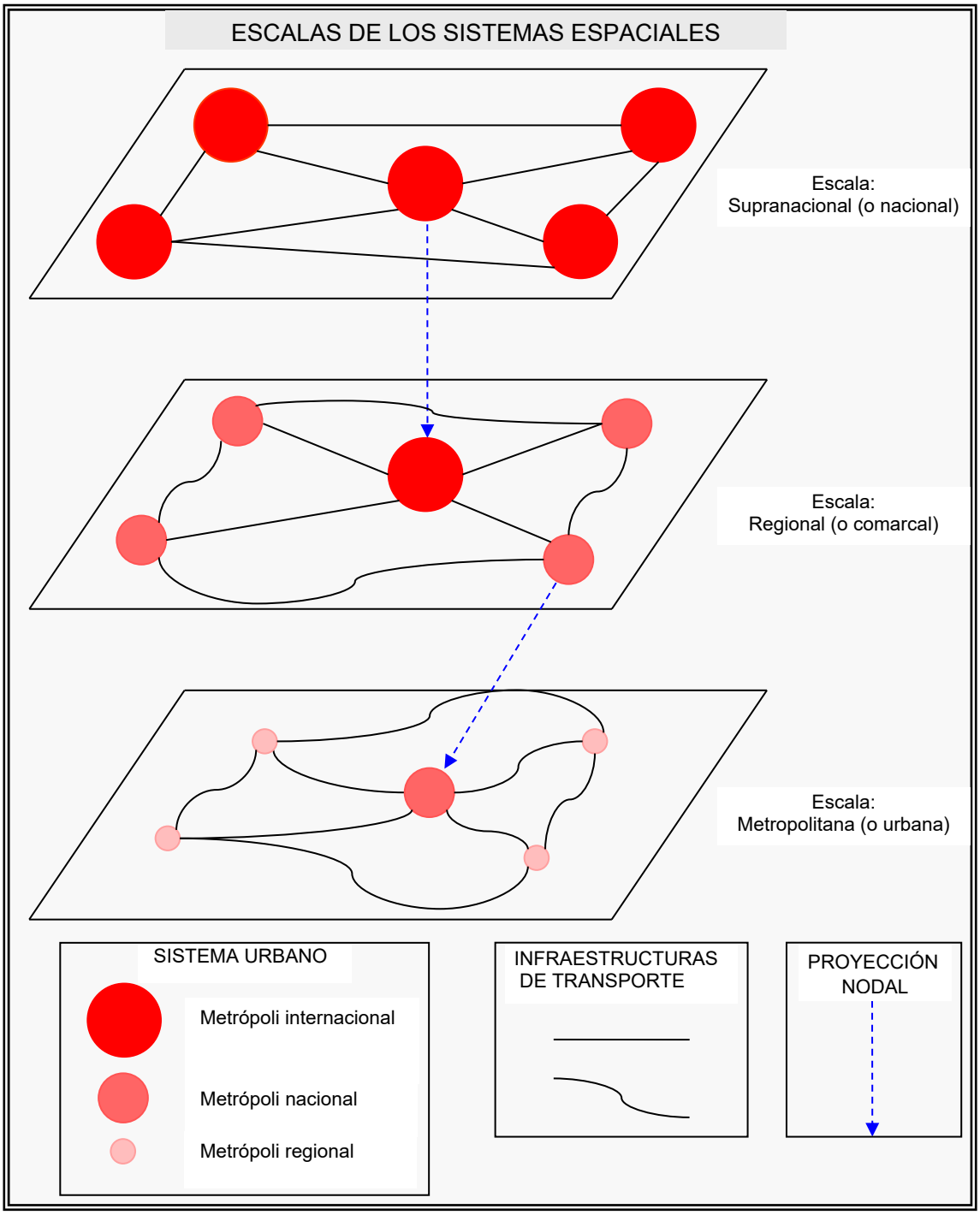
Como es sabido, las infraestructuras se superponen sobre el territorio, modifican el paisaje, urbano y rural, y tienen consecuencias sobre el medioambiente; en consecuencia, sus efectos no serán los mismos a escala local, de corredor, regional, nacional o supranacional (ver figura 3-23) al tratarse de sistemas espaciales distintos, limitando ciertas actividades y favoreciendo otras, tanto sociales como económicas.

Dependiendo de la infraestructura considerada, puntual o lineal, los efectos también serán distintos. En el pasado, tanto el ferrocarril como las modernas carreteras estructuraron el espacio de un modo nuevo.

De esta manera se creó, tal como afirma Gutiérrez Puebla (2003, p.323), "un espacio red en el que la linealidad (efecto corredor) y jerarquías (reforzamiento de los lugares nodales) son elementos característicos."

Continúa diciendo que ambos modos de transporte producen un efecto corredor a lo largo de los espacios que atraviesan, conformando corredores que destacan sobre su entorno por su mayor accesibilidad;

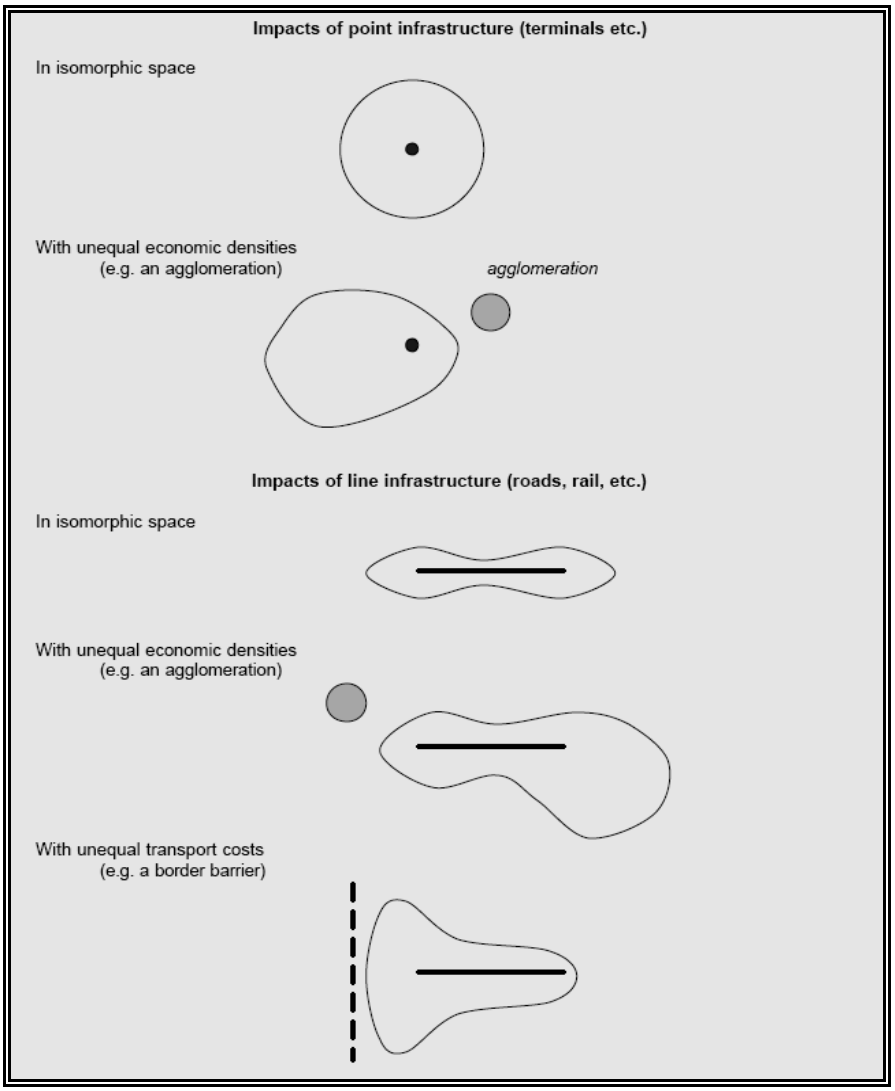
Figura 3-23. Distintas escalas de los sistemas espaciales territoriales



Fuente: Elaboración propia

Fuera de estos corredores quedan espacios con peor accesibilidad (áreas sombra) y peor potencial de desarrollo (Ibidem). Pero en estos corredores no todos los lugares tienen las mismas ventajas, como indica Vickerman (1996, en Gutiérrez Puebla, 2003, p. 323), "Algunos resultan especialmente privilegiados debido a la configuración de la red (lugares nodales), mientras que otros obtienen beneficios mucho menores (lugares intersticiales)." (ver figura 3-24).

Figura 3-24. Diferentes patrones de impacto espacial de la infraestructura de transporte



Fuente: Oosterhaven, J. y Knaap, T. (2000, Figura 3, p. 15).

También señalaremos, que las redes de transporte son el reflejo de las organizaciones sociales que las producen y las que les permiten reproducirse, como tal, participan el en lo que H. Lefebvre en 1974 llamó "la producción del espacio", (Plassard, 1994, p.534).

El comportamiento humano va a depender de las infraestructuras existentes y éstas, a su vez, van a depender del primero en la medida en que serán creadas, eliminadas o modificadas, lo que va a tener unos efectos sobre el territorio, lo que denomina "efectos estructurantes". (Ibidem).

Aunque para Offner, es sorprendente que Plassard, muy crítico hacia la noción de efecto, continúe utilizando el término, ya que existe en el término "efectos estructurantes" una mistificación científica, política y operatoria (Offner 1993, 11).

No obstante, el debate continúa abierto porque, como señala Steck, la teoría de los efectos estructurantes, prisionera de una lógica tecnicista, en que el resultado económico domina toda otra consideración, no permite abordar la cuestión fundamental de la justicia socio-espacial (Steck, 2009, p.138).

Más aún, este autor afirma, que la vuelta sobre la teoría de los efectos estructurantes de las infraestructuras de transporte ilustran la complejidad de la relación que se establece entre transporte y desarrollo.

Para los geógrafos cuanto más complejo es un territorio más densas son las redes que lo recorren y más intensos los flujos que circulan por él, menos estructurante son las infraestructuras. Pero en cuanto se examinan los espacios en vías de descubrimiento, de desarrollo, de delimitación como territorio, se aprecia entonces que las nuevas infraestructuras ordenan nuevas composiciones espaciales (Steck, 2009, p. 144).

Continuando con Plassard, diremos que las investigaciones sobre los "efectos estructurantes" han tratado de clarificar la relación entre la construcción de nuevas infraestructuras y el desarrollo económico en las regiones. Estos efectos han sido suficientemente estudiados y han permitido extraer tres conclusiones: las redes no tienen efectos automáticos, pueden generar nuevas estrategias espaciales y amplifican las tendencias existentes (Plassard, 1994, p.534).

También señala Plassard que estos efectos pueden acelerar o declinar el crecimiento de una región, como el movimiento migratorio o su industria, efectos explicados porque las redes de transporte son, a la vez, el producto y el soporte de la actividad social; facilitando la circulación, facilitan las transformaciones en el trabajo y las aceleran (Ibidem).

Pero es necesario tener en cuenta, que estas conclusiones señaladas por Plassard, se fundamentan en los numerosos estudios empíricos que critican el determinismo tecnológico y el determinismo de las infraestructuras, basado en la causalidad lineal de los efectos estructurantes de las infraestructuras sobre el espacio, el desarrollo económico y la movilidad.

Para Offner esto es consecuencia, entre otras causas, del error teórico frecuente de querer "aislar" la variable transporte, cuando una visión sistémica invita, al contrario, a interesarse por los procesos de agregación, de sinergia, de interdependencia, etc. (Offner, 1993, p.5).

Sin embargo, también Plassard (1997, p.42), habla posteriormente de una evolución que parte de una concepción muy simple, causa-efecto, a una visión cada vez más compleja, causa-estímulo-respuesta.

Por lo tanto, para este autor, son necesarios enfoques más globales, que inserten las infraestructuras en las dinámicas territoriales para evitar esa causalidad directa, porque como afirma Plassard, todavía no ha habido ninguna explicación teórica que pueda reemplazar a los costes de transporte como aproximación para relacionar la mejora de las condiciones de transporte y los cambios territoriales. (Plassard, 2003, p. 72).

En la misma línea argumental, para Steck, lo importante son las interacciones múltiples que se cruzan entre factores económicos, sociales, políticos, técnicos o culturales. De esta forma, los elementos del sistema territorial intervienen en cadenas diferentes, que son así conectadas las unas a las otras (Steck, 2009, p. 135).

Offner, también critica el determinismo tecnológico y de las infraestructuras de transporte, habiendo propuesto hace algunos años comprender una nueva oferta de transporte como un factor de amplificación y de aceleración de las tendencias preexistentes (Offner, 1993, p.5).

Se retoma, en parte, la idea de que el transporte representa una condición necesaria pero no suficiente del crecimiento económico, de la ordenación del territorio, etc., lo que significa que no existen efectos automáticos y que es necesario elaborar medidas de apoyo (Ibidem, p.6).

Con respecto a la inexistencia de efectos automáticos, Plassard indica que las transformaciones a que dará lugar la puesta en servicio de las infraestructuras de transporte, dependen en gran medida de las estrategias de los actores locales, económicos o políticos. Las infraestructuras aparecen así, cada vez más, como la oportunidad de establecer nuevas estrategias económicas que estarán basadas en las nuevas ventajas procuradas por las mismas, en términos de accesibilidad o costes de transporte (Plassard, 2003, p. 45).

Está confirmado, afirman Gonzalo et al. (2008, p.82) "…que aunque exista una relación directa entre transporte, desarrollo económico y ordenación del territorio, no puede afirmarse una relación causal entre los mismos…Las infraestructuras deben contemplarse como un elemento más de una política global territorial, con unos objetivos claramente definidos, pues sólo de esta manera se puede aceptar que éstas puedan contribuir eficazmente a alcanzar dichos objetivos.".

También señala Izquierdo en esta línea que "(…) no puede afirmarse, sin embargo, que las inversiones en infraestructuras produzcan por sí mismas un progreso económico y social. Sólo en base a las potencialidades de las regiones y en un ámbito más amplio de actuaciones programadas para un fin correcto -es decir, en el marco de una política de ordenación del territorio- puede jugar el papel de impulsor del crecimiento que tantas veces se le ha querido atribuir." (Izquierdo de Bartolomé, 1981, p. 375).

En la misma línea, afirma Vázquez Barquero (1996, p. 84), que "el secreto está en establecer, en cada territorio, la estrategia adecuada que permita maximizar los efectos de las inversiones públicas, bien sea privilegiando la oferta de infraestructuras (que active la expansión de la producción y genere la demanda) o esperando a que afloren las necesidades de infraestructuras y que las nuevas demandas impulsen la construcción de las infraestructuras.".

Esta segunda opción es la que se verá más adelante en el modelo de Janelle de la convergencia espacio-temporal. También afirma Vázquez Barquero (Ibidem), que "una buena dotación de infraestructuras no sólo hace aumentar la productividad de las inversiones privadas y reduce los costes de producción, sino que además estimula nuevas inversiones privadas, lo que genera una ampliación del stock de capital, favoreciendo el crecimiento de la productividad y el aumento de la ocupación.

Así pues, a medida que una región o un país aumenta la dotación de infraestructuras crecerían la renta per cápita y el empleo."[44] Sin embargo, habrá que tener en cuenta el tipo de espacio del que estamos hablando; los efectos, podrán ser positivos, negativos o neutros, dependiendo de si nos referimos a espacios o áreas desarrolladas o en desarrollo.

En cuanto a las áreas desarrolladas también encontraremos diferentes efectos, en función del estado de madurez del sistema de transporte. Con respecto a esta cuestión, Black (2004, p.21) señala que si el área considerada esta desarrollada y tiene un sistema de transporte con un alto nivel de conectividad y no congestionado, tiene asegurado un alto nivel de accesibilidad. La adición de nuevas conexiones a la red estimulará poco el crecimiento económico.

Asimismo, señala el autor que en el momento que se alcance una red con la máxima conectividad, no se podrá mejorar incrementando esa conectividad o añadiendo más

[44] Vázquez Barquero (1996, pp-84-85), señala que ha habido históricamente tres principios, que entre otros, han orientado las inversiones en infraestructuras. 1) El de competitividad, que hace referencia a la especialización productiva de los territorios, y que en función de sus exportaciones e importaciones generarán necesidades y demandas específicas de infraestructuras. 2) El de jerarquía, en este principio, la jerarquía de la producción determinará la jerarquía del sistema de ciudades en que se estructura el territorio; ambas cuestiones generarán las necesidades jerarquizadas de infraestructuras, de ahí que tiendan a tener preferencia las inversiones en los ejes que vinculan los centros superiores. 3) El de aglomeración, que alude a la concentración de la población y la actividad productiva en un territorio, a las relaciones entre ellos y a las economías externas; cuanto mayor es la aglomeración en una región, mayor es la demanda de transporte.

tramos a la red, porque existe una barrera geográfica que es la localización, el enclavamiento de los lugares al territorio y, por lo tanto, geográficamente no es posible que estén a menor distancia (Black, 2001, p.5).

Si por el contrario, continúa Black, el sistema tiene un alto nivel de conectividad pero también un elevado grado de congestión, la inversión en el sistema de transporte, tendrá efectos económicos positivos (2004, p. 21).

Respecto a las consecuencias inmediatas de la creación de una nueva red, destaca Plassard, los cambios en la movilidad, incrementando los tráficos producidos, pero explicados no sólo por la creación de la nueva red, sino por lo que denomina "tráfico inducido" y "efecto sifón". Correspondiendo, el primer concepto, a los desplazamientos latentes que con anterioridad no podían realizarse, y el segundo concepto, a los cambios de itinerario "aspirados" por el nuevo, (Plassard, 1994, pp. 534-535).

Sobre las transformaciones del espacio producidas por las nuevas redes de transporte y ligadas a los avances tecnológicos, como el incremento de la velocidad, habla Plassard de "efectos escalón" que permiten desplazamientos antes imposibles, (Ibidem, pp. 535-536).

Además, derivado de la alta velocidad ferroviaria, el autor considera un efecto muy importante, el "efecto túnel", originado por un espacio cada vez más concentrado y discontinuo que produce su polarización. Un espacio dual, caracterizado por un primer "espacio red" de lugares centrales, los nodos de la red, y un segundo "espacio banal" entre esos lugares centrales, que lejos de beneficiarse sufre las consecuencias de las infraestructuras, como el "efecto barrera", la contaminación acústica, etc., (Ibidem, pp. 536-537).

La pertenencia a uno u otro de estos dos espacios condicionará los niveles de accesibilidad que dependerá de las técnicas de transporte aplicadas, los niveles de servicio y del trazado espacial de la red. Por lo tanto, dadas las importantes consecuencias, económicas, espaciales y de movilidad, se generará una fuerte competencia entre los nodos por conectarse a una red en concreto y viceversa.

Por lo que se refiere a la accesibilidad del espacio banal, vendrá conferida por la accesibilidad transversal, esto es por la proximidad a los nodos de la red, y las distintas redes y niveles de servicio ofertados en ellas para acceder a los nodos principales.

Sobre la lógica del espacio discontinuo, Gutiérrez Puebla señala que se habría producido un reforzamiento de los contrastes espaciales intraregionales, al aumentar comparativamente las disparidades entre los principales centros urbanos y sus periferias (Gutiérrez Puebla, 2003, p.326).

Para el citado autor, cada vez resulta menos importante la localización absoluta de los lugares y más importante que estén bien conectados a las redes de flujo. Se puede estar en el centro (desde una perspectiva clásica centro-periferia) y a la vez ser periférico (desde una perspectiva centro-periferia referida a los contrastes entre las grandes ciudades y sus *hinterlans* (Ibidem).

Como ya se ha indicado, este modelo de organización espacial va a producir desequilibrios territoriales al contar los lugares centrales con ventajas iniciales, como mayor accesibilidad, que van a favorecer la concentración de actividades económicas y la convergencia espacio-temporal, lo que incrementará el rango en la jerarquía del lugar central. A su vez, ello va a implicar nuevas demandas de accesibilidad, iniciándose de esta forma, el proceso circular acumulativo que va a acentuar las diferencias entre regiones, espacios o lugares.

Entre los otros parámetros que influyen en los efectos de las infraestructuras sobre el territorio, nos parece muy significativo el tipo de servicio ofertado y su coste, relacionados con su rango y alcance, o la conexión de esa infraestructura a una red de mayor rango en la jerarquía. Ambos conceptos, como se ha visto anteriormente, están relacionados a su vez con el rango del nodo en cuestión en la jerarquía de lugares centrales, o su pertenencia a otras redes urbanas, de transporte, sociales, etc.

Es conveniente no olvidar que el sistema urbano y el de transporte están íntimamente relacionados y forman parte del sistema espacial que define y forma parte del sistema territorial. Las relaciones espaciales que se establecen son de gran importancia porque influyen muy directamente en la interacción espacial entre territorios y, como consecuencia, en la generación de flujos de personas y bienes.

La capacidad de interacción espacial que posea un territorio también será, entre otros, un factor esencial de localización de ciertas actividades que requieran un grado elevado de movilidad de las mercancías para sus procesos productivos.

"Un determinado lugar puede ser más o menos favorable para una actividad en función no sólo de los atributos intrínsecos que le caracterizan, sino también de la distancia que le separa con respecto a otros lugares, es decir, en función de su accesibilidad." (Gutiérrez Puebla, 2003, p.317).

En la actualidad, los cambios tecnológicos y organizativos de la producción, y el proceso de globalización, como se verá en el capítulo siguiente, han incrementado los intercambios de flujos entre países, propiciando que la accesibilidad y la conectividad a las redes de transporte y comunicaciones cobren mayor importancia que el emplazamiento de un determinado lugar.

Como ejemplo de esta cuestión, Veltz (1996), utiliza la metáfora del archipiélago que está siendo muy aceptada: "los flujos se concentran en el seno de una red–archipiélago de grandes polos en la que las relaciones de radio largo (entre polos, relaciones horizontales) son más fuertes que las de radio corto (de los polos con su Hinterland, relacione verticales). Los polos son las islas o espacios emergentes que conforman el archipiélago, mientras los ámbitos que se no integran en la red quedan excluidos del sistema conformado el espacio sumergido, los fondos marinos." (Caravaca, 1998, p.48).

La mala jerarquización funcional del sistema de ciudades y de algunos de sus subsistemas, junto con las consecuencias económicas que se deriva de ello, también van a condicionar la accesibilidad a las redes de transportes ya que la dinámica actual de éstas es a conectar los nodos de mayor rango.

Al realizar medidas de la accesibilidad podremos analizar la organización espacial de la red, así como, también resolveremos otra cuestión importante como es la conectividad, que es la capacidad de conexión entre nodos de una red, su conexión interna, y entre los nodos de otras redes.

La medida de la accesibilidad, en resumidas cuentas, nos dará información sobre la facilidad o dificultad para que se produzcan los flujos entre los territorios, esto es, sobre la capacidad e intensidad de sus relaciones de interacción espacial.

Como señalan Calvo, Jover y Pueyo (1992, pp.59 y 60), la conexión de un espacio a las redes básicas de comunicación, "…le confiere un valor estratégico para la difusión de innovaciones y el desarrollo.

Desde este punto de vista, las redes de comunicaciones constituyen elementos vertebradores del territorio, en cuanto implica una alteración potencial de las relaciones sociales y económicas específicas de ese territorio."

Es necesario tener en cuenta, que la posibilidad que tiene un determinado lugar de conectarse a las redes de transportes y comunicaciones, reduciendo la distancia temporal entre los otros lugares, se identifica con capacidad de desarrollo económico. Además es un efecto acumulativo sostenido en el tiempo, debido a la permanencia de las infraestructuras sobre los territorios.

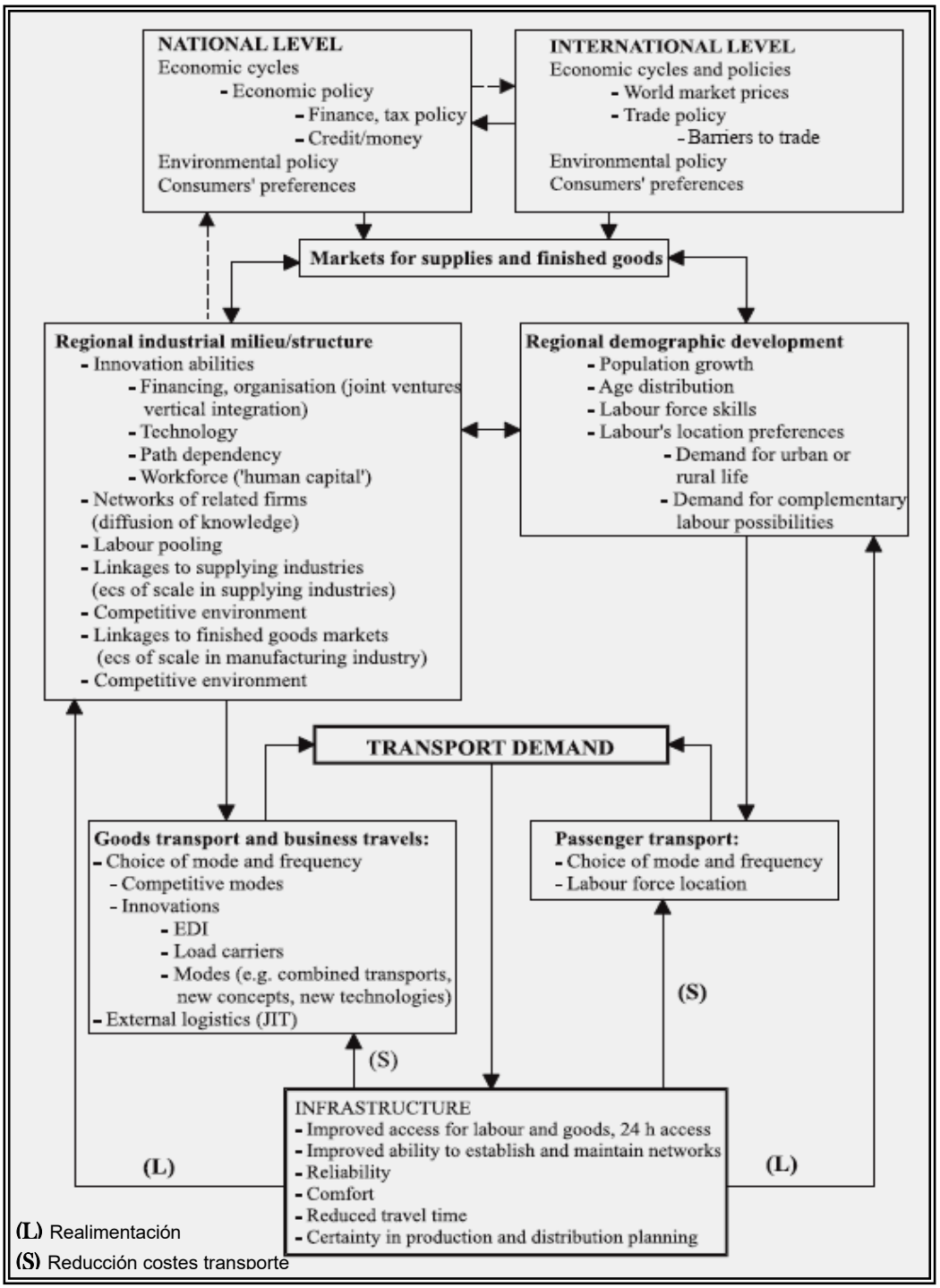
Por ello, como afirma Monzón de Cáceres (1988, p.11), "…la sociedad actual necesita vertebrar el sistema territorial con una red de transporte a todos los niveles: interurbano, intra e interregional, e internacional."

En esta línea, es necesario señalar que la existencia de la infraestructura no significa directamente un incremento de la accesibilidad, se requiere un nivel de servicios de transporte que también genere y potencie las interacciones. Como se verá en el capítulo 4 con mayor detenimiento, el sistema de transporte, entre otros elementos,

requiere de las infraestructuras y un determinado servicio de transporte asociado a las mismas.

En la figura (ver figura 3-25), se muestran las interacciones entre infraestructuras de transporte e industria local. Se ilustra un modelo de k variables que determinan la demanda de los servicios de la infraestructura de transporte (Bråthen, 2001, figura1, p.31). A corto plazo, la reducción de los costes de transporte, tiene efectos directos sobre la demanda de transporte **(S)**. También se puede apreciar que a largo plazo el cambio en la infraestructura puede tener efectos sobre la composición de la estructura industrial de la región considerada **(L)**, (Ibidem, p.32).

Figura 3-25. Demanda de servicios de la infraestructura de transporte



Fuente: Bråthen, S., 2001, figura1, p.31. Elaboración propia: añadir símbolos **(L)** y**(S)**

Con respecto a la demanda nacional e internacional, dependerá del número de relaciones consideradas en la política económica, barreras al comercio, políticas medioambientales, etc. (Ibidem).

Sobre el nivel de servicios, por ejemplo, Hay (1993, p.99) considera, con respecto a la provisión de servicios de transporte público, que podemos encontrar cuatro tipos de modelos de configuración del sistema de transporte en función del área servida y la población que la habita[45].

En cuanto al concepto de accesibilidad, podemos decir, que ha sido utilizado por numerosos autores y se ha definido de múltiples formas. Siguiendo a García Palomares (2000, pp.97-98), encontramos entre los pioneros a W.G. Hansen (1959) que la define como el potencial de oportunidades para la interacción. Pero el concepto ha ido evolucionando desde el concepto más sencillo de cercanía o proximidad en el que únicamente se consideraba la distancia física.

Con posterioridad, se relaciona con las posibilidades de una persona, grupo de personas o empresas para tomar parte en las actividades que realiza fuera de su lugar de residencia. Toma en cuenta la facilidad de interacción espacial y contempla además de la distancia física la localización de las distintas actividades. Aquí se puede introducir mayor complejidad si se incluyen las características de la población, lo que algunos autores denominan “distancia social” (Ibidem).

Más recientemente, con la introducción de la teoría de la utilidad al estudio de la movilidad y de los sistemas de transporte, se ha relacionado la accesibilidad con el beneficio neto que se obtiene de una determinada localización y con el coste de crear un espacio vacío de forma que un determinado destino pueda ser alcanzado sin fricciones, haciendo referencia a la propiedad de de configurar las oportunidades de interacción espacial (Ibidem).

La gran variedad de definiciones llevó a Jones (1981) a clasificar las definiciones de accesibilidad en dos grandes tipos, el primero en que está fundamentada exclusivamente en la distancia espacial y, el segundo, más aceptado que el anterior, que se origina en el potencial de oportunidades y la relaciona con la actividad (Ibidem).

Del segundo grupo, destacaremos la definición propuesta por Linneker y Spence (1992), en la que se utiliza el concepto de accesibilidad como un intento de medir las oportunidades disponibles por la población y las empresas, para alcanzar lugares donde puedan realizar actividades que les son importantes. Asimismo, la propuesta por Dalvi (1974), que define la accesibilidad como la facilidad con la que una actividad puede ser realizada desde una localización, usando un sistema particular de transporte (Ibidem).

Pero para la medida de la accesibilidad es necesario definir, en primer lugar, los objetivos que se buscan y la selección de indicadores, de accesibilidad y complementarios en función del enfoque adoptado.

Según Gutiérrez Puebla (1999, p.54), el enfoque puede ser, locacional (reducción de tiempos de viaje), infraestructural (mejora de la eficiencia de la red), económico (cambios de potencial de mercado) y socieconómico (cambios en la cantidad de población y actividad económica accesibles en un día).

En segundo lugar, se definirán los subsistemas del sistema de transporte, precisaremos la escala considerada y la variable de distancia que utilizaremos, en

[45] 1) Igualdad formal: a un determinado porcentaje de población se le provee de la misma proporción del servicio. 2) Igualdad de acceso: todos los ciudadanos estén a la misma distancia del sistema de transporte. 3) Optimo social: la provisión del servicio minimice el coste social. 4) Maximización de beneficios: la provisión del servicio maximice los beneficios del operador de transporte.

longitud, tiempo o coste. También será fundamental concretar los términos del tipo de oportunidades disponibles que usaremos.

Sobre la escala de trabajo, puntualizaremos por su importancia que, "el concepto de accesibilidad sólo tiene pleno sentido cuando la escala y el ámbito están definidos, únicamente cabe hablar de que un punto es más accesible que otro, si ambos están en el mismo ámbito territorial, y el cálculo se ha realizado empleando la misma escala." (Monzón de Cáceres, 1988, p.13).

También añadiremos por su trascendencia para la competitividad de los territorios que "…en el cálculo de la accesibilidad intervienen tres de los cuatro factores que según Biehl (1986), determinan el potencial de desarrollo regional: las infraestructuras o sistema de transportes, la aglomeración o oportunidades disponibles, y la localización;" (García Palomares, 2000, p.100).

No obstante, en nuestra opinión, podría incluirse el cuarto factor -la estructura sectorial- que indica Biehl en las oportunidades disponibles, puesto que, según la estructura económica sectorial de la aglomeración, puede existir una mayor demanda de accesibilidad y, por lo tanto, se puedan incrementar las oportunidades disponibles intensificándose la interacción espacial[46].

En función de los índices de accesibilidad utilizados obtendremos información sobre los contrastes entre el centro y la periferia, entre los grandes corredores de transporte y los espacios situados entre ellas (áreas sombra), y entre las grandes aglomeraciones y los espacios rurales remotos. (Gutiérrez Puebla et al., 2006, p.237).

Así mismo, es posible analizar las consecuencias de los planes de transporte, de desarrollo urbanístico, etc., para ello se necesita "…establecer correlaciones entre los indicadores de accesibilidad y las variables socioeconómicas o territoriales. Si el ajuste es adecuado, pueden predecirse los efectos territoriales que una mejora en la red de transportes, o supresión de determinadas barreras, pueden producir." (Izquierdo Bartolomé y Monzón de Cáceres, 1992, p.37).

Puede decirse que todos los indicadores de accesibilidad pretenden "dar una medida de la separación de actividades o asentamientos humanos que se conecten mediante un sistema de transporte" (Sherman et al. 1974, en Monzón de Cáceres, 1988, p.12).

Para finalizar este punto, nos ha parecido conveniente concluir con la ya nombrada, convergencia espacio-temporal de Janelle (1969). La razón es que una cuestión tan importante en la actualidad, como en el proceso de globalización, que se verá en el punto siguiente, no podría entenderse sin la citada convergencia, al modificar la organización espacial y la intensidad de la actividad humanan a todas las escalas en función de la accesibilidad de los lugares.

---

[46] El modelo EPDR (Enfoque del Potencial de Desarrollo Regional) de Biehl, Hussman y Schnyder (1972, 1975), está basado en la noción de potencial de desarrollo regional de Giersch (1965) y se centró en los cuatro factores citados. Según afirma Sanaú (1996, p. 17), este modelo es una metodología que mide las dotaciones de infraestructuras de diversas unidades administrativas, las compara e intenta fijar las prioridades de intervención en materia de infraestructuras. Sin embargo, para este autor, el modelo presenta tres grandes limitaciones: 1) la definición de infraestructura, que incluye categorías que no presentan los rasgos característicos de las infraestructuras, como por ejemplo la televisión, en la subcategoría de comunicación o las instalaciones deportivo-turísticas, en la subcategoría de infraestructuras urbanas. 2) el sistema empleado para medir la dotación de infraestructuras que no es admisible ni desde el punto de vista técnico ni del estrictamente económico, ya que pondera de la misma forma infraestructuras que tienen distintos efectos y relevancia en la actividad económica. 3) la utilización de funciones de cuasiproducción ya que no tienen soporte de la teoría económica, no incluyen el capital privado e impiden que se considere la dimensión temporal de la relación. Para Sanaú, el EPDR, ha sido prácticamente abandonado por sus propias limitaciones y por el avance de los trabajos posteriores, si bien, reconoce que su principal aportación fue despertar el interés por el estudio de los efectos de las infraestructuras en la oferta agregada de las economías.

Por ello, es interesante incorporar los efectos económicos del sistema de transporte inferidos de la Teoría del Crecimiento Acumulativo de Pred (1966), desarrollada a partir de la Teoría de la causación circular acumulativa de Myrdal (1957).

Puntualizaremos, que si bien el desarrollo económico del territorio se ha explicado a lo largo del tiempo por diferentes modelos, como la teoría de los polos, las teorías de desequilibrio, la teoría del desarrollo endógeno, la teoría de redes, etc., somos de la opinión de que la teoría de Pred, como otras, si bien tienen ciertas debilidades, no han perdido totalmente su validez para extraer conclusiones muy útiles para la investigación.

Sobre la validez de las teorías expuestas en geografía económica tradicional, ya se ha citado la reflexión que escribe Krugman (op. cit. p.74), además, también hay que tener en cuenta que las teorías no son necesariamente excluyentes y pueden complementarse.

Respecto a esto, es clarificador lo que escribe Krugman, “Considérese la forma como he presentado las diferentes tradiciones en economía del espacio: con la teoría del emplazamiento central, el enfoque de potencial de mercado la causalidad acumulativa y las externalidades, como formas diferentes de ver el mismo proceso, en el que las empresas son atraídas por los mercados y por lo suministros que proveen unas a otras.” (Krugman, 1997, p.84).

Dicho lo anterior, vamos a explicar de forma sucinta, el proceso de convergencia espacio-temporal y su relación con el crecimiento económico, ya que puede ser un punto de partida para posibles investigaciones futuras sobre la creación de nuevas infraestructuras o mejora de las existentes.

No obstante, en la actualidad, debería completarse con las actuales demandas de la sociedad en cuanto a desarrollo sostenible. Además, también habrá que salvar la distancia temporal de estas teorías que se formularon para explicar procesos que actualmente, al menos en los países desarrollados, han quedado atrás en el tiempo. Esto requerirá incluir en los análisis otros conceptos y procesos más recientes.

Sobre la convergencia espacio-temporal diremos que es “…una medida de cómo los lugares se acercan si la distancia que les separa se calcula en tiempo.” (Gutiérrez Puebla, 2003, p.319). Sin embargo, la compresión espacio-temporal es variable en el espacio y a lo largo del tiempo.

Este proceso favorece a las relaciones entre las principales ciudades ya que reciben más inversiones. Como señala Gutiérrez Puebla (2003, 319), las grandes ciudades están cada vez más cerca, pero las localidades más pequeñas pueden estar distantes, incluso en ciertos espacios rurales puede producirse el proceso contrario de divergencia espacio-temporal. Precisamente para comprender las diferencias, entre unos espacios y otros, y entre los distintos grupos sociales en su acceso a determinadas infraestructuras de transporte y comunicaciones se utilizan las medidas de accesibilidad.

Además, por su importancia para la elección modal en el transporte de mercancías, indicaremos que el proceso de contracción del espacio también puede constatarse si las distancias se miden en costes, la contracción espacio-coste, ya que los costes de los transportes y de las telecomunicaciones se están reduciendo de una forma considerable.

También, haremos referencia a que la convergencia espacio-tiempo no es un proceso lineal, sino que se produce, como afirma Gutiérrez Puebla con una alternancia entre largos periodos de calma (con ausencia de inversiones) y periodos relativamente cortos de construcción de nuevas infraestructuras o mejora de las existentes (Gutiérrez Puebla, 2003, p.319 y 320).

En los periodos de calma, los tiempos de viaje tienden a permanecer estables, pero al final del periodo, pueden aparecer divergencias espacio-tiempo, cuando la congestión

y el agravamiento de las condiciones de tráfico hacen necesarias nuevas inversiones. (Ibidem).

Sobre el modelo de Janelle (1969), podemos decir que el autor, dentro de la teoría de la interacción espacial y desde enfoques neoclásicos planteó lo que denominó "convergencia espacio-temporal".

También señalaremos, si bien no se tratará la cuestión, que el modelo de Janelle y el modelo cuantitativo de Taaffe, Morril y Gould (1996, p.39), sobre el desarrollo de las redes de transporte, tienen en común la asunción de que los cambios en las redes de transporte están relacionados con los procesos globales de crecimiento económico y desarrollo regional.

Para Janelle, los avances tecnológicos en los transportes y comunicaciones han propiciado que las interacciones espaciales entre lugares se realicen de forma más eficaz y en un menor tiempo, reduciendo el efecto disuasor de la distancia.

La disminución en los costes temporales de los desplazamientos y la plasticidad del espacio producen un constreñimiento heterogéneo del espacio que distorsiona el modelo de configuración espacial. La intensidad de este fenómeno va a estar en función de las capacidades tecnológicas y económicas de la sociedad, espacio o lugar en cuestión, esto es, de su nivel de desarrollo.

Para explicar el modelo seguiremos a Janelle (1969, p.348-357.). Dice que este proceso acumulativo es circular y se inicia con una demanda de accesibilidad (ver figura 3-26). Cuando esta demanda es lo suficientemente intensa se ponen en marcha los mecanismos necesarios para satisfacerla, lo que dependerá, en gran medida, del contexto de desarrollo tecnológico existente (pasos1 a 4).

El autor considera la innovación tecnológica, como cualquier tecnología o métodos que sirvan para incrementar la accesibilidad entre lugares, o que permitan un incremento en la cantidad de bienes o número de pasajeros, que pueden ser transportados entre esos lugares por unidad de tiempo.

Si se produjese esta innovación, su consecuencia sería el proceso de convergencia espacio-temporal que tendría dos efectos sobre el tejido económico existente (paso 5).

El primer efecto, de centralización de las actividades del sector secundario y terciario de la economía en lugares específicos. Este efecto, del que la urbanización es una forma, hace referencia a la focalización del incremento de la actividad humana sobre un lugar particular como resultado del crecimiento de un área integrada económica, cultural y, en algunos casos, políticamente, sobre la que este lugar es dominante (su *hinterland*).

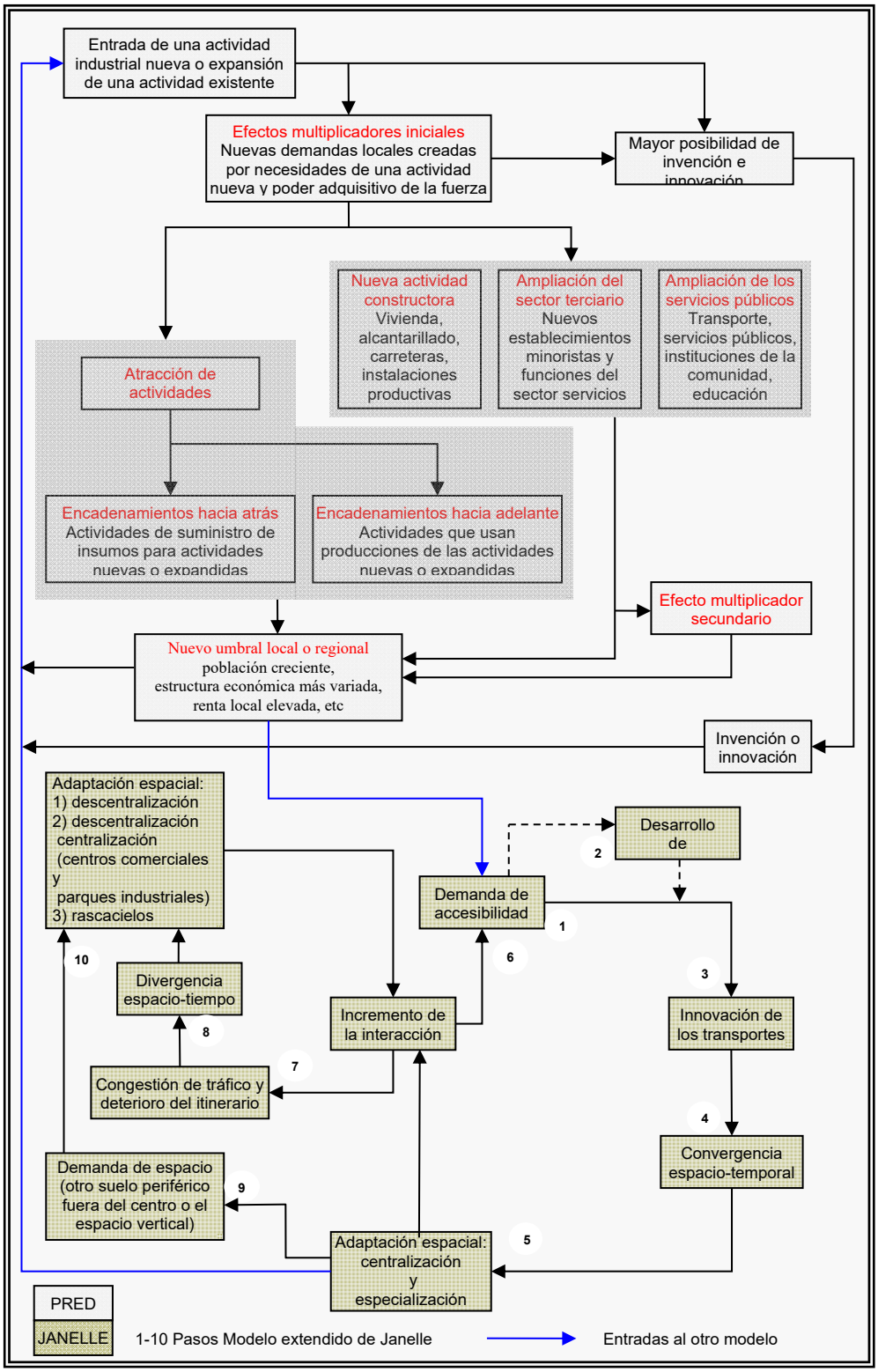
El segundo efecto, la especialización creciente de algunos de estos centros, del que la industrialización es una forma. La intensa concentración de cualquier actividad económica, dará una ventaja comparativa con respecto a otros lugares y áreas. Janelle también afirma que cuanto mayor es la centralización y especialización de las actividades humanas, mayor es la necesidad de un transporte eficiente y de las ventajas locacionales que se obtienen, en el sentido de eficiencia del gasto por unidad de tiempo, en un lugar determinado.

El incremento de la interacción entre los centros, derivado del ahorro en tiempo, medido por el número de viajes, frecuencia y alcance de los mismos, generará mayor demanda de accesibiliad. Este incremento de la interacción, como señala Janelle, estaría en línea con el concepto de transferibilidad de Ullman (op.cit, p.82), y es el elemento que va a contribuir al efecto acumulativo del proceso (paso 6).

En el modelo también podemos encontrar otras consecuencias (pasos 7-10). Continúa diciendo Janelle, que si un lugar no desea o no puede maximizar las ventajas locacionales que posee, al incremento de la interacción no se responderá con una demanda de mayor accesibilidad. Es probable que entonces se produzcan

congestiones de tráfico, deterioro de las carreteras o ambas cosas a la vez (pasos 7), lo daría lugar a divergencias espacio-tiempo (paso 8).

Figura 3-26. Desarrollo acumulativo y convergencia espacio-temporal



Fuentes: P. Dicken y P.E. Lloid (1990, fig.6.7,p.248) y D.J.Janelle, (1969, fig.5,p.53)
Elaboración propia.

Además, para el autor, otra consecuencia directa de de la centralización y especialización es la demanda de suelo o espacio, que es una forma de descentralización. Industrias, almacenes, etc. que buscan aumentar sus economías de escala encuentran la tierra escasa y costosa en las áreas centrales de ciudades, por ello, se mueven a las periferias de las áreas urbanizadas donde está disponible y comparativamente barata (paso 9).

Pero la expansión a la periferia de familias, empresas, etc., supone desventajas temporales para conseguir bienes y servicios que sólo son ofrecidos en el cetro de la ciudad. Para resolver este problemazas familias y las empresas pueden demandar mayor acceso al transporte (pasos 1 a 3) o pueden demandar la localización de nuevos establecimientos en la periferia para darles servicios y empleos (paso 10).

En nuestra opinión, como podemos apreciar en la figura (ver figura 3-26) y por la explicación del modelo, el proceso es circular, ya que el paso 6 -el incremento de la interacción- es el eje de retroalimentación del sistema, con bucles que resultarán positivos (paso 1), en el caso de la convergencia o negativos en el de la divergencia espacio-temporal (paso 7).

Cuando se produce este incremento de interacción, en función, de las necesidades, de la capacidad de inversión, de la capacidad tecnológica, etc, en un determinado lugar, se podrá generar un proceso, bien de convergencia o bien de divergencia espacio-temporal, cada uno de los cuales llevará asociado, respectivamente, economías o des-economías de escala.

Por otra parte, este proceso, va a tener importantes consecuencias espaciales y económicas sobre el territorio, favoreciendo su desarrollo o, por el contrario, dificultándolo, ya que se generarán economías de aglomeración, produciéndose un "efecto multiplicador" del crecimiento económico sobre ese territorio.

Pred (1996), explica mediante este concepto el impacto que tiene sobre el tejido económico de un territorio, la implantación de una actividad nueva o la expansión de una ya existente que se traduce en un proceso de crecimiento sostenido en el tiempo sobre todas las actividades económicas.

Es importante decir que "Pred (1966), basándose en las ideas de Myrdal (1957), sugirió que las aglomeraciones que proveen a un gran mercado local son capaces de atraer nuevas industrias, lo que aún hace mayor su mercado local…". (Krugman, 1997, p.90).

Como señala Krugman, "Dicha causalidad acumulativa parece sugerir que ventajas iniciales debidas a accidentes históricos son cruciales para explicar la localización." (Ibidem). El principio de causación circular y acumulativa lo plantea Myrdal, entre otras cuestiones, para dar respuesta a lo que considera una falta de realismo de la teoría económica clásica.

Según el citado autor "Un ejemplo de supuesto carente de realismo lo constituye el de equilibrio estable…Lleva implícita la noción de que cada perturbación provoca una reacción en el sistema encaminada a restaurar un nuevo estado de equilibrio, y que la acción y la reacción se encontrarán en un mismo tiempo espacio." (Myrdal, 1959, pp.19-20).

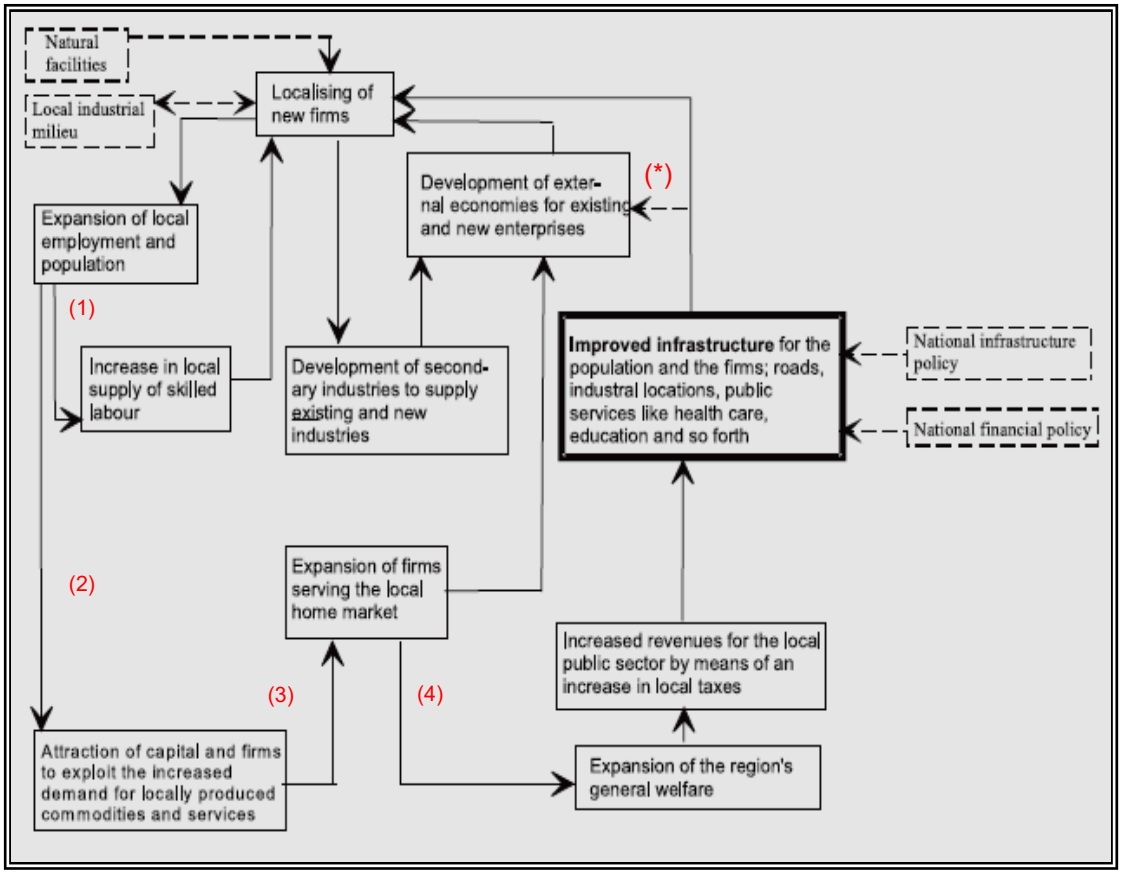
Por lo tanto, para el autor, "el sistema no se mueve por sí mismo hacia ningún tipo de equilibrio entre fuerzas, sino que se está alejando constantemente de tal posición" (Ibidem, p.24).

Myrdal hace responsable al entorno, es decir, según nuestro enfoque, a los otros subsistemas territoriales, puesto que como afirma, "Las fuerzas externas impulsan constantemente al sistema en uno u otro sentido, y al propio tiempo hacen cambiar la estructura de las fuerzas dentro del propio sistema" (Ibidem, p.30).

Además, también utiliza la multicausalidad entre las numerosas relaciones que se establecen dentro y fuera del sistema, porque escribe "…es inútil tratar de encontrar un factor predominante…ya que todas las cosas son causa de todas las demás en forma entrelazada y circular." (Ibidem, p.31).

En la figura (ver figura 3-27), en la línea seguida por Myrdal y Pred, señaladas anteriormente, Bråthen (2001, p.26), muestra las posibles causas y efectos cuando las mejoras en las infraestructuras de un lugar tienen influencia en las condiciones para la industria local.

Figura 3-27. Infraestructuras y crecimiento acumulativo



(*) Papel de las infraestructuras en la reducción de los costes de la interacción entre agentes

(1) nº de bucle

Fuente: Bråthen, S., 2001, figura1, p.27. Elaboración propia: añadir símbolo (*) y nos de bucle.

Estas mejoras en esa área pueden atraer nuevas empresas, las cuales como consecuencia expandirán la demanda de empleo y capital. Cuatro bucles principales describen los efectos circulares y acumulativos (Ibidem):

1)La atracción de nuevas firmas incrementa la población y, por lo tanto, el abastecimiento local de trabajo experto.

2)La expansión del empleo local y la población atraen capital y empresas para servir al incremento local de bienes y servicios.

3)Las industrias secundarias pueden evolucionar para apoyar a las nuevas y a las industrias primarias existentes.

4)Como la actividad económica incrementada aumenta los ingresos del sector público al tener en cuenta las inversiones en infraestructura pública. Estas inversiones impulsarán de nuevo los efectos hacia delante de la localización

> de nuevas actividades y reducirán los costes de transacción de la interacción entre agentes.

El segundo y tercer bucle, pueden apoyar el desarrollo de economías externas para las empresas existentes y las nuevas. Estas economías externas se desarrollarán por el número creciente de agentes económicos que interactúan. Sin embargo, una cuestión pendiente que no trata Myrdal, como señala Bråthen (2001, p.26), está relacionada con el "problema de la masa crítica"; por ejemplo, qué nivel de actividad económica debe de existir para que el proceso tenga lugar.

También en la misma dirección, Krugman afirma "…la interacción entre la demanda, los rendimientos crecientes y los costes de transporte son la fuerza motriz de un proceso acumulativo que acentúa las divergencias regionales (1992, p.17). "A causa de los costes de transporte, las mejores localizaciones son aquellas que tienen un buen acceso a los mercados (vinculaciones hacia delante) y a los proveedores (vinculaciones hacia atrás)." (1997, p.88).

Hay que destacar que en las localizaciones donde existe una concentración de población y actividades, como algunos ejes o corredores, la existencia de un sistema de transportes con mejores prestaciones que en otras permite a las industrias y empresas un acceso a los mercados mucho mejor.

Como afirman Izquierdo y Monzón, (1992, p.33), el llamado proceso acumulativo de Myrdal entraba en funcionamiento provocando una mayor concentración de tráfico en las infraestructuras mejoradas que, a su vez, requerían unas nuevas ampliaciones, contribuyendo de esta manera a aumentar los desequilibrios territoriales y configurando un modelo centro-periferia.

De lo expuesto en este punto se infiere que, si bien, la planificación y realización de infraestructuras de transporte es para los poderes públicos un instrumento adecuado con el que luchar contra los desequilibrios territoriales, pero no hay que olvidar la complejidad de las relaciones que se establecen y la fragilidad de sus equilibrios.

Sin embargo, haciendo referencia al *stock* de capital público[47], del que forman parte las infraestructuras, es necesario señalar que "…una vez alcanzados unos niveles más homogéneos de dotación entre distintas áreas geográficas, la capacidad de acelerar la convergencia con nuevas inversiones es mucho más reducida." (Mas et al., 1995, en De Rus, 1996, p. 222).

Por ello, ante esta especie de rendimientos decrecientes, los planificadores, deben ordenar el territorio desde enfoques globales y basarse en la experiencia acumulada de anteriores actuaciones para evitar los errores del pasado.

[47] Para De Rus (1996, p. 223),el capital público forma parte de la función de producción de prácticamente la totalidad de las industrias en las economías modernas, se trata de un factor de producción por el que no siempre se paga. Como afirma el citado autor, el conjunto de infraestructuras de transporte, sanitarias, educativas, de depuración y abastecimiento de agua, etc., constituyen elementos esenciales sin los cuales el funcionamiento del sistema económico es simplemente imposible.

4. EL SISTEMA DE TRANSPORTE ANTE LA SITUACIÓN ACTUAL EN UN ENTORNO GLOBALIZADO

En la actualidad existe un proceso muy avanzado, el de globalización, que afecta a todos los territorios con mucha intensidad y, de la misma forma, al sistema de transporte.

Este proceso va a hacer que en un entorno mundial muy competitivo los territorios deban buscar con fuerza ser competitivos para mantener su dinamismo. Se pretende indagar en las medidas que deben tomar los territorios para poder alcanzarlo.

De los innumerables elementos externos que pueden afectar a un sistema territorial y, más concretamente, a la competitividad de ese territorio, consideramos en la actualidad como más importante el entorno económico globalizado, ya que está influyendo poderosamente en la modificación del mapa industrial mundial y, consecuentemente, en el sistema de transporte a todas las escalas.

A su vez, estos temas están muy relacionados con el logro del objetivo perseguido por todos los territorios que es su propio desarrollo. Si bien, como ya se ha dicho, y se verá más adelante su significado, ha de ser sostenible.

Por lo tanto, es evidente que estas cuestiones no pueden obviarse por la influencia que tienen sobre nuestro sistema territorial y, por lo tanto, en el alcance de nuestro estudio del sistema de transporte.

Por último, se señalará una medida que se debería buscar con firmeza, la cooperación entre transporte y logística. Aunque son sistemas distintos, son dos planos que se cruzan, presentando una línea común, un eslabón conjunto en ambas cadenas que debe satisfacer las necesidades actuales de producción y de competitividad de las empresas implantadas sobre un territorio, así como del propio territorio en que se asientan.

Sin embargo, no hay que olvidar tampoco la creciente crítica social a los problemas medioambientales y sociales generados por el sistema de transporte y la preocupación de muchos gobiernos por estos temas.

Por lo tanto, para poder alcanzar un desarrollo sostenible, será absolutamente necesario un transporte también sostenible, que en el caso del transporte de mercancías precisará, además de otras medidas, de un cambio en los requerimientos logísticos de las empresas y del sistema logístico en general.

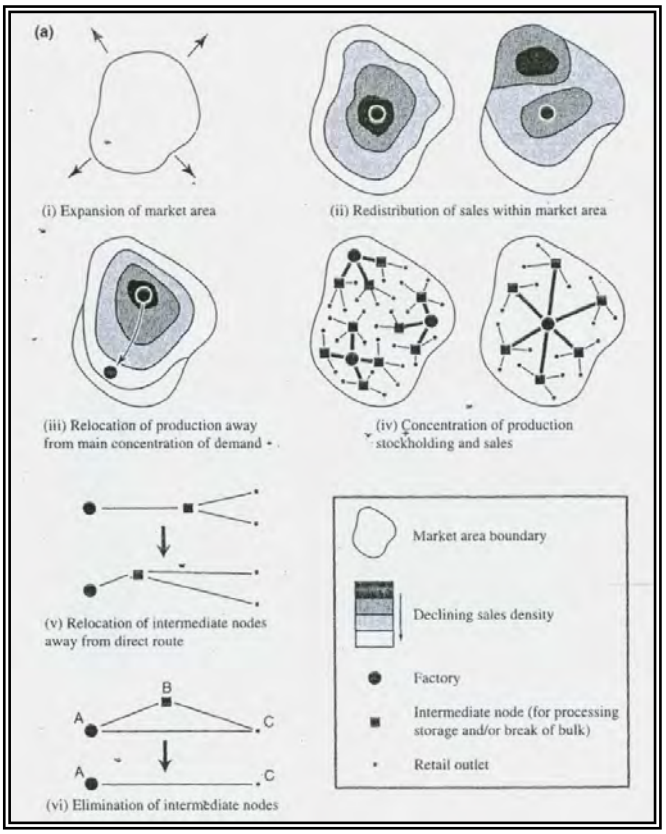
4.1. GLOBALIZACIÓN Y COMPETITIVIDAD TERRITORIAL

Un concepto ya nombrado y fundamental en la actualidad, es el de “Globalización”, tanto por la escala del proceso, como por su intensidad y por los acalorados debates que ha suscitado y suscita en todos los ámbitos sociales, políticos y científicos.

El sociólogo alemán Ulrich Beck en 1998, distingue las siguientes dimensiones de la globalización: la técnica de la comunicación, la ecología, la economía, la organización del trabajo, la cultura y la sociedad civil (en Heineberg, 2005, p.5).

Del párrafo anterior se infiere que la globalización afecta profundamente al territorio en todos los planos y a todas las escalas. En palabras de Brugué, “el territorio es a la vez el principal receptor de los efectos de la globalización y el principal emisor respuestas ante sus retos.” (Brugué *et al*, 2002, p.19).

Figura 4-1. Relaciones entre incremento del área de mercado, relocalización y transporte



Fuente: Tolley, R.S. and Turton, B.J., 1999, fig. 2.11.p. 30.

Este proceso, obviamente afectará a nuestro análisis, porque se están produciendo fenómenos de deslocalización de la producción a otros territorios y esto modifica, tanto el mapa industrial como el sistema de transporte, a todas las escalas.

Más aún, señalaremos, que estamos totalmente de acuerdo con Higueras, cuando afirma que "…la deslocalización de los centros de gestión y de decisión está llevando a una nueva configuración de los espacios funcionales." (Higueras, 2003, p.150).

En la figura (ver figura 4-1), se representan los cambios de las relaciones entre localización de industrias y área de mercado, así como, los efectos sobre la longitud de los trayectos.

Durante la primera mitad del siglo pasado no se hablaba de globalización. Según Dematteis (2002, p. 163) se hablaba de relaciones internacionales y del consiguiente movimiento de personas, mercancías, dinero e información. Para dicho autor, algunos de estos fenómenos ya eran "globales" en el sentido de que producían efectos a escala de todo el planeta, pero esa globalidad era limitada e indirecta. (Dematteis 2002, p. 163).

Sin embargo, en el transcurso de algún tiempo, alguna de las dimensiones de la globalización estaba ya muy avanzada, para Rueda (Rueda, 2002, p. 272), la globalización económica era un hecho casi consumado en los años ochenta del pasado siglo y a finales de siglo.

El proceso estaba muy avanzado, y avanzó más rápido, porque como señala Heineberg, "En los años 1980, se inició el rápido incremento de las empresas transnacionales (o multinacionales), es decir, fue una fase de la globalización en la que determinadas ciudades recibieron funciones nuevas. Los años 1990 constituyeron una etapa de globalización acelerada." (Heineberg, 2005, p.7).

En la actualidad, este proceso está alcanzando a todos los aspectos humanos y físicos del planeta y a las múltiples relaciones que se establecen entre ellos, conformando, más allá de las fronteras nacionales, una sociedad planetaria.

Para Calvo, Pueyo y Tricas (2002, p. 12) "…la globalización, constituye, además, una nueva forma de pensamiento en la organización de la realidad, de la sociedad y de la economía…". Para Santos (1996, p.131, en Gutiérrez Puebla, 2003, p.322), la globalización constituye "el estadio supremo de la internalización, la amplificación en el sistema mundo de todos los lugares y de todos los individuos, aunque en diferentes niveles".

Obviamente, en este proceso de globalización, las políticas económicas de los distintos países no son ajenas a los cambios, produciéndose la convergencia de la mayoría de ellas hacia un pensamiento único. Una de sus consecuencias más importantes es que los estados sean cada vez menos intervencionistas en materia económica, en el sentido Keynesiano del término. Esto implica, en realidad, la pérdida de capacidad decisoria y poder político de los gobiernos, en favor de las empresas multinacionales que, con las correcciones necesarias, han pasado a ser la fuerza motriz de la economía.

Este giro hacia el ultraliberalismo económico deja los ajustes del sistema económico capitalista en manos del mercado, lo que tiene consecuencias directas en los sistemas productivos y en las empresas. En la actualidad estamos asistiendo a la crisis de este modelo económico propiciada, precisamente, por el propio sistema, sus agentes y la falta de regulación del poder político en algunos países proclives, no tanto al propio sistema capitalista, como a exprimir y explotar al máximo, de forma inmoral, las posibilidades que ofrece el sistema.

No obstante, a causa de la crisis mundial que nos atenaza, los países están tomando medidas intervencionistas para reestablecer el equilibrio entre oferta y demanda del sistema financiero mundial que, de alguna forma, cuestionan el modelo más liberal de sistema económico. Pero continuando con la globalización, podemos decir que su avance, tanto en extensión como en intensidad, habría que buscarlo en ciertos factores[48] que han acelerado el proceso favoreciendo la difusión de innovaciones y las considerables transformaciones que se han producido en los últimos tiempos a escala mundial.

De ellos, cabe subrayar la innovación tecnológica en los transportes y las comunicaciones ya que ha acelerado significativamente la reducción de los tiempos y costes de transporte, favoreciendo el proceso de la convergencia espacio-temporal o la compresión espacio-tiempo.

Para Porter, la reducción de los costes de transporte o de almacenamiento es el factor que estimula claramente la globalización y la competencia entre empresas globales," La prolongada disminución real del costo del transporte durante los últimos veinte años es una de las causas principales de la mayor competencia global que observamos hoy." (Porter, 2004, p.295).

La reestructuración productiva que provocó la crisis del modo de producción fordista y los principios Keynesianos asociados, trajo consigo importantes cambios en la organización industrial, para Kuri estos cambios colocaron en primer plano a las Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes), debido tanto a su flexibilidad productiva

[48] Los factores que han incidido en la aceleración del proceso de globalización según la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 1996) son: 1) Los cambios en las políticas económicas y comerciales que han generalizado la liberalización de los mercados de bienes, servicios y factores de producción. 2) Las novedosas estrategias de las empresas multinacionales que aprovechan las nuevas oportunidades de localización que la integración les presenta. 3) La introducción de las innovaciones en los transportes y comunicaciones que facilitan la integración de los mercados y la producción multinacional, reduciendo los costes de producción y de los intercambios. (Vazquez Barquero, 2000, p. 2).

como a sus formas de organización de carácter más horizontal. Las grandes firmas no perdieron ni su poder ni su dominio, pero tuvieron que adaptarse a los cambios y aprender a ser flexibles, tanto en la producción como en la organización, tarea en la cual muchas veces contaron con la colaboración de las Pymes. (Kuri, 2006, p.2).

De esta forma, en los últimos decenios se ha consolidado el modo de producción de especialización flexible para atender a los rápidos cambios de la demanda y como estrategia competitiva de las empresas. Más aún, la introducción de formas más flexibles de organización empresarial, la externalización de funciones de producción, de funciones logísticas [49], la creación de redes de empresas o la aplicación de la logística a la cadena de transporte, son también, entre otras, estrategias que adoptan las empresas para competir en la nueva economía global.

Por otra parte, es sabido y no conviene olvidar, que el desarrollo económico de un territorio y su competitividad en esta nueva economía global está en función de su actividad económica y de la competitividad de las empresas implantadas en él, de la que emana. Por lo tanto, los territorios habrán de desarrollar también estrategias competitivas que atraigan esa actividad para ser competitivos.

Desde este punto de vista, parece acertado afirmar que la globalización también alcanza a los territorios y a los poderes que los dirigen y gestionan, como pone de manifiesto Vázquez Barquero, cuando opina que "Las diferentes formas de regionalización y de integración de las economías nacionales (como la Unión Europea, el Acuerdo de Libre Comercio de América del Norte, el Mercado Común del Cono Sur, o la Asociación para la Cooperación en Asia Meridional) son, en definitiva, los mecanismos a través de los que se institucionaliza el proceso de globalización." (Vázquez Barquero, 2000, p.2).

Por todo ello, a los territorios se les van a exigir grandes esfuerzos e ideas novedosas que les permitan obtener una buena posición en un creciente entorno competitivo a todas las escalas. Dentro de estas estrategias competitivas se podrían enmarcar, entre otras acciones, el marketing territorial y las políticas de desarrollo territorial.

Hasta ahora estamos hablando de competitividad, un concepto que cobra cada vez más fuerza y ya ha nombrado varias veces. Pero ¿qué es la competitividad? Para los expertos comunitarios, según Soler, una definición posible es "…la capacidad de producir bienes y servicios que superen la prueba de los mercados internacionales y mantengan al mismo tiempo unos niveles de renta elevados y duraderos." (Soler, 2002, p. 141).

Así, según este autor, para que una región sea competitiva debe tener, tanto un nivel de productividad alto, como un elevado número de empleados; sin olvidar que el éxito individual de las empresas implantadas sobre ella aumentará la competitividad en la medida en que las "externalidades" que genere, faciliten el desarrollo de otras empresas. (Soler, 2002, p. 141-145).

Aquí conviene aclarar, ya que Soler cita la región, que se considera más acertado utilizar el concepto de territorio mejor que el de región geográfica porqué, como henos visto en el punto 2.1, y sin entrar en debates epistemológicos de naturaleza geográfica, parece que el territorio lleva implícita una mayor organización o, mejor aún, una mayor capacidad estratégica de organización. También por la aparente mayor flexibilidad conceptual del territorio para el cambio de escala y el tratamiento del área metropolitana de estudio.

Se coincide, en parte, con la opinión de Dematteis, para quien la región geográfica parece cada vez menos adecuada para tratar las relaciones complejas que se han ido creando en las últimas décadas entre organización socio-económica y medio ambiente, entre las redes de los flujos y los territorios, y entre el plano global y el local, (Dematteis, 2002, p. 173).

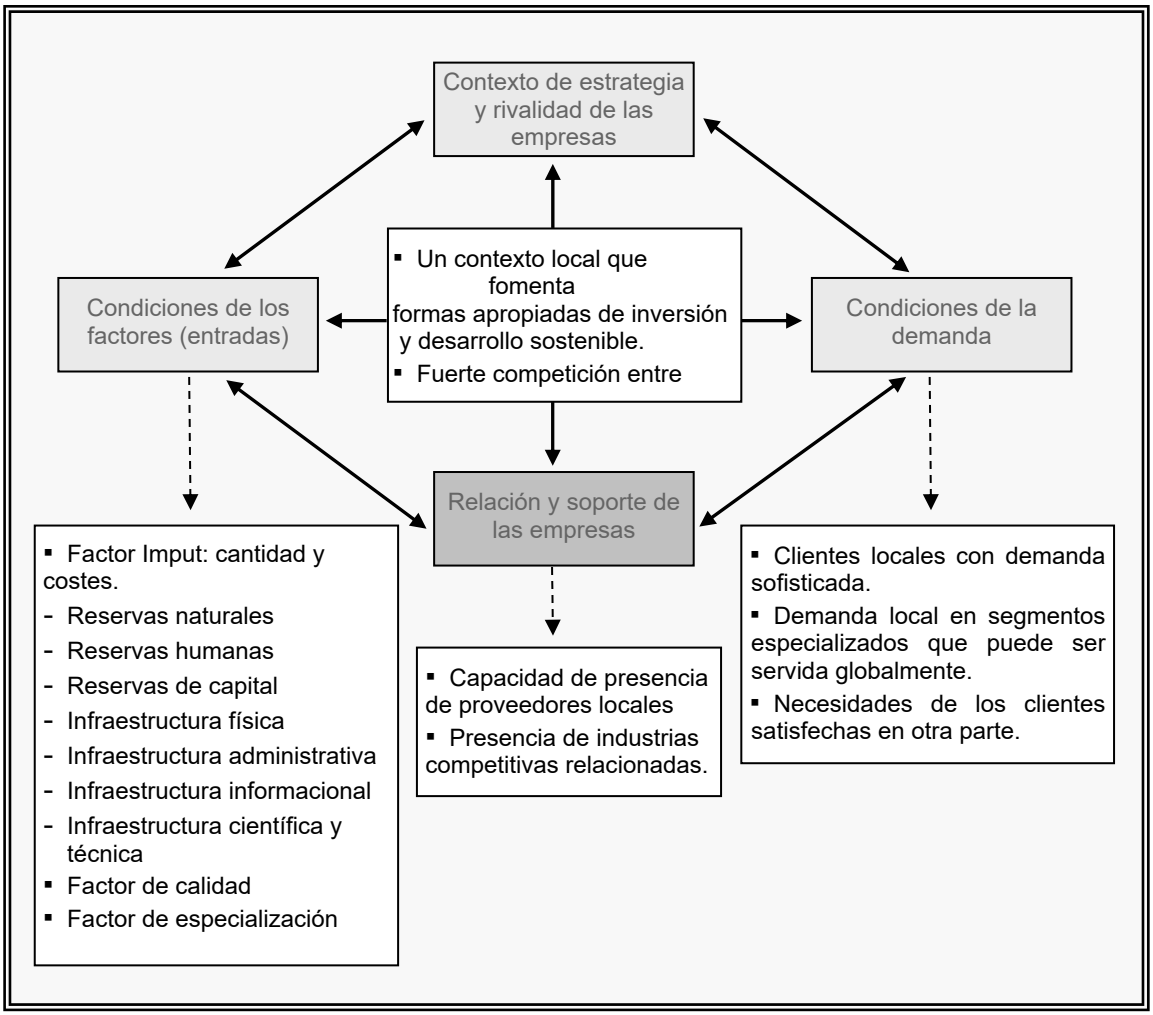
[49] En el apartado 4.3. se verán los tipos de externalización de funciones logísticas.

Se trata de ser coherente con lo afirmado en el punto 2.1., de que es, en, sobre o desde el territorio dónde se producen todos los hechos geográficos, si bien, se mantendrán los conceptos originales de los autores cuando se les haga referencia o se les cite.

Hecha esta salvedad, estamos de acuerdo con Vázquez Barquero en que "La globalización es un proceso vinculado al territorio, no sólo porque afecta a las naciones y países, sino, sobre todo, porque la dinámica económica y el ajuste productivo dependen de las decisiones de inversión y de localización de los actores económicos y de los factores de atracción de cada territorio." (Vázquez Barquero, 2000, p.2).

Continúa el citado autor diciendo que "El proceso de globalización, por lo tanto, es una cuestión que condiciona la dinámica económica de las ciudades y regiones y que, a su vez, se ve afectada por el comportamiento de los actores locales. Las empresas compiten en los mercados juntamente con el entorno productivo e institucional del que forman parte. Por ello, puede hablarse de la competencia entre las ciudades y regiones…" (Ibidem).

Figura 4-2. Fuentes de la ventaja competitiva locacional



Fuente Porter, M.E, (2000, figura 13.1, p.258). Elaboración propia

Porter (2000, p.257) modela el efecto de la localización sobre la competencia, gráficamente representado por un diamante (ver figura 4-2), capturando la naturaleza del entorno empresarial cambiante dado por multitud de influencias locacionales sobre

la productividad y su crecimiento. Los clusters contienen un aspecto de diamante (recuadro más oscuro), pero es mejor verlos como una manifestación de las interacciones entre los cuatro aspectos señalados en la figura.

No obstante lo dicho, ha habido cierto debate que se ha suscitado en los últimos años de si son los territorios los que compiten o las empresas. Sobre esta cuestión, Camagni (2006, p.111) señala, que la competitividad territorial es un concepto teórico sólido. Pero que no es de aplicación a la creciente obsesión por competitividad internacional de las naciones refutada por Krugman (Camagni, 2006, p.116).

Afirma el citado autor que "En una economía globalizadora, los territorios y no sólo las firmas cada día compiten más entre sí. En realidad, a diferencia de los países, las ciudades y regiones se disputan los bienes y factores de producción en el mercado internacional… " (Camagni, 2006, p133).

Siguiendo a este autor, podemos decir que la competitividad alcanzada a través de la calidad territorial y de la eficacia del servicio público reporta beneficio a todas las actividades económicas locales (Ibidem). Además, la obtenida mediante la especialización espacial amplía los cometidos de las especializaciones complementarias, creadas en contextos territoriales complementarios (Ibidem).

Por último, señalar que la competitividad adquirida creando sinergias entre actores o integrando e incorporando firmas externas al tejido de relaciones locales, explota excedentes tecnológicos y organizativos, y genera rendimientos crecientes que constituyen la base del desarrollo económico en su sentido "generativo" (Ibidem). Por lo tanto, a nuestro entender, el concepto de competitividad entronca directamente la actividad y el componente social del territorio en el modelo territorial; desde este punto de vista, la competitividad de un territorio estará estrechamente ligada al modelo territorial establecido en ese territorio.

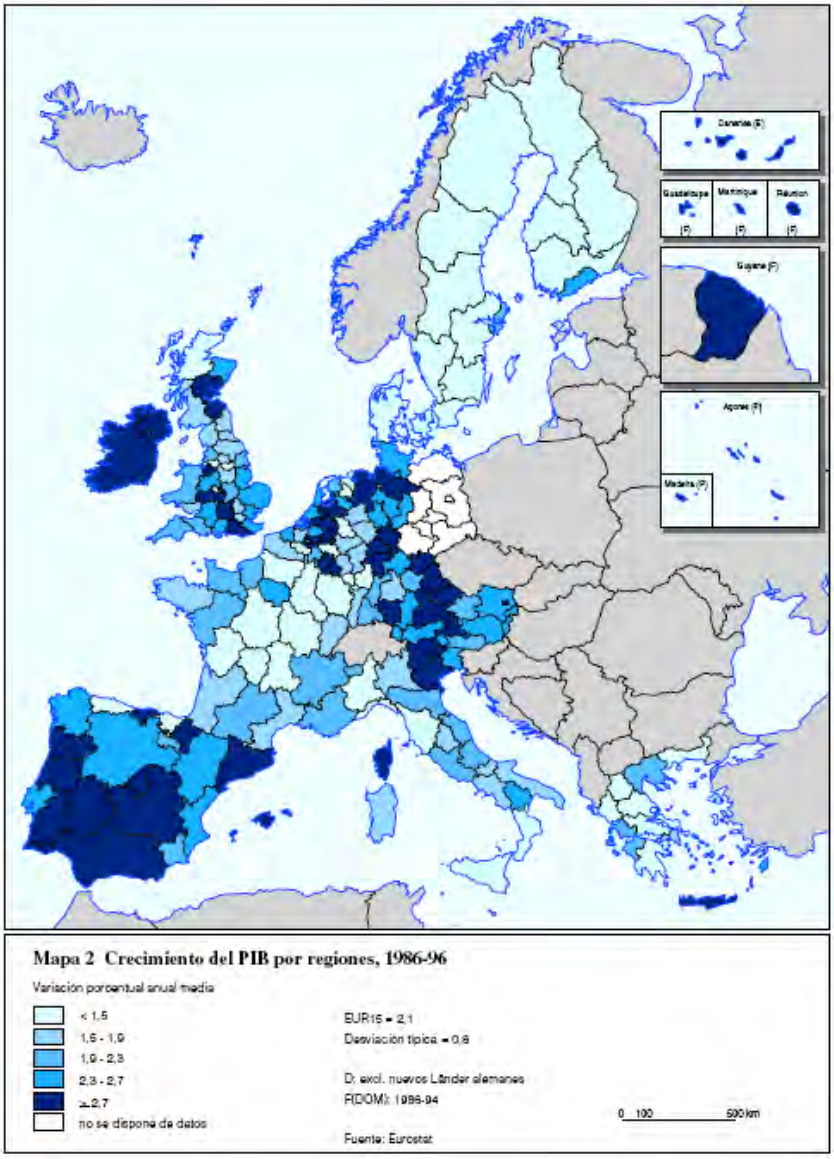
En este punto, podemos referirnos a los factores de los que depende la competitividad regional, también apreciar, cómo de forma implícita se encuentran en estos factores, el componente social del territorio y el modelo territorial; generalmente se acepta que la competitividad tanto de las empresas como de las instituciones públicas de una región es un factor clave para su desarrollo económico y, por lo tanto, para el mantenimiento de un elevado nivel de empleo.

Para explicar las regiones que tienen éxito, el Sexto informe periódico sobre la situación y la evolución socioeconómica de las regiones de la Unión Europea (1999, p.80), sigue el estudio inédito realizado para la Comisión Europea en 1998 por *Cambridge Econometrics*, titulado *Regional Competitiveness Indicators* (Ibidem, p. 94).

El objetivo de este estudio fue tratar de explicar los factores de la competitividad de las regiones reduciendo el problema a los elementos más básicos, relacionando el Producto Interior Bruto (PIB) per cápita de las regiones y las características más significativas que le influyen ver mapa 4-1).

El enfoque consiste, en primer lugar, en identificar los principales factores que se analizan en la literatura y que se piensa que explican las diferencias entre los PIB per cápita de las distintas regiones; en segundo lugar, elabora para cada uno de ellos un indicador sencillo, pero estadísticamente robusto y observable para representarlo; en tercer lugar, correlaciona las diferencias entre los indicadores de las distintas regiones con las diferencias entre sus PIB per cápita y sus PIB por persona ocupada.

Mapa 4-1. Crecimiento del PIB por regiones 1986-1996



Fuente: Sexto informe periódico sobre la situación y la evolución socioeconómica de las regiones de la Unión Europea, 1999, mapa 2, p. 22.

Según el citado estudio, hay cuatro factores que están estrechamente relacionados con las diferencias regionales en lo que se refiere a estas dos medidas del PIB:

- El grado de actividad innovadora, que se mide por medio del número de patentes solicitadas: las regiones que obtienen mejores resultados tienden a tener más solicitudes que otras.

- La estructura de la actividad económica que, para los fines perseguidos, representa simplemente la distribución del empleo entre la agricultura, la industria manufacturera, la construcción, los servicios destinados a la venta y los servicios no destinados a la venta: en las regiones que tienen los niveles más altos de PIB per cápita, el empleo tiende a estar relativamente concentrado en los servicios destinados a la venta y/o en la industria manufacturera.

- La facilidad de acceso de las regiones, que se mide por medio de un nuevo índice de "perifericidad" elaborado por la DGXVI, que incluye implícitamente los efectos de las diferencias en lo que se refiere a la infraestructura de transporte: las

regiones cuyo PIB per cápita es superior a la media tienen mayores facilidades de acceso.

- La cualificacione de la mano de obra, que se mide por medio del número relativo de personas de 25–59 años que tienen un nivel de estudios alto (nivel universitario o equivalente), medio (estudios secundarios de segundo grado) y bajo (estudios básicos solamente): las regiones que obtienen mejores resultados tienden a tener una proporción superior a la media de trabajadores relativamente bien cualificados.

Según se refleja en el citado informe, en el que examinan los datos estadísticos del decenio 1986-1996, estos cuatro indicadores "explican", en un sentido estadístico, casi dos tercios de la diferencia entre los PIB per cápita de las distintas regiones de la Unión Europea, en el sentido de que, en promedio, alrededor de un 65% de esta diferencia está relacionado con las diferencias en cuanto a los factores representados (este resultado se estima utilizando una ecuación de regresión lineal simple).

Sin embargo, se dice en el mismo informe que este resultado debe interpretarse con suma cautela. En primer lugar, la relación no es más que una media y hay muchas regiones que se alejan de la media, por ejemplo, tienen un nivel de PIB per cápita relativamente alto y unos valores relativamente bajos en uno o más indicadores. En segundo lugar, la relación media como tal no suministra ninguna información sobre el sentido de la causación. En tercer lugar, los propios factores no sólo están interrelacionados sino que pueden no producir el mismo efecto por separado. En cuarto lugar, y lo que quizá sea más importante, los factores incluidos en el análisis son factores que se prestan a ser medidos (Ibidem, p. 80).

Por su parte, el informe Crecimiento de las regiones, Desarrollo de Europa. Cuarto Informe sobre la Cohesión Económica y Social (versión provisional, 2007, p.74), hace referencia al atractivo de las regiones, esto es, a algunos factores de localización para las empresas. Dice, que aunque la política no puede afectar a factores como el tamaño del mercado nacional ni la proximidad a las fronteras nacionales, sí puede influir en otros factores que determinan el atractivo de las regiones, no sólo en los nuevos Estados miembros, sino en general. Entre esos factores, cabe destacar los siguientes:

- Gasto relativamente elevado en I+D.
- Buenas infraestructuras básicas y buena accesibilidad
- Buenas infraestructuras de tecnologías de la información y la comunicación y uso extensivo de esas tecnologías.
- Mano de obra altamente cualificada

Sobre los factores citados en los dos informes nos parece necesario realizar algún comentario, dada la importancia de la competitividad de las regiones que está muy relacionada con su capacidad de atracción.

La innovación, tiene que ver con la capacidad de las empresas implantadas sobre un territorio de adoptar nuevas tecnologías, propias o transferidas, para mejorar el proceso de producción, así como con su capacidad innovadora de introducción de nuevos productos en el mercado[50]. Además, la adopción de innovaciones puede generar economías de localización en el grupo de empresas implantadas sobre ese territorio.

[50] La Teoría del ciclo del producto, formulada por Davidson, Bates y Bass en 1976, desde el punto de vista de la oferta, explica cómo de forma cíclica y por medio de la innovación, las empresas introducen nuevos productos en el mercado en la búsqueda de la competitividad, pudiéndose establecer una correlación positiva entre innovación y competitividad.

No obstante, existen otros factores que también generan ahorros en los costes de producción. Ofrecemos una clasificación no excluyente y simplificada de estas economías, tanto en función de los factores que los producen como según los beneficios originados por las mismas (ver cuadro 4-1).[51]

Cuadro 4-1. Rendimientos de escala y economías de aglomeración

TIPOS DE RENDIMIENTOS DE ESCALA Y ECONOMIAS DE AGLOMERACION						
	EMPRESA		INDUSTRIA		AREA URBANA	
	EXTERNAS	INTERNAS	EXTERNAS	INTERNAS	EXTERNAS	INTERNAS
ESCALA	2	1				
AGLOMERACION	3			3		
	4					4
	5			5		

1 Rendimientos internos de escala. 2 Rendimientos externos de escala.
3 Economías de Localización. 4 Economías de Urbanización. 5 Economías de Transferencia.
Elaboración propia. Fuente: Puyol, R. et al. (1995. p. 631-637) y Álvarez, M. et al. (1996, p. 4).

Pero no sólo esto, el desarrollo del sistema productivo local de un territorio y de su sistema económico, estará en función también de la capacidad de los actores, económicos, sociales y políticos, de ese territorio para interpretar los mecanismos de ese desarrollo y actuar en conjunto de forma coordinada.

---

[51] Las economías internas son las que se producen dentro del interior de una empresa o industria como producto de la ampliación de la escala de producción, tales como las que surgen de la indivisibilidad de ciertos equipos o procedimientos técnicos, que tienen una escala donde la eficiencia es mayor; a causa de la especialización o división del trabajo entre el personal de la firma, también las que se producen cuando hay significativos costos fijos de diseño, investigación y desarrollo de productos, etc

Las economías externas hacen referencia a las rebajas en los costes conseguidas a partir de fuentes externas a la organización industrial de cada empresa. Son las que se producen cuando, al integrarse diversas empresas o industrias caen los costes de financiación o de obtención de materias primas, o cuando es posible hacer economías debido a que se comparten ciertos procesos tecnológicos que obligan a utilizar materias primas o servicios técnicos semejantes.

Economías de localización. Consideradas como economías externas a la empresa e internas a la industria. Son todas aquellas ventajas derivadas de la localización concentrada de empresas de un determinado proceso productivo. Fundamentalmente, la posibilidad de procesos de especialización entre empresas dentro del ciclo productivo; la reducción de costes de transacción dentro del área entre las diversas unidades productivas; la creación de mano de obra especializada; la formación de un conjunto de servicios que generan un mejor conocimiento y valoración de la producción local y la creación de una cultura industrial generadora de dinamismo.

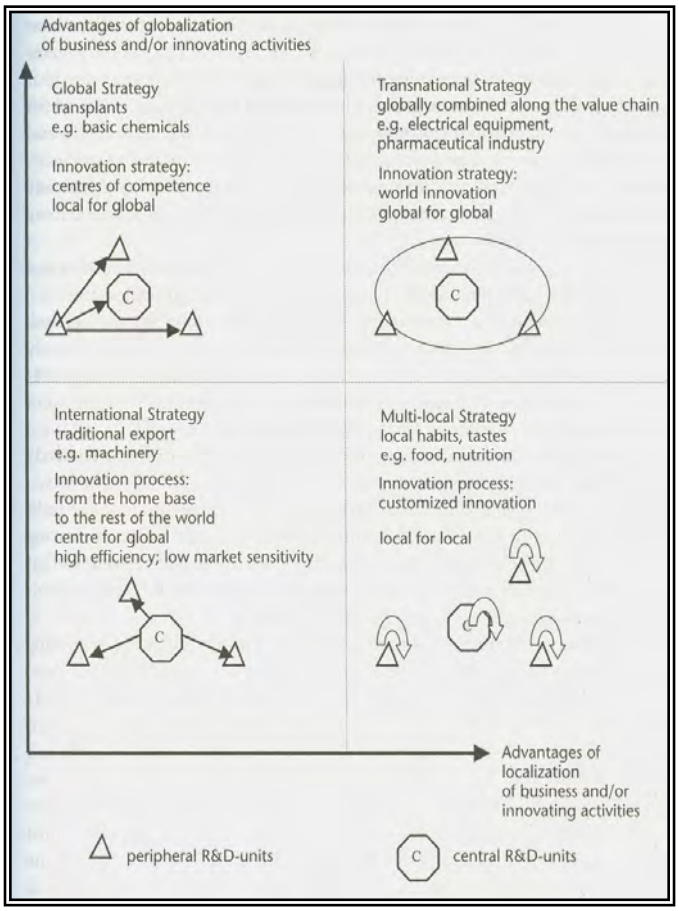
Economías de urbanización y de aglomeración social, son aquellas economías externas a la empresa e internas al área urbana que caracterizan un ambiente urbano, están derivadas de la presencia de infraestructuras genéricas utilizables por todas las industrias y de la estrecha interacción entre instituciones y actividades diferentes.

Economías de transferencia. Considerando como tales aquellas que son internas a la empresa y derivadas de la localización próxima a una serie de proveedores, por la que las consideramos como economías externas.

Las propuestas de clasificación de los factores de aglomeración son muy numerosas, sobre todo en los últimos años, en consonancia con el mayor interés despertado. Las más relevantes son a nuestro juicio las de Hoover (1937), Richarson (1973), Moseley (1977), Towmroe y Roberts 81980) y Abdel Rahman (1987). Para mayor información ver nota nº 13 de Álvarez, M. et al. (1996, p. 4).

De esta forma, mediante la innovación, (ver figura 4-3), conseguirán generar conocimiento para que pueda ser incorporado a la comprensión de esos mecanismos y permita la conexión a las distintas redes[52], al actual espacio de flujos que coexiste con el tradicional espacio de lugares.
Las investigaciones sobre las economías externas ocultas en los sistemas productivos locales, en las redes de empresas, en las redes socio-institucionales, en las redes de innovación y en las economías de red generadas por los distritos industriales y los clusters, entre otros, han sido, y siguen siendo, numerosos.

Figura 4-3. Ventajas de la globalización de empresas y/o actividades de innovación



Fuente: Hotz Hart, B. (2000, figura 22.1, p.441)

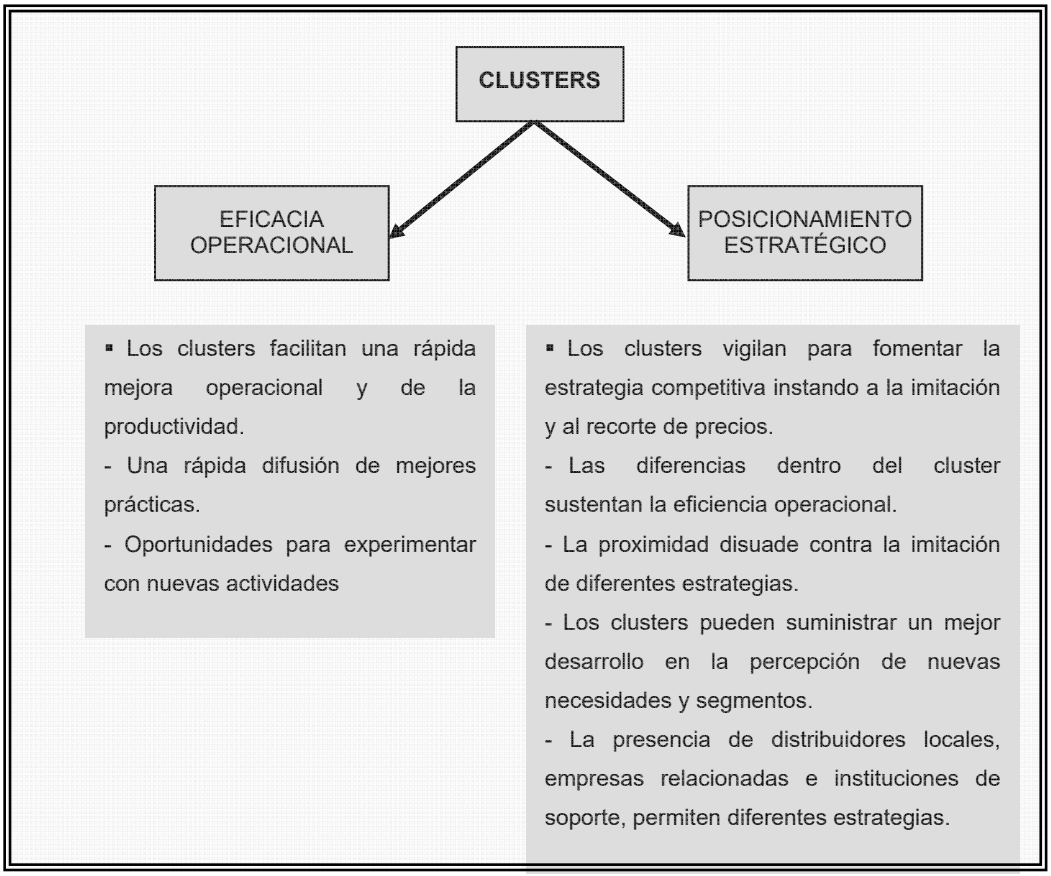
Sin embargo, es necesario tener en cuenta, como señalan Johansson y Quigley (2004, p.166), que el desarrollo de las redes no está vinculado a la aglomeración urbana, ya que la aglomeración describe un punto, mientras que las redes consisten en nodos y eslabones que conectan estos nodos, para facilitar transacciones entre agentes. Las redes entre los agentes económicos dispersos en exceso en el espacio pueden actuar como un sustituto de las aglomeraciones de actores en un único punto, ofreciendo alguno o todos los avances y productividad de la utilidad derivados de la aglomeración.

Sobre los dos últimos conceptos citados, los distritos industriales y los Clusters (ver figura 4-4), diremos, sin entrar en definiciones ni otras consideraciones, que surgen, según Lazzaretti, "…al final de la era de la modernidad, en que se afirmó el distrito, y por la aparición de la globalización, en que nació y se desarrollo el cluster." (Lazzaretti, 2006, p.59).

Para esta autora, son dos modelos de organización de la producción y dos enfoques del desarrollo económico que mantienen diferencias significativas. "Mientras que el distrito industrial enfatiza un desarrollo de tipo local y asigna un papel estratégico a la comunidad de empresas y personas, el segundo persigue un desarrollo de tipo global y se centra en la competitividad buscando las fuentes de ventajas competitivas de los lugares". (Lazzaretti, 2006, p.60).

[52] Las economías de red se han visto en el punto 3.2.

Figura 4-4. Influencia de los clusters sobre la naturaleza de la competencia local



Fuente: Porter, M.E (2000, figura 13.2, p.266). Elaboración propia

Otro de los factores, la estructura de la actividad económica que se cita en el sexto informe sobre la situación y evaluación económica, hace referencia a la clasificación de los sectores económicos de las actividades implantadas sobre un territorio.

Una de las formas en que se manifiesta el progreso económico es en la continua transferencia de trabajo del sector primario al secundario y de éste al terciario. En el mismo sentido, si bien, la clasificación actual más utilizada habla de agricultura-ganadería-pesca, industria y construcción, y servicios, sí que es evidente que en los países más desarrollados existe una transferencia hacia el sector servicios que en algunos de ellos alcanza el 65%-70%, incluso más, de la población ocupada. Por el contrario, la agricultura se sitúa por debajo del 5% en muchos casos.

Hay que tener cuidado cuando se manejan estas variables, por la propia ambigüedad del concepto “sector terciario”, denominación que acoge realidades tan diversas y evolución tan desigual, que hace necesario revisar la propia validez actual de la división sectorial clásica propuesta por Fisher y Clark, como señalan Gamir et al (Gamir, Méndez, Molinero y Razquín, 1989, p.125).

Para muchos autores este sector, habría que desagregarlo según el tipo de servicio y el que sea más o menos especializado. Así se ha hablado de terciario superior, cuaternario, incluso septenario[53]. Actualmente el término en uso es el de sector servicios. En cualquier caso, un territorio será más competitivo cuanto más especializados sean los servicios que ofrece.

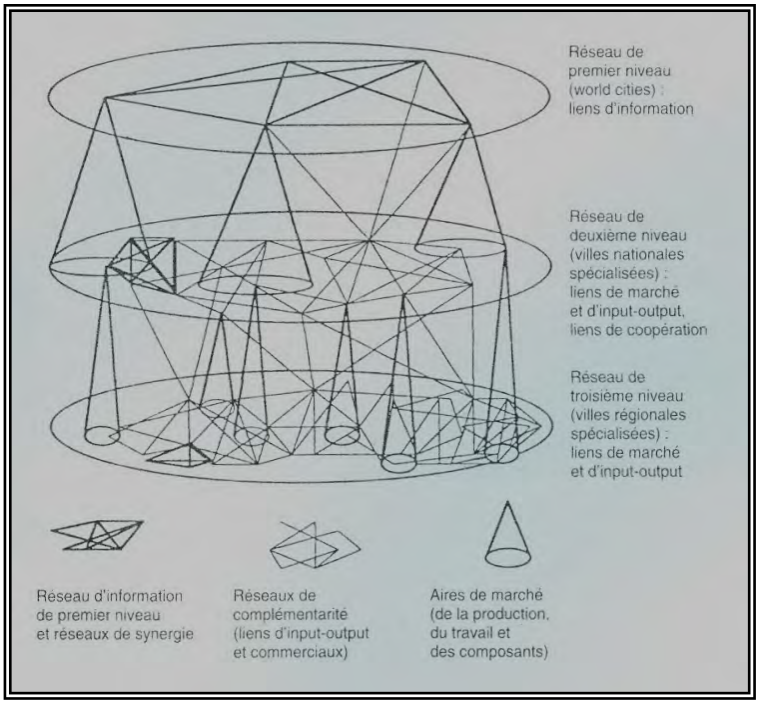
[53] El término septenarario corresponde a L. Sanguin (1976) citado en el punto 2.2, sobre la clasificación de las actividades de servicios, del libro de Moreno y Escolano (1992, p. 57 y ss.). El estudio de las actividades económicas fue abordado por Fisher en el siglo XVII y la primera clasificación la desarrolló Clark en 1940.

Por su parte, las buenas infraestructuras de tecnologías de la información y la comunicación y el uso extensivo de esas tecnologías, citado en el cuarto informe sobre la cohesión, se refiere al entorno actual globalizado en el que se ha configurado un espacio de flujos.

Actualmente, existe una polarización de estos servicios más especializados en las grandes metrópolis y "ciudades globales" [54]; no obstante, puede existir una cierta tendencia a la deslocalización de algunos servicios de las grandes metrópolis por los avances en las tecnologías del transporte y a medida que progresan las tecnologías de la información y de la comunicación, "la revolución informacional" que titula Castells[55], creando en el ámbito metropolitano lo que denomina ciudad informacional.

El conocimiento es fundamental en la ciudad contemporánea. Además, es importante señalar, que nos encontramos inmersos en una nueva forma de organización social, la sociedad red, como la llama el citado autor.

Figura 4-5. La nueva jerarquía de las redes de ciudades



Fuente: Merénne-Schoumaker (1996, p. 46)

[54] (Ver Heineber, 2005, p. 7 y 8). Algunas ciudades se transformaron en importantes puntos de concentración de los centros de decisión de empresas transnacionales. Desde estas ciudades, se controlan las diferentes redes de empresas mediante la situación de su producción (Kinder, 2003). S. Sassen acuñó el término "ciudad global", en su libro *La Ciudad Globa*l en 1991 (traduc. español, 1999) , por un lado, como un paralelo semántico del proceso de globalización y, por otro, como una delimitación consciente de la designación tradicional de la ciudad mundial. Saskia Sassen destacó que determinadas grandes ciudades, las llamadas ciudades globales, están representando un papel estratégico en la etapa reciente del desarrollo de la economía mundial como centros de dirección y de control de la organización de dicha economía mundial, como situación esencial o plaza de mercado para los sectores económicos de primera categoría.

[55] Para Castells está surgiendo un nuevo modelo de organización socio-tecnica que denomina "modo de desarrollo informacional" .El nuevo paradigma informacional (revolución informacional) o informacionalismo está basando el modo de desarrollo tecnológico en la calidad del conocimiento y en la organización de la producción en la información. Esta información va a constituir tanto la materia prima como el producto y, de esta forma, los principales efectos de las innovaciones van a recaer sobre los procesos más que sobre los productos. (2006, p.33 y ss.).

Castells desarrolla esta Teoría que hace referencia a la estructura social que surge de la interacción entre organización social, cambio social y el paradigma tecnológico imperante en la actualidad -el informacionalismo-, constituido entorno a las tecnologías digitales de la información y la comunicación (Castells, 2006, p. 21). Para ello se requieren unas buenas infraestructuras de alta capacidad para el uso de estas tecnologías.

Dicha revolución tecnológica está transformando las dimensiones humanas del tiempo y del espacio[56]. Por ello, es necesario que las grandes metrópolis y las metrópolis regionales si pretenden mantener la competitividad han de afirmar su pertenencia a las redes a las que están conectadas. En particular, a las del conocimiento, a las de innovación, a las de ciudades y a las de transporte, persiguiendo la conexión a otras que consideren necesarias según sus objetivos (ver figura 4-5).

Con respecto al transporte, las metrópolis con vocación nodal en todo tipo de redes y con la búsqueda permanente de la competitividad y el desarrollo, deben estar conectadas a la Red Transeuropea y sus corredores asociados. Es necesario por los cambios en la organización de la producción y en la división internacional del trabajo que han modificado el mapa de las rutas internacionales. En consecuencia, hacen del transporte un factor competitivo de primer orden.

Como afirman Goetz y Rodrigue (1999, p. 237), el papel del transporte en el proceso de globalización es crítico, siendo un catalizador que permite la ocurrencia del proceso. Los autores presentan algunos ejemplos en el otro sentido, es decir, cómo ha sido influido el transporte por la globalización. Las alianzas estratégicas globales han mejorado la conectividad de las redes del sistema. Asimismo, se ha incrementado el volumen de los flujos de comercio y de transporte de mercancías a causa de los acuerdos de libre comercio, globales y regionales. También, como consecuencia de las prácticas innovadoras en los sistemas de transporte y logístico.

Por último, señalan estos autores, que la mejora en las infraestructuras, tiene influencia sobre los flujos directos hacia y a través de ciertos lugares que, a su vez, tienen un efecto económico sobre los mismos. (Ibidem). La eficiencia en los movimientos dentro del sistema ha incrementado la convergencia espacio temporal y ello ha propiciado una mayor integración económica sobre el espacio.

Otros de los factores, de especial relevancia desde el punto de vista del objetivo de este estudio, hace referencia a la “perificidad”. En el sexto informe sobre la situación y evaluación económica y en el cuarto informe sobre la cohesión se hace referencia a la dotación de buenas infraestructuras básicas y a una buena accesibilidad, indicaremos que ambos factores están muy relacionados.

Como se cita en el cuarto informe sobre la cohesión, de modo más importante, el crecimiento y el empleo vienen determinados por condicionamientos generales como, por ejemplo, la dotación de infraestructuras de diversos tipos. Físicas, en forma de redes de transporte y de telecomunicación, humanas, en forma de cualificaciones y conocimientos expertos de la población activa, y sociales, en forma de servicios de asistencia y similares (Crecimiento de las regiones, Desarrollo de Europa. Cuarto Informe sobre la Cohesión Económica y Social (versión provisional, 2007, p.60).

En cuanto a las infraestructuras de transporte, las existentes o su mejora, así como, la construcción de nuevas facilitan la difusión de innovaciones en el espacio, afectando, sin duda, a la posición competitiva de las empresas y sectores económicos modificando la capacidad de desarrollo de los diversos espacios territoriales.

[56] Para conocer su génesis, estructura, dimensiones y dinámicas ver Castell, (2006, pp 49-73).

El proceso de difusión[57] comienza en las grandes ciudades, donde se inician y concentran las actividades productivas innovadoras y tecnológicamente especializadas, posteriormente por medio de unos canales formales e informales se difunden a los centros regionales, a los centros urbanos de todas los territorios y, por último a las localidades periféricas.

Pero hay que tener también en cuenta, como señalan García y Martín (García de la Cruz y Martín Urbano, 1996, p.20), que la perificidad no es un concepto estrictamente geográfico, sino que es sobre todo económico, asimismo, tampoco intenta explicar las diferencias en términos de renta o de dotación de factores de producción; trata de combinar la explicación de atraso de unas regiones respecto de otras con la distancia a éstas, esto es, la accesiblidad, y su nivel de renta.

Para los citados autores, la perifericidad o su complemento la centralidad, es el resultado del aprovechamiento del potencial de desarrollo. Este potencial lo definen como la capacidad de desarrollo de una región determinada, debida a su localización respecto de los mercados de otras regiones. El potencial de desarrollo se debe entender, por lo tanto, como la posibilidad de unirse al movimiento de los núcleos más dinámicos (Ibidem).

Los autores afirman que, "…una región que acceda en buenas condiciones de coste a las regiones más prósperas tiene un desarrollo mayor que las que no lo tengan. La distancia geográfica es un componente pero no el único de las condiciones de coste, el modo de transporte y las condiciones en las que éste se realiza pueden ser tan determinantes como la distancia." (Ibidem, p.21).

La noción de perificidad trata de demostrar "…que las diferencias de accesibilidad entre regiones constituían un elemento fundamental de la teoría de la localización espacial de la riqueza" (Izquierdo Bartolomé y Monzón de Cáceres, 1992, p.35).

Por otra parte, en el citado cuarto informe sobre la cohesión se indican algunas cuestiones relacionadas con la accesibilidad que si bien son conocidas, no por ello resultan menos importantes para nuestro trabajo y, como ya se ha dicho con anterioridad, existe una fuerte relación entre accesibilidad y perificidad. Los territorios con poca accesibilidad para acceder a los más dinámicos son considerados periféricos, incluso ultraperiféricos como, por ejemplo las Islas Canarias.

Así se dice, que una región se considera accesible si más del 50% de la población puede llegar a una ciudad de más de 100.000 habitantes en un plazo inferior a una hora. Si bien, esa cifra límite es algo arbitraria y en las regiones nórdicas, por ejemplo, ciudades con una población mucho menor pueden ofrecer múltiples servicios (crecimiento de las regiones, Desarrollo de Europa. Cuarto Informe sobre la Cohesión Económica y Social, versión provisional, 2007, p.50).

Un matiz importante que se señala es que el logro de las ventajas potenciales derivadas del aumento de la accesibilidad depende de la competitividad de las regiones afectadas, si bien, algunas pueden incluso salir perdiendo al estar más expuestas a la competencia procedente de otras zonas. (Ibidem, p.61).

También se afirma en el citado Cuarto Informe que es importante considerar en las regiones no sólo su dotación de infraestructuras, sino también, su posibilidad de acceso. Un indicador compuesto de la accesibilidad subraya las dificultades que afectan a las islas debido a que la duración del viaje por automóvil o ferrocarril se ve

57 "La Teoría de la difusión de innovaciones surge de los estudios anteriores realizados por Hägerstrand (1967), Mansfield (1968), Pred (1977) y Pred y Tomsqvist (1981)." (Peña Sánchez, 2006, p. 31).

"Rogers (1995) define la difusión como el proceso mediante el cual una innovación es comunicada en el tiempo y difundida por determinados canales, entre los miembros de un sistema social. Esta difusión constituye un tipo especial de comunicación, pues sus mensajes están encargados de difundir nuevas ideas." (García Urrea, 2008, p.1).

incrementada a causa del desplazamiento obligatorio por mar. En algunas islas y otras regiones ultraperiféricas la inversión en aeropuertos ha contribuido a reducir su limitada accesibilidad.

Dicho indicador incluye la idea de que aunque una región periférica probablemente nunca llegue a tener el mismo grado de accesibilidad que una central, al menos sí puede conseguir la misma velocidad en los desplazamientos. (Ibidem, p.65).

También se cita otra cuestión relacionada con la conectividad. Se dice que mejorar la accesibilidad de las regiones al máximo requiere no sólo realizar inversiones en las rutas principales, sino también, en redes secundarias, para garantizar que las zonas locales están conectadas adecuadamente (Ibidem, p.66).

Esto es especialmente importante en el caso de las zonas más alejadas, así como en las zonas menos densamente pobladas, ya que no es rentable enlazar esas zonas directamente a las redes principales. Es esencial garantizar que existen buenas conexiones por carretera a puntos de acceso a las autopistas y a las estaciones de ferrocarril, así como, en el caso del transporte de mercancías, a los puertos, especialmente a los de buques contenedores. (Ibidem, p.66).

Para terminar este apartado, el último factor que hemos expuesto -la cualificación de los recursos humanos-, hace referencia al capital social del territorio. Es uno de los factores de competitividad tanto de los territorios como de sus empresas, también es un factor de localización o de atracción de nuevas empresas a esos territorios.

Actualmente, como se ha puesto de manifiesto con anterioridad, nos encontramos en una sociedad en la que la tecnología y la innovación, tanto en procesos como en productos, es un valor añadido a la producción. Pero no sólo esto, el espacio de flujos requiere de unas tecnologías de la información y la comunicación cada vez de más alto nivel.

Otra de las características actuales de la tecnología, del sistema productivo y de la sociedad en general, es el cambio permanente en todos sus elementos y que, además, se produce a una velocidad cada vez más rápida.

Como señala Pérez Serrano, “Este cambio y su velocidad obliga a las empresas a adoptar sistemas de organización y de producción mas flexibles, que requieren empleos y empleados que posibiliten la adaptación de las empresas a la realidad cada vez más cambiante de los mercados y a las exigencias evolucionadas de los consumidores.” (Pérez Serrano, 1998, p.47).

Cualquier empresa que pretenda estar en vanguardia necesita, en general, unos recursos humanos cualificados, en mayor medida cuanto, más alto sea el nivel tecnológico de sus procesos o la rama económica a la que pertenezca.

En los transportes los grandes avances tecnológicos que se han producido en los últimos tiempos y se siguen produciendo, la consecución de altos niveles de calidad en los procesos para satisfacer la demanda de los clientes y la integración del transporte en las Cadenas de Suministro, entre otras cuestiones, hacen necesaria una mayor formación y cualificación de los recursos humanos. Hay que destacar también que la calidad de estos recursos puede identificarse tanto con su formación como con su disposición para progresar intelectualmente.

Es importante tener en cuenta, “que la inversión pública en su sentido más amplio incluye la inversión en capital humano y en capital físico, y que la mejora de las cualificaciones de la población activa a través del gasto en educación y formación es tan importante como la mejora de las infraestructuras a la hora de crear las condiciones necesarias para el desarrollo regional.” (Crecimiento de las regiones, Desarrollo de Europa. Cuarto Informe sobre la Cohesión Económica y Social, versión provisional, 2007, p.135).

Por ello, es necesario que los territorios realicen inversiones en buenas infraestructuras educativas y de investigación. También la creación de parques tecnológicos. Pero, sobre todo una fuerte relación entre la empresa y la universidad para que se produzca la difusión del conocimiento, la tecnología y la innovación, ya que esto constituirá un factor muy importante de competitividad y de atracción para ese territorio.

4.2. EL SISTEMA DE TRANSPORTE COMO FACTOR ESTRATÉGICO PARA LA COMPETITIVIDAD Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL TERRITORIO

En el contexto mundial actual de globalización y crecimiento continuado de la competitividad y con los vertiginosos cambios de escenario, los territorios, con recursos económicos limitados, han de desarrollar estrategias competitivas que propicien la inversión y la actividad económica.

La creciente competitividad y los fenómenos de globalización exigen de las empresas respuestas cada vez más eficientes, procesos y estrategias que les permitan sobrevivir y crecer en un mundo en continuo cambio, en el cual el cliente es quien asume, cada vez más, el poder de negociación y quien al final define el éxito o el fracaso de todo el engranaje empresarial que se encuentra tras la fabricación del producto. En la actualidad, como ya se ha expuesto en el punto anterior, son muchos los retos a los que las empresas deben enfrentarse; no basta con hacer las cosas bien, es necesario ser excelentes.

Por esta razón la sociedad necesita un sistema de transporte eficaz y eficiente que pueda responder a los retos que plantean la globalización y la competitividad entre las distintas empresas y los territorios en los que están ubicadas. Además, para el completo desarrollo del Mercado Único y alcanzar un dinamismo fuerte de la actividad económica el sistema de transporte adquiere una nueva dimensión.

La sociedad solicita mayor movilidad. Como consecuencia, la demanda de transporte, tanto de viajeros como de mercancías, supera al crecimiento de la economía en términos de Producto Interior Bruto. Sin embargo, simultáneamente, esa sociedad soporta cada vez menos la congestión, el deterioro del medio ambiente y la baja calidad de algunas prestaciones.

Estas importantes cuestiones, cobran especial relevancia en el caso del transporte de mercancías, ya que tanto las empresas como los territorios en los que se implantan, para poder ser competitivos necesitan un sistema de transporte que les ofrezca, entre otros factores, precios competitivos, capacidad, fiabilidad, seguridad y trazabilidad.

Como ya se ha expuesto en la introducción, consciente de todo ello, la Unión Europea ha promovido y promueve medidas para que exista un acceso igualitario y sostenible a las infraestructuras y al sistema de transporte en general. El propósito es conseguir un sistema de transporte moderno, eficaz y de calidad que sea, por una parte, sostenible desde el punto de vista económico, social y medioambiental y, por otra, competitivo desde el punto de vista empresarial.

También se ha dicho en la introducción, que la Comisión Europea en el Libro Blanco de 2001 sobre la política común de transporte *La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad*, enfatiza la necesidad de resolver los principales problemas que la dificultan, el reequilibrio modal y la supresión de los puntos de estrangulamiento.

Para ello, entre otras medidas, presta especial importancia al ferrocarril, a la intermodalidad y a la logística, recomendando, además, la creación de corredores verdes multimodales. El objetivo es conseguir dentro de la Unión Europea una circulación física de mercancías y personas de manera fluida para que el mercado

interior y la cohesión territorial de la Unión se desarrollen plenamente. El deseo último con estas medidas es alcanzar el desarrollo sostenible de los territorios.

Este deseo corresponde con uno de los objetivos fundamentales de la Unión Europea. En el Artículo 2 del tratado de la Unión Europea[58] (Tratado de Maastrich, versión consolidada), se refleja este objetivo fundamental que es "…promover el progreso económico y social y un alto nivel de empleo y conseguir un desarrollo equilibrado y sostenible, principalmente mediante la creación de un espacio sin fronteras interiores, el fortalecimiento de la cohesión económica y social y el establecimiento de una unión económica y monetaria que implicará, en su momento, una moneda única, conforme a las disposiciones del presente Tratado…" (Diario oficial de las Comunidades Europeas, 2002, p.6).

Asimismo, la importancia de la cohesión territorial ya viene recogida en el artículo 16 (principios) del Tratado Constitutivo de la Comunidad Europea de 1957[59], "…a la vista del lugar que los servicios de interés económico general ocupan entre los valores comunes de la Unión, así como de su papel en la promoción de la cohesión social y territorial…", es decir, el sistema de transporte al ser un servicio de interés económico general, podemos decir, que juega un papel fundamental en la cohesión social y territorial (Unión Europea, 2006, p.49).

El objetivo de la cohesión territorial va más allá de la idea de cohesión económica y social. Como se señala en el Tercer informe sobre la cohesión económica y social (2004, p. 27) "Desde el punto de vista de la política, el objetivo es ayudar a lograr un desarrollo más equilibrado reduciendo las disparidades existentes, impidiendo los desequilibrios territoriales y aumentando la coherencia tanto de las políticas sectoriales que tienen una repercusión territorial como de la política regional. El objetivo también es mejorar la integración territorial y fomentar la cooperación entre las regiones."

Por lo que se refiere al contenido de la política de cohesión, existen tres temas transversales, como se manifiesta en el Quinto informe de situación sobre la cohesión económica y social (2008, p. 7).

El primero: la competitividad, que es el elemento central de esta política en temas de crecimiento y empleo. En particular, la investigación, la innovación y la actualización de las competencias a fin de promover la economía del conocimiento, el desarrollo del capital humano a través de la educación y la formación, la capacidad de adaptación, el apoyo a las actividades económicas (sobre todo, pequeñas y medianas empresas), el refuerzo de la capacidad institucional y el desarrollo de una cultura empresarial, se perciben como los grandes ámbitos en los que deben concentrarse las inversiones.

El segundo: las políticas activas del mercado de trabajo, son también un aspecto esencial de las acciones propuestas para estimular el empleo, reforzar la cohesión social y reducir el riesgo de pobreza. La política de cohesión debería contribuir a la dimensión social de Europa mejorando las perspectivas de empleo de los grupos más vulnerables, como los jóvenes, las personas mayores, las personas discapacitadas, los inmigrantes y las minorías.

Por último: el desarrollo sostenible. En particular, podría contribuir a reducir las emisiones de gas de efecto invernadero con políticas de atenuación destinadas a

---

[58] El Tratado de la Unión Europea, firmado en Maastricht el 7 de febrero de 1992, entró en vigor el 1 de noviembre de 1993. El Tratado de Maastricht cambió el nombre de "Comunidad Económica Europea" por el más simple de "Comunidad Europea". También introdujo nuevas formas de cooperación entre los gobiernos de los Estados miembros (por ejemplo, en defensa y justicia e interior). Al añadir esta cooperación intergubernamental al sistema "comunitario" existente, el Tratado de Maastricht creó una nueva estructura con tres "pilares", de naturaleza tanto económica como política: es la denominada "Unión Europea" (UE).

[59] La Comunidad Económica Europea fue creada por los Tratados de Roma del 1957 (en vigor desde el 1958). En el Tratado de Maastricht se le cambió el nombre a Comunidad Europea . También en el Tratado de Maastricht se creó oficialmente la Unión Europea.

mejorar la eficacia y eficiencia energética y a promover el desarrollo de las energías renovables.

En cuanto a los antecedentes de los conceptos de medio ambiente y desarrollo sostenible los encontramos en el documento *Nuestro Futuro Común*, conocido como Informe Brundtland, de carácter socioeconómico. Se elaboró en Nairobi en 1987 como resultado de la cuarta sesión de la Asamblea General de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, creada por las Naciones Unidas y que trató el tema del medio ambiente en el marco del desarrollo y la cooperación económica internacional[60.]

También en la Declaración de Río de Janeiro que proclama en su primer principio que "los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible"[61]. Posteriormente, la Unión Europea en el tratado de Amsterdam[62] establece que la UE tendrá como objetivos promover el progreso económico y social y un alto nivel de empleo y conseguir un desarrollo equilibrado y sostenible.

Además, el Consejo Europeo de Lisboa[63] fija como nuevo objetivo estratégico convertirse en la economía del conocimiento más competitiva y dinámica del mundo, capaz de un crecimiento económico sostenible con más y mejor empleo y una mayor cohesión social. Con ello se explicita y se refuerza la relación entre desarrollo económico y progreso social.

Por último citamos, el consejo de Gotemburgo[64], en el que se aprueba la estrategia de desarrollo sostenible de la UE. Añade la dimensión ambiental al objetivo estratégico definido en Lisboa, con lo que reconoce de manera clara la interdependencia de las tres dimensiones del desarrollo sostenible. Declara el compromiso de liderazgo de la UE con este modelo de desarrollo basado en el crecimiento económico, el progreso social y la calidad ambiental.

Ninguna de estas tres dimensiones puede desarrollarse por separado de una manera estable y consolidada, ya que el crecimiento económico puede aportar recursos financieros para mejorar la calidad ambiental y aumentar la cohesión social, mientras que las políticas sociales favorecen los resultados económicos y ayudan a formar a ciudadanos responsables.

Por otra parte, las políticas ambientales contribuyen a la preservación de los recursos naturales, factores básicos de la economía, y a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. El *Informe Brundtland*, de carácter socioeconómico, citado anteriormente, fue el primer intento de conciliar desarrollo y sostenibilidad y en él se utilizó por primera vez el término "Desarrollo Sostenible", que es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

En el informe, que se ha convertido en referencia mundial para la elaboración de estrategias y políticas de desarrollo sostenible, se destaca la incompatibilidad entre los modelos de producción y consumo vigentes en los países desarrollados y el uso racional de los recursos naturales y la capacidad de soporte de los ecosistemas.

---

[60] Para ampliar la información ver anexo 3 Medioambiente.

[61] Declaración de Río de Janeiro sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Suscrito el 14 de junio de 1992.

[62] El Tratado de Ámsterdam trata de varios aspectos fundamentales: empleo, libre circulación de ciudadanos, justicia, política exterior y de seguridad común, y reforma institucional para afrontar el ingreso de nuevos miembros. Firmado el 2 de octubre de 1997. Fue acordado tras revisar el Tratado de Maastricht de 1992.

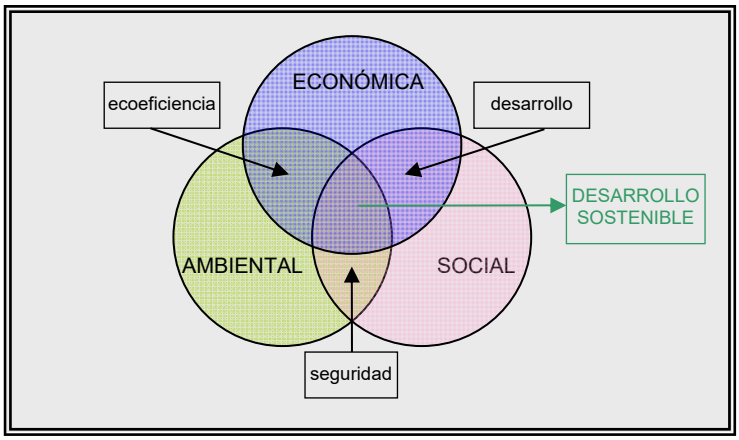
[63] En Tratado de Lisboa se modifican el Tratado de la Unión Europea y el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea. Firmado en Lisboa el 13 de diciembre de 2007.

[64] Cumbre de Jefes de Estado y de Gobierno de la Unión Europea celebrada el 15 y 16 de junio de 2001.

La sostenibilidad queda caracterizada por tres componentes (ver figura 4-6), que junto con sus interrelaciones, determinan los objetivos del desarrollo (empleo, salud, educación, etc.), de la ecoeficiencia (crecimiento, energía, transporte, etc.) y de la seguridad (emisiones, agua, biodiversidad, etc.).

No importa el contexto, la idea elemental sigue siendo la misma: las personas, los hábitats y los sistemas económicos están interrelacionados. Pero el desarrollo sostenible va más allá, se trata de vincular el bienestar de la generación actual y el bienestar de las futuras generaciones.

Figura 4-6. Las tres dimensiones del desarrollo sostenible



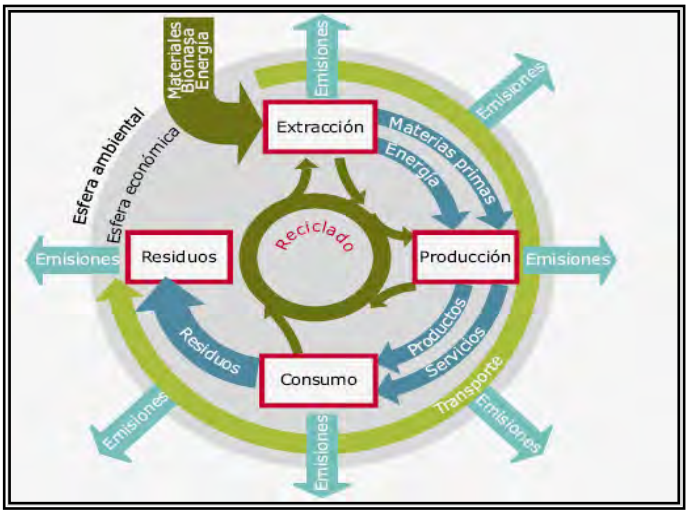
Elaboración propia

Los indicadores que facilitan la toma de decisiones y cuantifican la consecución de objetivos hacen referencia a las citadas componentes y a sus interrelaciones entre, los objetivos económicos y sociales, que determinan el desarrollo, los objetivos económicos y ambientales que determinan la ecoeficiencia y los objetivos sociales y ambientales, que determinan la seguridad.

Para el desarrollo sostenible son indispensables dos puntos. Primero, comprender que el crecimiento económico solo no basta para resolver los problemas del planeta: los aspectos económicos, sociales y ambientales de cualquier actividad están vinculados. Segundo, la naturaleza de interrelaciones del desarrollo sostenible requiere que se trasciendan fronteras, ya sean geográficas o institucionales, para coordinar estrategias y tomar decisiones adecuadas.

Es necesario tener presente que el tema se vuelve incluso más complejo porque además de ser multidimensional, el desarrollo sostenible es un concepto dinámico. Además, es un proceso sincrónico que relaciona lo sucedido en el pasado con lo que estamos haciendo ahora, lo que a su vez va a influir en las opciones y resultados del futuro.

Figura 4-7. Cadena del ciclo de vida extracción – Producción – Consumo – Residuos



Fuente: AEMA, 2007b, figura 6.1., p.254)

Pero conviene recordar que es poco probable que las tendencias en los patrones mundiales de producción y de consumo cambien en forma considerable. Los bienes se están abaratando y se les transporta en cantidades cada vez más grandes de un lado a otro del mundo, por ello, debido a este incremento continuado, un sistema de transporte moderno y actual debe ser

sostenible[65] desde un punto de vista económico, social y medioambiental. La tecnología podría reducir algunos de los efectos negativos sobre la sostenibilidad, pero crearía otros, y las mejoras tecnológicas a menudo son desbordadas por el crecimiento en el consumo.

En la estrategia de desarrollo sostenible de la UE[66] destaca la necesidad de romper el vínculo entre crecimiento económico, empleo de los recursos y generación de residuos (ver figura 4-7). Porque como señala Goodland, "…no puede mantenerse el actual crecimiento de la economía global basada en el consumo incontrolado de recursos." (1997, p.19), porque "…el subsistema económico ha alcanzado, o sobrepasado, importantes límites respecto a los recursos y a la capacidad de recibir residuos." (Ibidem, p.22).

Para alcanzar este objetivo, "…es imprescindible lograr una mejora del crecimiento potencial..., que la economía pueda alcanzar caminos de crecimiento más elevados y de que pueda hacerlo de forma indefinida, sin verse limitada por la disminución o el agotamiento de sus factores productivos." Jiménez Latorre y Rams Ramos (2002, p. 50).

Estos autores, explican el párrafo anterior diciendo, que "…para incrementar la capacidad productiva de cualquier economía de forma duradera es preciso aumentar su dotación factorial, hacer un uso más eficiente de sus factores productivos, potenciar su productividad y asegurar que las pautas de producción no entren en una senda que conduzca al agotamiento de cualquier recurso productivo no renovable (o al consumo acelerado de recursos cuya velocidad de renovación sea inferior al ritmo en que son consumidos)." (Ibidem).

Además, a escala continental, la Unión Europea a través de diversas Directivas y Comunicados dota de instrumentos legales y da orientaciones para tratar de minimizar, entre otros impactos, los efectos nocivos para el medio ambiente o la salud de los ciudadanos, sin olvidar la inseguridad vial en las carreteras.

En cuanto al transporte, el *Libro Blanco sobre el curso futuro de la política común de transportes* COM (92) 0494 de 2 de diciembre de 1992, hizo hincapié en la apertura de los mercados de transporte, pero al mismo tiempo, representó un punto de inflexión hacia un enfoque integrado que abarcara todos los modos de transporte basándose en el modelo de movilidad sostenible (2001, punto 4.5.1).

Por su parte, el Libro Blanco *La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad* del 12 de septiembre de 2001 Bruselas, 12.9.2001 COM (2001) 370 final, plantea unas pautas a seguir de acuerdo con la estrategia de desarrollo sostenible adoptada por el Consejo Europeo en Gotemburgo en junio de 2001.

Se expresa en el citado Libro Blanco (2001, p.7) que la falta de un desarrollo armonioso de la política común de transportes explica que, hoy en día, el sistema europeo de transporte se halle ante ciertas dificultades importantes:

---

[65] Habría que puntualizar que en el ámbito anglosajón se utiliza el término de *transporte sostenible* y en el europeo el de *movilidad sostenible*. Básicamente, en nuestra opinión, ambos conceptos son equivalentes, aunque la movilidad sostenible sería un proceso y un camino a seguir más que la simple visión de una situación futura.

En el Projecto EXTRA se presenta una definición de la movilidad sostenible que emana de los seis objetivos que se fijan para los transportes en la *Agenda 21* surgida de la *Cumbre de Río de Janeiro* de 1992. Se dice en el documento que la movilidad sostenible puede ser definida en términos prácticos como el de un sistema de transporte y los patrones de transporte que pueden ofrecer los medios y oportunidades para satisfacer las necesidades económicas, ambientales y sociales de manera eficiente y equitativa, a la vez que evita o minimiza sobre escalas relevantes de espacio y tiempo los efectos adversos innecesarios y sus costes asociados

[66] Comunicación de la Comisión de 15 de mayo de 2001, *Desarrollo sostenible en Europa para un mundo mejor: estrategia de la Unión Europea para un desarrollo sostenible*.

- El crecimiento desigual de los distintos modos de transporte.
- La congestión en algunos ejes viales y ferroviarios importantes, dentro de las ciudades y en los aeropuertos.
- Los efectos nocivos para el medio ambiente o la salud de los ciudadanos, sin olvidar el alto precio de la inseguridad en las carreteras.

A consecuencia de esto, la Comisión Europea propone una serie de 60 medidas destinadas a desarrollar un sistema europeo de transporte capaz de reequilibrar los modos de transporte, la revitalización de los ferrocarriles, fomentar el transporte marítimo y vías navegables y el control del crecimiento del transporte aéreo. Por último, en *Por una Europa en movimiento. Movilidad sostenible para nuestro continente Revisión intermedia del Libro Blanco del transporte de la Comisión Europea de 2001* del 22 de Junio 2006 COM (2006a) 314 final[67], se dice que los objetivos, formulados en el Libro Blanco del transporte de 1992, pasando por el Libro Blanco de 2001, hasta llegar a la comunicación actual, siguen siendo válidos.

Estos objetivos son ayudar a proporcionar a los europeos unos sistemas de transporte eficientes y eficaces que tengan las siguientes características (2006a, p. 3):

- Elevado nivel de movilidad tanto de las personas como de las empresas en toda la Unión.
- Protección del medio ambiente, garantía de la seguridad del aprovisionamiento de energía, fomento de unas normas laborales mínimas para el sector y protección del pasajero y del ciudadano.
- Innovación en apoyo a los objetivos anteriormente mencionados de movilidad y de protección gracias al aumento de la eficiencia y la sostenibilidad de un sector de transportes en crecimiento.
- Conexión internacional, con una proyección de las políticas de la Unión para reforzar la movilidad sostenible, la protección y la innovación, mediante la participación en organizaciones internacionales.

También en España, si bien en los últimos decenios -y especialmente en los años más recientes- se han realizado considerables esfuerzos para mejorar las infraestructuras y los servicios de transporte aún persisten necesidades en infraestructuras.

Estas recaen especialmente en el ferrocarril y en determinados desequilibrios dentro del sistema de transporte que es preciso afrontar. Los problemas de la movilidad se derivan de la acumulación e interrelación de numerosos conflictos entre los que destacan (Ibidem, p.6):

- Fuerte crecimiento de la demanda, tanto en viajeros como en mercancías, que se ha canalizado preferentemente hacia la carretera y el transporte aéreo, provocando situaciones de congestión en ambos modos.
- Desequilibrio modal, como consecuencia de un largo proceso de transferencia modal, que ha dado lugar a un gran predominio del transporte por carretera.
- Declive del ferrocarril, proceso que no es exclusivo de España, pero que en nuestro país se ha visto agravado en el pasado por las carencias estructurales de la red y la escasez de oferta de servicios ferroviarios.
- Desigualdad del nivel de accesibilidad en diferentes ámbitos territoriales y distinto desarrollo de las redes viarias y ferroviarias por las condiciones geográficas de cada zona.

---

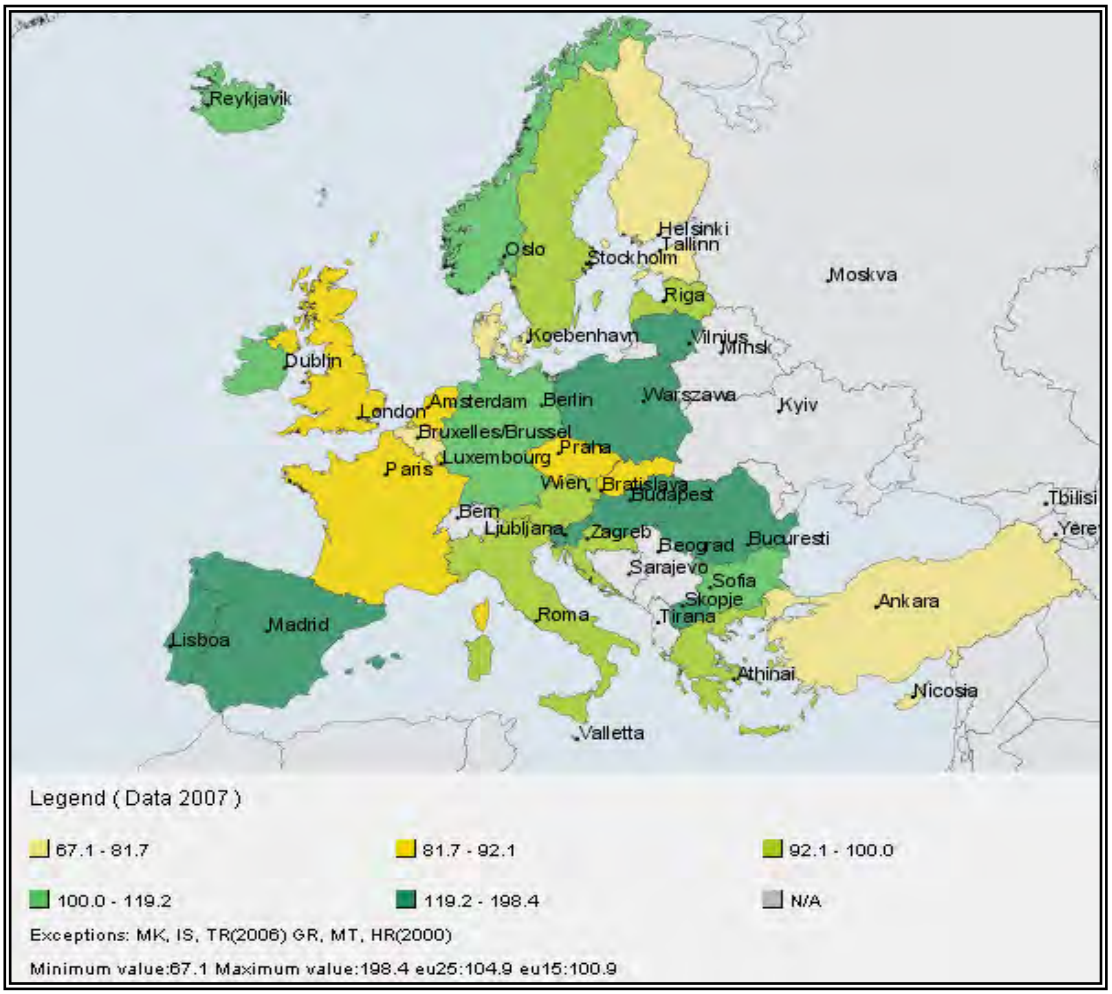
[67] Esta Comunicación será, según se dice en la página web de la Unión Europea, el elemento clave del concepto de «movilidad sostenible».

(http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/l24456_es.htm).

- Nuevos requerimientos de calidad y seguridad de las infraestructuras, que obligan a elevar y homogeneizar los parámetros de diseño, prestando una especial atención al mantenimiento de las redes.
- Débil integración entre los diversos modos de transporte, con carencias en las conexiones intermodales.
- Necesidad de reforzar las conexiones con países vecinos y potenciar las oportunidades existentes para canalizar los flujos desde Europa hacia América y África.
- Aumento del número y distancia de los desplazamientos motorizados en las áreas metropolitanas, derivado de las recientes tendencias urbanísticas y de la disponibilidad de suelo industrial.
- Creciente importancia de los costes externos -especialmente en las ciudades-, aunque éstos aún no se plantean de manera tan generalizada como en el centro de Europa, junto con una siniestralidad vial excesivamente alta:
  - La energía consumida por el sector del transporte representa más de un 40% de la energía total nacional, siendo uno de los principales responsables del crecimiento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).
  - Deterioro de la calidad del aire, especialmente en el ámbito urbano donde, los contaminantes más preocupantes son dióxido de nitrógeno (NO2) y partículas, tanto PM10 como 2.5.
  - Deterioro de la salud de la población debido al ruido producido por el tráfico (se estima que afecta al 26,7% de los hogares), a la sedentarización producida por los nuevos hábitos sociales y a los efectos deletéreos de la contaminación asociada al tráfico.
  - La siniestralidad y las víctimas causadas por los accidentes de tráfico urbano. El número de accidentes de tráfico con víctimas en las vías urbanas ascendió en España en 2007 a 50.688, con la consecuencia de 62.733 heridos y 741 muertos.
  - Tiempo perdido en atascos y sus repercusiones económicas en el sector productivo.
  - Fuerte concentración geográfica y estacional de nuestra actividad turística en las zonas costeras en el periodo estival. Obliga al sobredimensionado de infraestructuras generando fuertes presiones en el territorio.
- Incremento de la fragmentación de los hábitats naturales y seminaturales provocado por el aumento de la densidad de la red de infraestructuras, que aumenta las amenazas sobre la diversidad biológica.
- Ocupación del espacio urbano por infraestructuras para la circulación y aparcamiento de vehículos. El espacio urbano ocupado por el uso del coche y el transporte motorizado en general representa en los nuevos desarrollos urbanos porcentajes superiores al 50%.
- Disminución del carácter socializador y comunicador del espacio público.
- Pérdida de autonomía en los desplazamientos de determinados grupos sociales (infancia, ancianos y personas con movilidad reducida).

En cuanto al citado crecimiento desigual y al aumento en los volúmenes de transporte de mercancías, el incremento de la demanda se debe en gran parte a los cambios registrados en la economía europea y en su sistema de producción, como ya se ha mencionado en el apartado 4.1. (ver mapa 4-2 y gráfico 4-1 y 4-2).

Mapa 4-2. Volumen de transporte de mercancías en relación con el P.I.B. [68]



Fuente: Eurostat, Oficina Europea de Estadística
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/guip/themeAction.do

En los últimos 20 años, hemos pasado de una economía de almacenamiento a una economía de producción ajustada (flujos). Este fenómeno se ha ampliado con el movimiento de deslocalización de algunas industrias, especialmente para los bienes intensivos en mano de obra.

Señalaremos que para Aberle (2003, en Nagel, 2008, p.51), la cantidad de tráfico de mercancías es determinado, entre otros, por una serie de factores:

- El nivel y estructura de las actividades de producción y comerciales en una economía
- La distribución de las actividades económicas dentro de una región

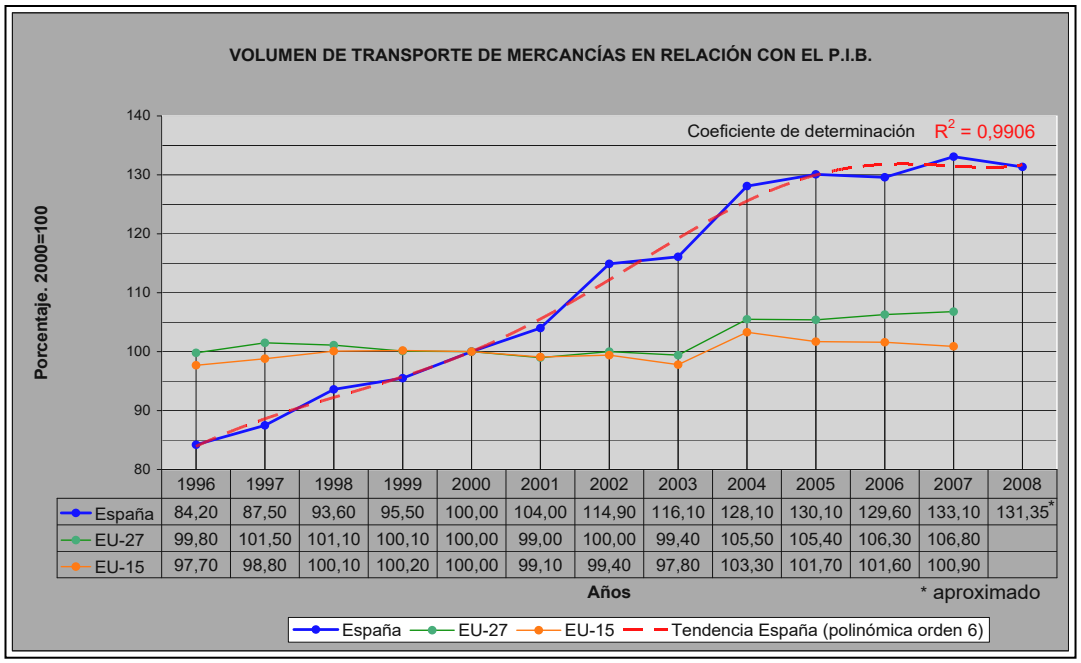
[68] Este indicador se define como el cociente entre la tonelada/kilómetro (modos de interior) y el PIB (volúmenes, en 2000, tipos de cambio 2000, 2000=100). España año 2007: 133,1%.

Incluye el transporte por carretera, ferrocarril y vías navegables. Ferrocarril y transporte por vías navegables interiores se basan en los movimientos en el territorio nacional, independientemente de la nacionalidad del vehículo o buque. El Transporte por carretera se basa en todos los movimientos de los vehículos matriculados en el país.

Las toneladas/kilómetro (tkm)son el número de kilómetros recorridos por el total de toneladas transportadas (toneladas brutas/kilómetro, tbk, es la suma de la masa de las mercancías transportadas y la tara de las máquinas y de los vagones; toneladas netas/kilómetro, tnk).

- La intensidad y estructura de las conexiones del comercio exterior,
- El dinamismo de la economía
- Características de los conceptos de la logística de mercancías por parte de las industrias y el comercio
- La intensificación de las normas en materias de reciclado, etc. que incrementen este tipo de tráficos
- La cantidad y calidad de redes de transporte, la cantidad y calidad del parque de vehículos de mercancías
- El nivel y estructura de los pecios de transporte

Gráfico 4-1. Volumen de transporte de mercancías en relación con el P.I.B.[69]



	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
España	84,20	87,50	93,60	95,50	100,00	104,00	114,90	116,10	128,10	130,10	129,60	133,10	131,35*
EU-27	99,80	101,50	101,10	100,10	100,00	99,00	100,00	99,40	105,50	105,40	106,30	106,80	
EU-15	97,70	98,80	100,10	100,20	100,00	99,10	99,40	97,80	103,30	101,70	101,60	100,90	

Fuente: Eurostat, Oficina Europea de Estadística
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsien060&plugin=1- Elaboración propia

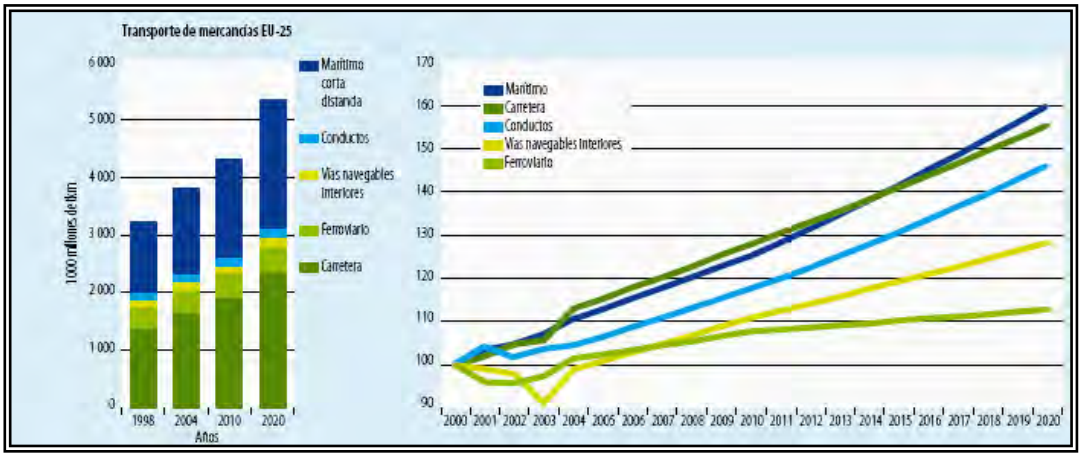
[69] Ecuación polinómica, de orden 6, de ajuste de la tendencia:
$y = 0{,}0002x^6 - 0{,}0082x^5 + 0{,}86x^4 - 0{,}2566x^3 - 0{,}4713x^2 + 6{,}835x + 77{,}734$. Coeficiente de determinación: $R^2 = 0{,}9906$. Indicaremos que los ajustes polinomiales mayores de grado 2 no es conveniente utilizarlos como veremos en el capítulo 6.

El valor de España para 2008 es una aproximación calculada en función de las pérdidas en volumen de tráfico en toneladas/kilómetro del año 2008.

Del modo carretera del 7,9% del tráfico total de este modo de transporte (170.862 Mtnk, 93,96%), según la Encuesta permanente del Transporte de Mercancías por Carretera del Ministerio de Fomento (http://www.fomento.es/BE2/sedal/28040140.XLS).

Del modo ferrocarril por las líneas de Adif del 7,3% según estadísticas de la Unión Internacional de Ferrocarriles (U.I.C.) (http://www.vialibre-ffe.com/pdf/3399trafico_mercan_europa.pdf), ya que el tráfico sobre las líneas de Adif supone el 95,4 del tráfico total de este modo de transporte (10.978 Mtnk, 6,03%). Se ha procedido a realizar los cálculos ponderando los tráficos totales de cada modo y sus respectivos porcentajes de pérdidas.

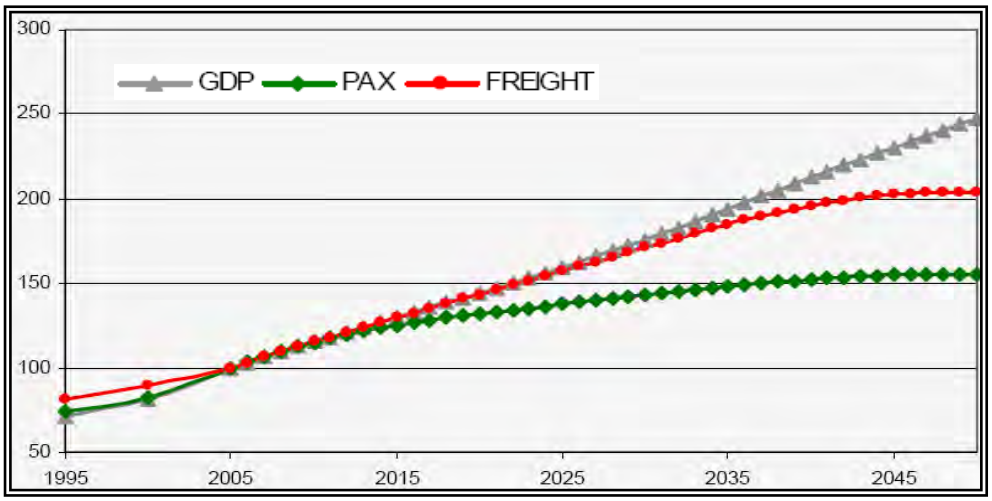
Gráfico 4-2. Crecimiento esperado de la actividad de transporte de mercancías por modo de transporte EU-25 (2000=100)



Crecimiento probable del transporte en 2000-2020 en EU-25	
PIB	52 %
Transporte total de mercancías	50 %
Transporte total de pasajeros	35 %
Transporte de mercancías por carretera	55 %
Transporte de mercancías por ferrocarril	13 %
Transporte marítimo de corta distancia	59 %
Transporte por vías navegables interiores	28 %
Automóvil particular	36 %
Transporte de pasajeros por ferrocarril	19 %
Transporte aéreo	108 %

Fuente: Comisión Europea, 2006, gráfico 2.1., cuadro 2.1., p.35

Gráfico 4-3. Evolución del crecimiento del P.I.B, del tráfico de mercancías y de viajeros. UE-27



Fuente: TRANSvisions, 2009, task 2, p. 109.

Escenario para la prolongación de las tendencias de la elasticidad del transporte en relación al Producto Interior Bruto (P.I.B.) de la UE-27 (base 2005=100).

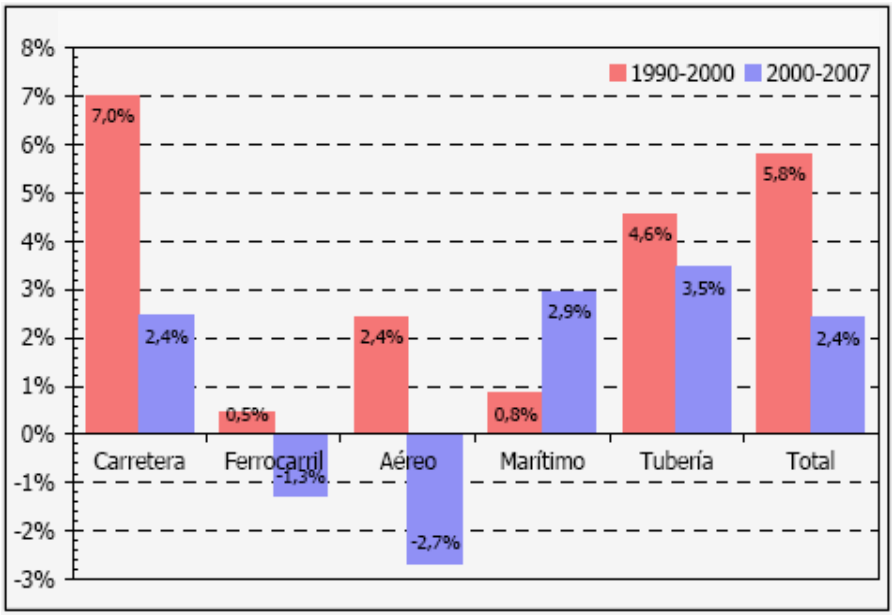
En el gráfico (ver gáfico 4-3) mostramos la evolución del P.I.B., los pasajeros/kilómetro y las toneladas/kilómetro, en el interior de la UE-27. Es notable señalar la disociación

que hipotéticamente se producirá hacia el año 2010-2012, entre el tráfico de pasajeros y, en menor medida, en el transporte de mercancías.

Con respecto a España (ver anexo 1), según se refleja en el Informe de 2007 del Observatorio del Ferrocarril en España (OFFE, 2008, p.20), el volumen de negocio del Sector Transportes representa en torno al 20% del volumen total de negocio del Sector Servicios, según los datos de la Encuesta Anual de Servicios. El ferrocarril se mantiene a lo largo del periodo analizado en torno al 2% del volumen de negocio del Sector Transportes.

En el mismo informe se señala que el Sector del Transporte tiene un volumen de negocio de 95.000 millones de euros en 2006, lo que representa un incremento del 10% respecto del año 2005, (ver gráfico 4-4). En el ferrocarril no se observa la misma fortaleza en la tendencia de crecimiento a que crece un 3,58% en 2006 respecto de los datos de 2005 (1.760 millones de euros) (Ibidem).

Gráfico 4-4. Variación anual acumulativa del transporte interurbano de mercancías en España

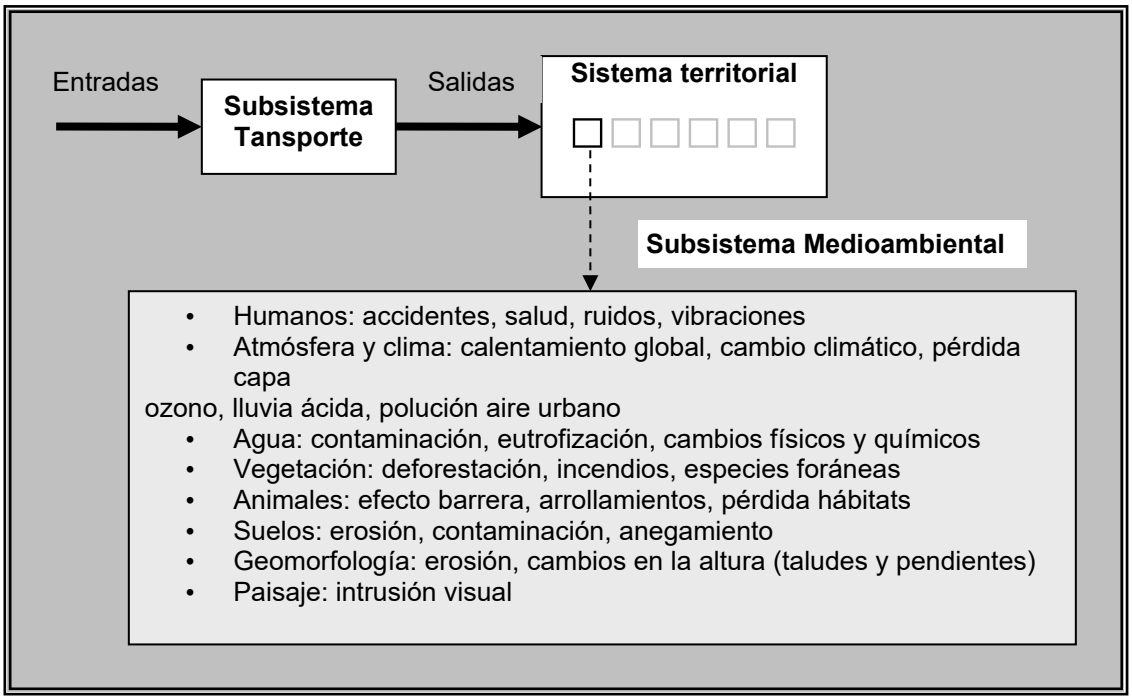


Fuente: Ministerio de Fomento, (2009, p. 8)
Elaboración propia

En el documento *Estrategia Española de Movilidad Sostenible* (ver gráfico 4-4), se dice que en conjunto, el transporte interurbano está creciendo en España de forma constante, si bien la tendencia se ha moderado notablemente durante los últimos años, tanto en pasajeros, donde se ha pasado de una variación anual acumulativa del 5,3% en el período 1990-2000, hasta un 2,1%, en el período 2000-2007, como en mercancías, cuyo comportamiento fue del 5,8% en el período 1990-2000, y del 2,4% en el 2000-2007. En ambos casos, la excepción a dichas tendencias ha sido el transporte marítimo, ya que ha registrado incluso tasas crecientes (Ministerio de Fomento, 2009a, p.8).

Por otra parte, una cuestión relacionada con el incremento del volumen de transporte es que se está en una contradicción permanente, entre una sociedad que siempre solicita mayor movilidad, pero que soporta cada vez menos la congestión de algunas redes, el deterioro del medio ambiente (ver figura 4-8) y la calidad insuficiente de las prestaciones que ofrecen algunos servicios de transporte.

Figura 4-8. Impactos del sistema de transporte sobre el medioambiente



Fuente: Elaboración propia

No obstante, resulta difícil alcanzar un crecimiento económico fuerte, que cree empleo y riqueza, sin un sistema de transporte eficaz que permita sacar plenamente provecho del mercado interior y del efecto de la mundialización del comercio, porque como ya se ha dicho con anterioridad, el transporte, es un elemento fundamental del funcionamiento de las economías modernas.

Es por ello, que si bien, el sistema de transporte tiene como objetivo garantizar la movilidad de las personas y bienes, ésta debe ser sostenible, es decir, el sistema de transporte debe permitir maximizar el potencial de crecimiento de nuestra economía, teniendo en cuentasimultáneamente, los imperativos del desarrollo sostenible en sus tres dimensiones económica, social y medioambiental.

Por lo tanto, la "movilidad sostenible" englobaría un conjunto de procesos y acciones orientados para conseguir como objetivo final un uso racional del sistema de transporte por parte, tanto de los particulares como de los profesionales.

Precisaremos que el concepto de movilidad sostenible es aplicado, en mayor medida, en el ámbito europeo, mientras que el de transporte sostenible, lo es en el anglosajón; si bien, ambos conceptos designan el uso racional y sostenible del sistema de transporte y el ahorro energético.

Como se ha podido apreciar en las primeras páginas de este apartado, los esfuerzos de la Unión Europea para mejorar la cohesión social, económica y territorial son importantes.

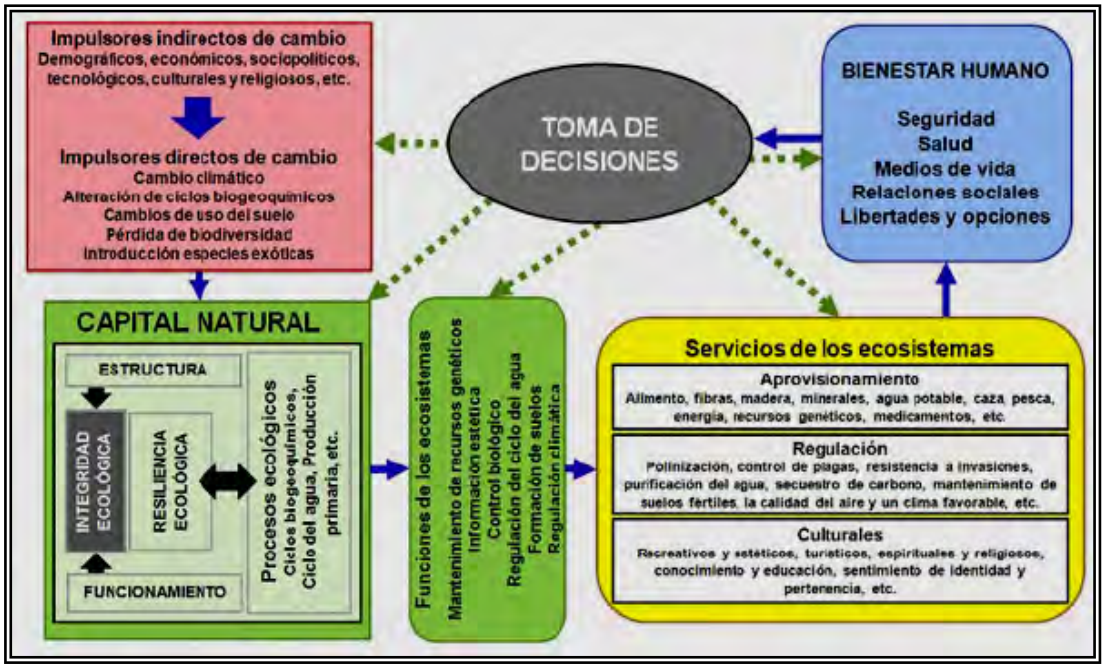
Asimismo, para alcanzar un desarrollo sostenible y equilibrado que no comprometa al planeta y a las generaciones venideras, está procediendo con mucha energía para cambiar el modelo de producción-consumo y el del sistema de transporte, ambos insostenibles[70].

[70] Sobre las medidas de la UE para reducir el consumo de energía un 20% en el horizonte 2020 ver, *Plan de acción para la eficiencia energética: realizar el potencial*, COM (2006) 545 final Bruselas, 19.10.2006.

Porque como señala Lovelock en su Teoría de Gaia, ideada en 1969, y siendo Gaia "…una metáfora de la tierra viva." (2008, p.13), "Hemos de considerar el cambio climático global como algo grave e inmediato y a continuación hacer lo que podamos para reducir el impacto de los humanos sobre la tierra." (Ibidem, pp. 31-32).

En consecuencia, es necesaria una reducción de las emisiones a la atmósfera y del consumo de energía fósiles, entre otras medidas tecnológicas. De esta forma, como indica el mencionado autor, con la aplicación de estas medidas a modo de parche, ganaremos algo más de tiempo para encontrar fuentes de energía menos contaminantes y para cambiar nuestro estilo de vida (Ibidem, pp.218-220). Sólo así podremos evitar la rebelión y la venganza de la tierra.

Figura 4-9. Marco conceptual para la integración entre el capital natural y el bienestar humano



Fuente: González, J. A. et al. (2008, figura 1, p. 53).

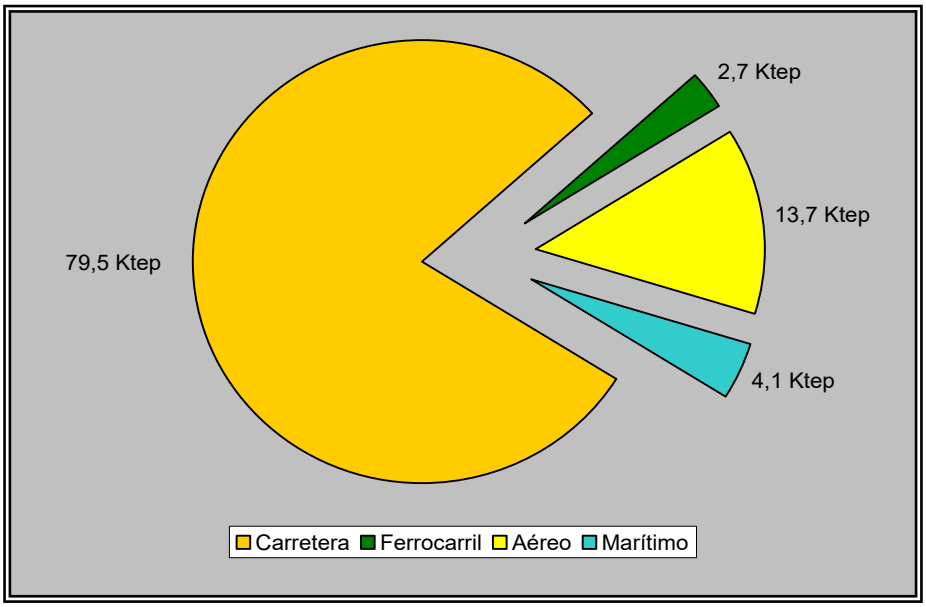
La importancia de los impactos del sistema de transporte sobre el capital natural puede apreciarse en la figura (ver figura 4-9), donde las funciones de los ecosistemas, es decir, su capacidad para generar servicios, constituyen el puente entre el sistema natural y el sistema socioeconómico.

Como señalan González et al (2008, p. 52), en el marco de la reciente Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EM), los ecosistemas son conceptualizados como un capital natural que, adecuadamente gestionado, genera una serie de servicios esenciales para el bienestar y el desarrollo de las sociedades humanas. La idea entronca con las ideas del anteriormente citado Lovelock, ya que para este autor, desde un enfoque ecológico de sistemas, es la vida del planeta la que regula la atmósfera y el clima de la tierra haciéndola habitable.

Por lo tanto, como es sabido, corremos un grave riesgo si no somos capaces de reducir de forma drástica los impactos más importantes generados por el sistema de transporte sobre el medioambiente. Es necesario el uso racional y solidario de los recursos, especialmente los no renovables, y el control de la polución. Pero las medidas han de ser globales, porque hay efectos, como ya se ha comentado, que trascienden de lo local y regional a lo global (ver gráfico 4-5).

España, por su situación geográfica y sus características socioeconómicas, es un país muy vulnerable al cambio climático, como así se viene poniendo de manifiesto en las más recientes evaluaciones e investigaciones.

Gráfico 4-5. Consumo final de energía por modos de transporte en España. Año 2006



Fuente: Ministerio de Fomento, (2009, p. 8)
Elaboración propia

Los graves problemas ambientales que se ven reforzados por efecto del cambio climático son: la disminución de los recursos hídricos y la regresión de la costa, las pérdidas de la biodiversidad biológica y ecosistemas naturales y los aumentos en los procesos de erosión del suelo. Asimismo, hay otros efectos del cambio climático que también van a provocar serios impactos en los sectores económicos.

En Europa los costes externos totales (ver cuadro 4-2 y tabla 4-5) han aumentando considerablemente desde los años 70 del pasado siglo, más aún desde la incorporación de los Países del Este. La principal razón de esta evolución radica en el crecimiento de los volúmenes de tráfico que han dado lugar a un mayor volumen de emisión de gases de efecto invernadero y, por consiguiente, a un incremento de los riesgos por el cambio climático (de manera especial en el transporte de viajeros por carretera).

Otro componente de coste que muestra valores crecientes es la de contaminación atmosférica, especialmente en el transporte de mercancías por carretera. Aunque las emisiones PM10 procedentes de gases de combustión descienden de forma importante gracias a la mejora de la tecnología de los motores y a los filtros de partículas, las emisiones de partículas no relacionadas con la combustión aumentan, aproximadamente, de acuerdo con los volúmenes de tráfico.

De los costes externos totales, el cambio climático es el componente de coste más importante, con un 30% del coste total, si se utilizan precios sombra altos. La contaminación atmosférica y los costes por accidentes suponen el 27% y el 24% respectivamente. Los costes del ruido y de los procesos aguas arriba y aguas abajo, el 7% de los costes totales, cada uno. Los costes de los efectos sobre la naturaleza y el paisaje, y de los efectos urbanos adicionales son de menor importancia, ambos suman un 5% (ver tabla 4-3).

Cuadro 4-2. Descripción general de los puntos principales y los factores de coste del transporte por componente del coste externo total [71]

Cost component	Cost elements	Critical valuation issues	Cost function	Data needs	Main cost drivers[3]
Congestion costs (road)	Time and operating costs Add. safety and environmental costs	Speed-flow relations Valuation of economically relevant value of time (reliability)	Increasing marginal cost in relation to traffic amount, depending on time of the day/week/year and region	Speed-flow data Level of traffic and capacity per road segment	Type of Infrastructure Traffic and capacity levels, mainly depending on: – Time of the day – Location – Accidents and constructions
Scarcity costs (scheduled transport)	Delay costs Opportunity costs Loss of time for other traffic users	Valuation approach as such (measurement of opportunity costs, WTP enlargement costs, optimisation model)	Increasing marginal cost in relation to traffic amount, depending on time of the day/week/year and region	Level of traffic, slot capacity per Infrastructure segment	Type of Infrastructure Traffic and capacity levels, mainly depending on: – Time of the day – Location
Accident costs	Medical costs Production losses Loss of human life	Valuation of human life Externality of self accidents in individual transport Allocation of accidents (causer/victim related)	Only limited correlation between traffic amount and accidents; other factors (such as individual risk factors and type of Infrastructure)	Accident database Definition of fatalities and heavy/slight injuries very important	Type of Infrastructure Traffic volume Vehicle speed Driver characteristics (e.g. age, medical conditions, etc.) Others
Air Pollution	Health costs Years of human life lost Crop losses Building damages Costs for nature and biosphere	Valuation of life years lost Market prices for crops Valuation of building damages Valuation of long term risks in biosphere	Correlation with traffic amount, level of emission and location	Emission and exposure data (exp. PM, NO_x, SO_2, VOC)	Population and settlement density Sensitivity of area Level of emissions, dep.on: – Type and condition of vehicle – Trip length (cold start emissions) – Type of Infrastructure – Location – Speed characteristics
Noise costs	Rent losses Annoyance costs Health costs	Valuation of annoyances	Declining marginal cost curve in relation to traffic amount	Noise exposure data (persons)	Population and settlement density Day/Night Noise emissions level, depending on: – Type of Infrastructure – Type and condition of vehicle
Climate change	Prevention costs to reduce risk of climate change Damage costs of increasing temperature	Long term risks of climate change Level of damage in high altitudes (aviation)	Proportional to traffic amount and fuel used (marginal cost close to average cost)	Emission levels	Level of emissions, depending on: – Type of vehicle and add. equipment (e.g. air conditioning) – Speed characteristics – Driving style – Fuel use and fuel type
Costs for nature and landscape	Costs to reduce separation effects Compensation costs to ensure biodiversity	Valuation approach as such (replacement versus WTP approach)	Most of the cost are Infrastructure related, and do not vary very much with traffic volumes	GIS information on Infrastructure	Type of Infrastructure Sensitivity of area
Additional environmental cost (water, soil)	Costs to ensure soil and water quality	Valuation approach as such (avoidance versus damage cost approach)	Complex: Increasing marginal cost curve in relation to traffic amount	GIS information Infrastructure, emission levels	Level of emissions Type of Infrastructure
Additional costs in urban areas	Separation costs for pedestrians Costs of scarcity for non motorised traffic	Valuation approach as such (Avoidance versus WTP approach)	Increasing marginal cost curve in relation to traffic density	Infrastructure data in urban areas (network data, data on slow traffic)	Type of Infrastructure Level of traffic
Up- and downstream processes	Costs of the whole energy cycle (environmental and risk effects of energy supply)	Valuation of long term energy risks, such as climate change and nuclear risk	Rather proportional correlation with traffic amount and (marginal cost close to average costs)	Data on energy processes and electricity mix	Level of indirect energy need Electricity mix (level of non renewables)

Fuente: Maibach, M. et al. (2007, table 5, pp.21-22)

[71] No todos los factores de coste serán aplicables como base para incentivos.

El modo más impactante es el transporte por carretera, que origina el 83,7% del coste total, seguido por el transporte aéreo que causa el 14% de los costes externos totales. Los costes totales relativos a ferrocarriles (1,9%) ya las vías navegables (0,4%) son de escasa importancia. Dos tercios de los costes están causados por el transporte de viajeros y un tercio se atribuye al de mercancías.

En la tabla siguiente (ver tabla 4-1) se presentan los factores de emisión para el ferrocarril; se han utilizado los factores de emisión para Alemania de la base de datos TREMOVE.

Tabla 4-1. Costes del Cambio Climático del modo ferrocarril en €ct/tren-km

			Metropolitan			Other Urban			Non Urban		
			indirect emis.	direct emis.	total	indirect emis.	direct emis.	total	indirect emis.	direct emis.	total
			€ct/ train-km	*€ct/ train-km*	*€ct/ train-km*	*€ct/ train-km*	*€ct/ train-km*	*€ct/ train-km*	*€ct/ train-km*	*€ct/ train-km*	*€ct/ train-km*
Passenger	Electric	Locomotive	11 (3.1-19.8)	0 (0-0)	11 (3.1-19.8)	11 (3.1-19.8)	0 (0-0)	11 (3.1-19.8)	11 (3.1-19.8)	0 (0-0)	11 (3.1-19.8)
		Railcar	17.1 (4.8-30.8)	0 (0-0)	17.1 (4.8-30.8)	17.2 (4.8-30.9)	0 (0-0)	17.2 (4.8-30.9)			
		High Speed Train							20.6 (5.8-37.1)	0 (0-0)	20.6 (5.8-37.1)
	Diesel	Locomotive	1.7 (0.5-3)	8.6 (2.4-15.5)	10.3 (2.9-18.5)	1.7 (0.5-3)	8.6 (2.4-15.5)	10.3 (2.9-18.5)	1.7 (0.5-3)	8.6 (2.4-15.5)	10.3 (2.9-18.5)
		Railcar	2.2 (0.6-4)	11.3 (3.2-20.4)	13.6 (3.8-24.4)	2.2 (0.6-4)	11.4 (3.2-20.6)	13.7 (3.8-24.6)			
Freight	Electric	Locomotive	30.7 (8.6-55.2)	0 (0-0)	30.7 (8.6-55.2)	30.7 (8.6-55.2)	0 (0-0)	30.7 (8.6-55.2)	30.7 (8.6-55.2)	0 (0-0)	30.7 (8.6-55.2)
	Diesel	Locomotive	5.6 (1.6-10.1)	29 (8.1-52.1)	34.6 (9.7-62.2)	5.6 (1.6-10.1)	28.9 (8.1-52.1)	34.6 (9.7-62.2)	5.6 (1.6-10.1)	28.9 (8.1-52.1)	34.6 (9.7-62.2)

Maibach, M., 2007, table 29, p.85

Para poder realizar una comparación, también se pueden ver los costes por VKM sobre la base de ejemplos de diferentes tipos y tamaños de los vehículos (tabla 4-1).
Las emisiones de los vehículos de carretera se basan en los resultados del modelo TREMOVE. Las emisiones promedio de la flota representan los valores de emisión de 2005 para Alemania para diferentes categorías de vehículos. Dentro de cada categoría de vehículo, los valores son representativos de la media europea de emisiones en la categoría respectiva.

Tabla 4-2. Costes del Cambio Climático del modo carretera en €ct/vehículo-km[72]

Vehicle	Size	EURO-Class	Metropo-litan	Urban	Interurban	Motorways	Average
Trucks	<7.5t	EURO-0	1.3 (0.4-2.4)	1.3 (0.4-2.4)	1.2 (0.3-2.2)	1.2 (0.3-2.1)	1.2 (0.3-2.2)
		EURO-1	1.1 (0.3-2)	1.1 (0.3-2)	1 (0.3-1.9)	1 (0.3-1.9)	1 (0.3-1.9)
		EURO-2	1.1 (0.3-1.9)	1.1 (0.3-1.9)	1 (0.3-1.8)	1 (0.3-1.8)	1 (0.3-1.8)
		EURO-3	1.1 (0.3-2.1)	1.1 (0.3-2)	1.1 (0.3-1.9)	1.1 (0.3-1.9)	1.1 (0.3-1.9)
		EURO-4	1.1 (0.3-1.9)	1.1 (0.3-1.9)	1 (0.3-1.8)	1 (0.3-1.8)	1 (0.3-1.8)
		EURO-5	1.1 (0.3-2)	1.1 (0.3-2)	1 (0.3-1.8)	1 (0.3-1.8)	1 (0.3-1.8)
	7.5-16t	EURO-0	2 (0.6-3.7)	2 (0.6-3.7)	1.8 (0.5-3.2)	1.7 (0.5-3)	1.7 (0.5-3.1)
		EURO-1	1.8 (0.5-3.2)	1.7 (0.5-3.1)	1.6 (0.4-2.8)	1.5 (0.4-2.6)	1.5 (0.4-2.7)
		EURO-2	1.7 (0.5-3)	1.7 (0.5-3)	1.5 (0.4-2.7)	1.4 (0.4-2.6)	1.5 (0.4-2.6)
		EURO-3	1.8 (0.5-3.2)	1.8 (0.5-3.2)	1.6 (0.4-2.8)	1.5 (0.4-2.6)	1.5 (0.4-2.7)
		EURO-4	1.6 (0.5-3)	1.6 (0.5-2.9)	1.5 (0.4-2.6)	1.4 (0.4-2.5)	1.4 (0.4-2.5)
		EURO-5	1.7 (0.5-3)	1.7 (0.5-3)	1.5 (0.4-2.7)	1.4 (0.4-2.5)	1.4 (0.4-2.6)
	16-32t	EURO-0	2 (0.6-3.7)	2 (0.6-3.7)	1.8 (0.5-3.2)	1.7 (0.5-3)	1.7 (0.5-3.1)
		EURO-1	1.8 (0.5-3.2)	1.8 (0.5-3.2)	1.6 (0.4-2.8)	1.5 (0.4-2.6)	1.5 (0.4-2.7)
		EURO-2	1.7 (0.5-3)	1.7 (0.5-3)	1.5 (0.4-2.7)	1.4 (0.4-2.5)	1.4 (0.4-2.6)
		EURO-3	1.8 (0.5-3.2)	1.8 (0.5-3.2)	1.6 (0.4-2.8)	1.5 (0.4-2.6)	1.5 (0.4-2.7)
		EURO-4	1.6 (0.5-3)	1.6 (0.5-2.9)	1.5 (0.4-2.6)	1.4 (0.4-2.4)	1.4 (0.4-2.5)
		EURO-5	1.7 (0.5-3)	1.7 (0.5-3)	1.5 (0.4-2.7)	1.4 (0.4-2.5)	1.4 (0.4-2.5)
	>32t	EURO-0	2.9 (0.8-5.3)	2.9 (0.8-5.3)	2.5 (0.7-4.6)	2.3 (0.6-4.1)	2.3 (0.6-4.2)
		EURO-1	2.6 (0.7-4.7)	2.6 (0.7-4.7)	2.2 (0.6-4)	2 (0.6-3.6)	2 (0.6-3.7)
		EURO-2	2.5 (0.7-4.5)	2.5 (0.7-4.5)	2.2 (0.6-3.9)	2 (0.5-3.5)	2 (0.6-3.6)
		EURO-3	2.6 (0.7-4.7)	2.6 (0.7-4.7)	2.2 (0.6-4)	2 (0.6-3.6)	2 (0.6-3.7)
		EURO-4	2.4 (0.7-4.3)	2.4 (0.7-4.3)	2.1 (0.6-3.7)	1.9 (0.5-3.3)	1.9 (0.5-3.4)
		EURO-5	2.5 (0.7-4.4)	2.4 (0.7-4.4)	2.1 (0.6-3.8)	1.9 (0.5-3.4)	1.9 (0.5-3.5)

Maibach, M., 2007, table 28, p.84

Existe una normativa europea sobre emisiones CO_2. Se trata de un conjunto de requisitos que regulan los límites aceptables para las emisiones de gases de combustión de los vehículos nuevos vendidos en los Estados Miembros de la UE. Las normas de emisión se definen en una serie de directivas de la UE con implantación progresiva que son cada vez más restrictivas (ver tabla 4-4).

[72] Los rangos se derivan de la utilización de los valores inferior y superior de acuerdo con la tabla 4-3.

La normativa europea sobre emisiones consta de una serie de Directivas que establece los niveles de emisiones en función de las categorías de vehículos. Los de pasajeros pertenecen a la M y los de mercancías la N. Los vehículos pesados (más de 12 Tm) pertenecen a la subcategoría N3. La evolución de la normativa (Euro) también determina los valores de las emisiones, que son cada vez más restrictivas. Para los vehículos de mercancías se utilizan cifras romanas (Euro I, II, III, IV, V y VI).

Tabla 4-3. Valores recomendados para los costes externos del cambio climático (en € / tonelada de CO2)

	Central values (€/tonne CO_2)		
Year of application	Lower value	Central value	Upper value
2010	7	25	45
2020	17	40	70
2030	22	55	100
2040	22	70	135
2050	20	85	180

Maibach, M., 2007, table 26, p.80

El valor central y los extremos del rango se obtienen mediante el uso de factores de coste para el año 2010, expresada en valores individuales del centro del rango y los valores inferior y superior[73].

Tabla 4-4. Factores de emisión del transporte de mercancías en de Europa[74]

Transport	EC (kJ/tkm)	CO_2 (g/tkm)	NO_x (mg/tkm)	SO_2 (mg/tkm)	NMHC (mg/tkm)	Dust (mg/tkm)
Road traffic* (>34-40 t; Euro 3)	1'082	72	553	90	54	16
Rail transport**						
average electric train	456	18	32	64	4	4.6
average diesel train	530	35	549	44	62	17
Air transport	9'876	656	3,253	864	389	46
Waterway (upstream/downstream)	727/438	49/29	839/506	82/49	84/51	26/16
* additional data see table 10 ** based on the EU-27 energy split						IFEU Heidelberg 2008

Fuente: INSTITUT FÜR ENERGIE UND UNWELTFORSCHUNG 2008, figure 22, p.38

Acorde con la normativa europea, el Gobierno de España ha adoptado un conjunto de importantes medidas tendentes a favorecer el ahorro y la eficiencia energética, así como, el incremento de la energía de fuentes renovables, dichas medidas han permitido favorecer el inicio de un cambio de tendencia.

Según se señala en el documento del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, "Con arreglo a los datos de consumo se advierte un cambio de tendencia en la intensidad energética de la economía que parece indicar una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero" (MMAMRM, 2007a, p.6). En el citado documento del Ministerio de Medio Ambiente, se dice que la implantación del *Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes*, 2005-2020, estima una reducción de 30 Millones de toneladas de CO_2 en el año 2020 (MMAMRM, 2007b, p.2).

[73] A corto plazo (2010 y 2020) los valores recomendados se basan en el rango utilizado en los estudios que se fundamentan en de evitar costes. A más largo plazo (2030 a 2050) los valores recomendados se basan en los costes de los daños. Para ampliar, ver Maibach, M., 2007, p.80.

[74] Los valores utilizados son los de INFRAS / IWW (2003 y 2004).

Las propuestas de actuación que se podrán adoptar por las administraciones, empresas, agentes sociales, instituciones y la ciudadanía en general, para propiciar el cambio necesario en el modelo actual de movilidad, se encuentran en La *Estrategia Española de Movilidad Sostenible*. Se trata de que el actual modelo sea más eficiente y sostenible, contribuyendo con ello a la reducción de sus impactos, como es la reducción de gases de efecto invernadero y otros contaminantes contribuyendo a la lucha contra el cambio climático. (Ministerio de Fomento, 2009a, p.5).

Con respecto a los costes de congestión, indicaremos, que es una consecuencia directa de los desequilibrios entre modos de transporte (ver cuadro 4-2)[75]. A finales del pasado siglo aparecieron en Europa fenómenos de congestión en algunas regiones y ejes, cuya persistencia constituye una amenaza para la competitividad económica. Aunque resulte paradójico, esta congestión del centro va unida con un aislamiento de las regiones periféricas, en las que deben mejorar las conexiones con los mercados centrales para garantizar la cohesión territorial de la Unión.

Según se menciona en el Libro Blanco de 2001, en 1993 el *Libro Blanco sobre Crecimiento, Competitividad y Empleo*, hace alusión a este asunto. "La cuestión no puede ser más obvia: los embotellamientos no sólo nos irritan a todos, sino que, además, suponen un gran coste para la productividad europea. Infraestructuras con cuellos de botella y en las que faltan eslabones; deficiencias de interoperabilidad entre modos y sistemas. Las redes son las arterias del gran mercado. Sus fallos se traducen en una falta de oxígeno para la competitividad, en ocasiones desaprovechadas de crear nuevos mercados y en una creación de empleo inferior a nuestro potencial." (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001, p.8).

Se continúa diciendo en el citado libro Blanco de 2001 que si la mayor parte de la congestión afecta a las zonas urbanas, la red transeuropea de transporte también adolece cada vez más de congestión crónica: 7.500 kilómetros de carreteras, es decir, un 10% de la red, se ven afectados a diario por atascos. También se señala que 16.000 kilómetros de vías de ferrocarril pueden considerarse puntos de estrangulamiento, lo que representa un 25% de la red. Dieciseis de los principales aeropuertos de la Unión Europea registraron un retraso superior a un cuarto de hora en más del 30% de sus vuelos (Ibidem).

Esta situación de congestión crónica se explica en parte porque los usuarios de los transportes no siempre pagan, y no en todos los lugares, los costes que generan. En efecto, la estructura de los precios no suele reflejar íntegramente los costes de la infraestructura, de la congestión, de los efectos nocivos para el medio ambiente y de los accidentes. Además, se observa una organización deficiente del sistema de movilidad europeo, junto con una utilización insuficiente de los medios de transporte y de las nuevas tecnologías.

Como consecuencia de ello, la Unión Europea adoptó un nuevo marco legal[76] que regula el sistema de tasas o de peajes a los camiones, conocido popularmente como 'Euroviñeta'.

---

[75] La mayor parte del transporte dentro de la UE se realiza por carretera, modo que representa el 44 % del total del transporte de mercancías y aproximadamente el 85 % del de viajeros. Entre las principales tendencias estructurales destaca el hecho de que el transporte de mercancías por ferrocarril ha frenado su declive relativo desde 2001 y en varios Estados miembros está en vías de crecimiento (Revisión libro Blanco, 2006, p, 8)

[76] La Directiva 1999/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de junio de 1999, que sustituye a la Directiva 93/89/CEE del Consejo de 25 octubre de 1993, armoniza los sistemas de exacción, impuestos sobre los vehículos, peajes y gravámenes vinculados a las infraestructuras varias, e instituye mecanismos equitativos de imputación de los costes de infraestructuras a los transportistas. A su vez ha sido modificada por la Directiva 2006/38/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2006 y la Directiva 2006/103/CE del Consejo de 20 de noviembre de 2006.

Esta norma busca incrementar la eficiencia del sistema terrestre de transporte de mercancías y constituye un paso importante hacia la aplicación en toda Europa de un sistema de pago por uso de la infraestructura. La idea que subyacente es conseguir una internalización de los costes directos de infraestructura y de operación. Aunque la incorporación de las externalidades o costes externos socioambientales está aún sujeta a discusión y ha generado polémica.

Como ejemplo de esta polémica podemos citar a la Comisión de Transportes del Colego de Ingenieros Canales y Puertos (2003, p.35) que afirma sobre la competitividad de la economía española, que "Gravar el transporte por carretera y el transporte aéreo reducirían este margen de competitividad, con la consiguiente limitación de nuestras importaciones y del número de visitantes que acceden a nuestro país."

Para dicha Comisión, "La discriminación positiva de los modos de transporte más respetuosos con el medio ambiente debe incidir en la promoción de los medios alternativos a la carretera, no en su penalización." (Ibidem, p. 49).

En cuanto a la causa de la saturación de algunos ejes importantes se debe, en parte, a los retrasos en la realización de las infraestructuras de la red transeuropea. En cambio, en las zonas en que los flujos son demasiado escasos para rentabilizar las infraestructuras, esos mismos retrasos impiden conectar correctamente las regiones periféricas y aisladas (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001, p.8).

El proceso de congestión surge cuando el número de vehículos en la red aumenta, generando interacciones entre los usuarios que obliga a todos a reducir la velocidad a la que se puede circular, incrementando el tiempo de recorrido.

Existen dos componentes en los costes de congestión. En primer lugar los costes Internos o privado son los costes de los atascos que cada vez son más numerosos y consumen cada vez más tiempo y gastos de funcionamiento para un operador al aproximarse o superar la capacidad del sistema. En segundo lugar los costes externos que son los experimentado por todos los demás usuarios de la red debido a la entrada de de un flujo de tráfico próximo o superior a la capacidad del sistema.

Dependiendo del modo de transporte, el tipo de usuarios, las características de la infraestructura, el tiempo de viaje y las actividades alternativas, el exceso de demanda puede provocar diversos efectos como el incremento en los tiempos de viaje al que corresponden la parte más importante de los costes totales de congestión.

Otros efectos son el incremento de los gastos de disposición de vehículos, de tripulaciones y de mantenimiento. Asimismo, el incremento adicional de los gastos de combustible, la pérdida de fiabilidad y confianza y la disminución de las ventanas horarias.Sin embargo, también podemos encontrar efectos externos positivos, como el denominado "efecto Mohring", que hace referencia a la mejora de los servicios o al incremento de servicios adicionales.

De acuerdo con la teoría del bienestar económico, los costes totales de congestión se definen por la medición de la pérdida de eficiencia para la sociedad en su conjunto que representan los costes derivados de un uso no eficaz de la infraestructura existente. No obstante esto, los costes de congestión en esta teoría sólo aparecen, por definición, para los modos de transporte en los que los usuarios individuales deciden la utilización que vayan a hacer de la infraestructura, es decir para el modo carretera.

Las estimaciones de los costes de congestión del modo carretera en el año 2000, según se señala en el estudio de los costes externos del transporte de la Universidad de Karlsruhe, calculados en función de los costes por retrasos, supusieron unos costes adicionales de 268.000 millones de euros, el 3,0% del PIB de la UE-17 (Schreyer, C. et al., 2004, p.15).

Se dice también en el mencionado estudio que aunque el transporte de mercancías por carretera representa sólo un 20% aproximadamente de la demanda de tráfico, sus

costes de congestión se aproximan al total de los vehículos de viajeros. Este hecho puede explicarse por el uso comparativamente intensivo que los vehículos de transporte de mercancías hacen de la capacidad de la carretera. (Schreyer, C. et al., 2004, p. 16).

Como vemos, los costes son elevados, por ello, la lucha contra la congestión vial debe abordarse recurriendo a los modos de transporte con capacidades excedentarias, como el ferrocarril.

En el enfoque utilizado para la congestión vial no es el más adecuado para el transporte ferroviario. En este modo de transporte no son los usuarios individuales los que deciden la utilización de la infraestructura. Son la programación diaria y los Planes de Transporte del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif), los que determinan la asignación de surcos y la puesta en circulación de los trenes de los operadores.

Hay que tener en cuenta que una programación adecuada en tiempo y forma significa, en gran medida, una garantía de calidad y de coordinación para el desarrollo del tráfico, teniendo una influencia positiva en la puntualidad, la velocidad comercial y la capacidad de vía. Según se señala en la Declaración sobre la Red, actualización 2009, es la Orden FOM/897/2005, de 7 de abril, la que determina como en la Declaración sobre la Red se detallará el procedimiento de Adjudicación de Capacidad de Infraestructura Ferroviaria (Adif, 2009, p.80). En este documento encontramos cuatro tipos de surcos:

- Surcos Regulares (SERVITREN): son aquellos surcos solicitados para una frecuencia de circulación significativa dentro del Horario de Servicio (del orden de 40 días). Soportan la circulación de trenes que conforman el Plan de Transporte de cada Candidato. El conjunto de surcos regulares integra el Horario de Servicio.

- Surcos Ocasionales (TRENDÍA): estos surcos se programan para dar respuesta a las demandas puntuales de las EEFF y de los otros Candidatos que, en función de sus limitados días de circulación y la escasa antelación de su solicitud (hasta 24 horas antes de la salida solicitada de origen del tren), no se incluyen en el Plan de Transporte. (Ibidem, p.82).

- Surcos Especiales Con Solicitud (Surcos Inmediatos): estos surcos se asignan a petición expresa de las EEFF y de otros Candidatos, a raíz de necesidades de transporte no programadas y que se generan normalmente con menos de un día de antelación. La puesta en circulación de los trenes en estos surcos deberá ser excepcional y motivada por circunstancias justificadas.

- Surcos Especiales Sin Solicitud: estos surcos son asignados con motivo de incidencias o por incumplimiento de las condiciones de transporte programadas por las EEFF o por otros Candidatos, normalmente a iniciativa de ADIF (Ibidem, p.83).

No obstante esta oferta, la propia complejidad de la explotación del sistema de transporte por ferrocarril y las características y volumen de demanda pueden generar escasez de surcos y retrasos. Ciertos niveles de congestión se pueden presentar en determinados periodos horarios y trayectos. También en periodos punta en algunas terminales con mucho tráfico. Se sugieren cifras de costes externos marginales de congestión en el transporte por ferrocarril, basadas en la evidencia británica y suiza, de alrededor de 0.20 €/tren-km en el periodo punta de la mañana (Schreyer, C. et al., 2004, p. 34).

Con lo que se ha escrito a lo largo de estas páginas, en los citados Libros Blancos y en la *Estrategia Española de Movilidad Sostenible*, y como manifiesta Seguí Pons, el transporte debe ser considerado hoy en día como un factor de sostenibilidad, la clave para Cádiz , "…está en la neutralidad entre las externalidades negativas y las externalidades positivas, neutralidad que sólo es posible mediante la internalización de

beneficios y costos desde una perspectiva integral, social, económica y ambiental." (Cádiz, 1994, en Seguí Pons, 2004, p. 341).

Además para alcanzar la equidad social, debe existir un acceso igualitario a las infraestructuras y al conocimiento, por lo que es necesario dotar a las regiones menos desarrolladas de una mejora de la accesibilidad, realizar una utilización más eficaz y sostenible de las infraestructuras y para que la difusión del saber y la capacidad de innovación llegue a todos por igual.

Es necesario tener en cuenta como señala Seguí Pons, que "Los conceptos de equidad y sostenibilidad vienen siempre unidos, puesto que no puede calificarse de sostenible ni el desarrollo ni el transporte que no sea justo y equitativo para toda la población, es decir cuyas externalidades — negativas y positivas— no sean soportadas equitativamente por todos los grupos socioeconómicos y generacionales. " (Seguí Pons, 2004, p. 345).

Los costes externos totales (excluidos los costes de congestión, y en el escenario superior de cambio climático) se elevaron a 650.275 millones de euros en 2000, lo que representa el 7,3% del PIB total del conjunto de países de la UE-17 (ver tabla 4-5) (Schreyer, C. et al., 2004, p. 5).

Tabla 4-5. Costes externos medios por componente de coste y modo de transporte. Año 2000. UE-17[77]

	Coste Medio Viajeros							Coste Medio Mercancías						
	Carretera				Ferrocarril	Aviación	General	Carretera			Ferrocarril	Aviación	Naveg. Interior	General
	Automóvil	Autobús	Moto	General				Camión ligero	Camión pesado	General				
	[Euros / 1000 VKM]							[Euros / 1000 TKM]						
Accidentes	30.9	2.4	188.6	32.4	0.8	0.4	22.3	35.0	4.8	7.6	0.0	0.0	0.0	6.5
Ruido [1]	5.2	1.3	16.0	5.1	3.9	1.8	4.2	32.4	4.9	7.4	3.2	8.9	0.0	7.1
Polución atmosférica	12.7	20.7	3.8	13.2	6.9	2.4	10.0	86.9	38.3	42.8	8.3	15.6	14.1	38.5
Cambio Climático Esc. Superior	17.6	8.3	11.7	16.5	6.2	46.2	23.7	57.4	12.8	16.9	3.2	235.7	4.3	16.9
Cambio Climático Esc Inferior [2]	*(2.5)*	*(1.2)*	*(1.7)*	*(2.4)*	*(0.9)*	*(6.6)*	*(3.4)*	*(8.2)*	*(1.8)*	*(2.4)*	*(0.5)*	*(33.7)*	*(0.6)*	*(2.4)*
Naturaleza y Paisaje	2.9	0.7	2.1	2.6	0.6	0.8	2.0	10.9	2.0	2.9	0.3	3.8	0.8	2.6
Aguas arriba y abajo [3]	5.2	3.9	3.0	5.0	3.4	1.0	3.9	22.4	7.4	8.8	2.4	7.4	3.3	8.0
Efectos Urbanos	1.6	0.4	1.1	1.5	1.3	0.0	1.1	5.2	1.1	1.5	0.5	0.0	0.0	1.3
Total EU 17 [4]	76.0	37.7	226.3	76.4	22.9	52.5	67.2	250.2	71.2	87.8	17.9	271.3	22.5	80.9

Fuente: Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC), 2004, p.8

[77] Observaciones de la tabla 4-5:

1) Las diferencias modales en los costes del ruido están directamente relacionadas con las bases de datos nacionales que se han utilizado sobre exposición al ruido, y por lo tanto podrían estar sujetas a diferentes métodos de medición. Los costes del ruido de los trenes de mercancías podrían estar subestimados puesto que el procedimiento simplificado de asignación del tráfico que ha sido utilizado atribuye la mayoría de los trenes de mercancías al tráfico diurno.

2) Los costes medios del cambio climático para el escenario inferior tienen sólo un fin informativo (valores no utilizados para calcular los costes totales). 3) Los costes del cambio climático de los procesos aguas arriba y aguas abajo están calculados con el valor sombra del escenario superior del Cambio climático. 4) Costes Medios Totales calculados en el escenario superior del cambio climático.

Con respecto al transporte de mercancías por ferrocarril en nuestro país, la noticia publicada en la web de la revista Vía Libre de 01 de septiembre de 2009, indica que la actividad del transporte de mercancías de Renfe[78] supuso en 2008 un ahorro para la sociedad de 899,7 millones de euros en términos económicos por el impacto sobre el cambio climático y la contaminación que habría tenido realizar este transporte por otros medios, como el avión o el camión.

De haber sido así, durante 2008 habrían circulado 327.000 camiones más de lo que lo han hecho durante 2008, sin contar los aviones de carga, que no se consideran en este informe. Andalucía, Castilla y León y Cataluña han sido las comunidades más beneficiadas.

Por comunidades, el mayor ahorro de costes externos se ha produjo en Andalucía (135,3 millones de euros), seguida de Castilla y León (132,4 millones), Cataluña (119,7 millones), Castilla-La Mancha (84,7 millones) y Aragón (82 millones).

En cuanto al origen de estos ahorros, los porcentajes de los servicios de Mercancías de Renfe se corresponden aproximadamente con los generados por todos los servicios de la operadora: cambio climático (36 %), accidentes (23 %), contaminación atmosférica (22 %), contaminación acústica (6 %), y a otros efectos (13 %).

En conjunto, Renfe ha generado un ahorro de costes externos de 2.531,2 millones de euros, por lo que el transporte de mercancías se sitúa como el servicio que más costes evita, un 35,54 por ciento del total, por delante de las Cercanías, que ahorraron 877,7 millones en 2008. Renfe evalúa cada año estas cifras mediante la metodología de la sustitución modal avalada por el Departamento de Economía de Transporte de la universidad británica de Leeds. A partir del estudio “Costes externos del transporte”, elaborado para la Unión Internacional de Ferrocarriles por la consultora suiza Infras y el Instituto IWW de Karlsruhe, se evalúa en términos económicos este impacto negativo.

El modo de transporte que genera más costes externos es el automóvil, con un 43 %; seguido por los camiones (34 %) y la aviación civil (14 %). El ferrocarril se sitúa por debajo del 2 por ciento. Por unidad de transporte, las mercancías generan 1,3 veces más costes que el tren si se trasladan por barco, 4,9 veces más por carretera y 15,2 veces más por avión.

En los datos anteriores señalaremos que no se diferencia entre tracción eléctrica y diesel, a pesar de que es una cuestión importante a tener en cuenta. Actualmente de las 370 locomotoras dedicadas al transporte de mercancías por parte de Renfe Operadora, 235 son eléctricas y 135 diesel.

La importancia radica en que “…existe una notable ventaja en la tracción eléctrica frente a la tracción diesel (además de por la deslocalización de los ruidos y emisiones de efecto local) porque la tracción eléctrica requiere, para el mismo servicio, menos energía primaria (del orden del 25% menos), menos energía procedente de fuentes fósiles y por tanto no renovables (del orden de 45% menos) y menos emisiones de gases de efecto invernadero (alrededor de un 59% menos).” (García Álvarez, 1999, P. 63).

Por otra parte, de las medidas presentadas en el Libro Blanco de 2001, si bien son todas valiosas y necesarias, reseñaremos únicamente, de la misma forma que en el documento la *Estrategia Española de Movilidad Sostenible*, las que hacen referencia directa al transporte de mercancías por ferrocarril.

Como se dice en el mencionado Libro Blanco, durante mucho tiempo, la Unión Europea no ha sabido, o no ha querido, aplicar la política común de transportes prevista por el Tratado de Roma de 1957. Durante casi 30 años, el Consejo de Ministros ha sido incapaz de plasmar en acciones concretas las propuestas de la

[78] Renfe Operadora es la más importante de las operadoras en cuanto a tráfico y trenes.

Comisión (Libro Blanco, 2001, p.6). Sin embargo en los últimos veinte años se ha conseguido la apertura de los mercados y el objetivo se ha alcanzado en líneas generales, salvo en el sector ferroviario, en el que la apertura del mercado de mercancías, realizada en 2003, está teniendo un desarrollo desigual en los países de la UE-27 y la del mercado de viajeros está prevista para el año 2010.

Hasta marzo de 2009 en España, el Ministerio de Fomento ha concedido 11 licencias a nuevas empresas ferroviarias de mercancías (incluida Renfe Operadora), de las cuales 10 tienen concedida la licencia por parte de la UE. Así mismo, se han concedido habilitaciones a 5 candidatos a adjudicación de capacidad[79].

El primer avance decisivo de la política común de transportes se plasmó en una reducción significativa de los precios para los consumidores, combinada con una mayor calidad de los servicios y una multiplicación de las opciones, que han cambiado incluso la forma de vida y de consumo de los ciudadanos europeos. El segundo avance de esta política, a partir de los resultados de los programas marco de investigación, fue el desarrollo de las técnicas más modernas en un marco europeo de interoperabilidad." (Ibidem, p.7).

Los proyectos puestos en marcha a finales de los años 80 están dando sus frutos, simbolizados en la realización de una red transeuropea de trenes de alta velocidad y el lanzamiento del programa de navegación por satélite Galileo. Cabe lamentar, no obstante, que la modernidad de la técnica y de las infraestructuras no siempre haya ido a la par de una modernización de la gestión de las empresas, especialmente en el sector ferroviario. También el Tratado de Maastricht de 1992 introdujo el concepto de red transeuropea, que ha permitido desarrollar un plan general de infraestructuras de transporte a escala europea con un apoyo financiero comunitario.

Las distintas Directivas sobre el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios tienen un amplio recorrido normativo. Comenzaron con la Directiva 91/440/CEE del Consejo Europeo de 29 de julio de 1991 y se ha ido aprobando distintos "paquetes ferroviarios" –el tercero en 2007—. El cuarto lo será en un futuro próximo.

Dichas Directivas contemplan desde la separación empresarial de las infraestructuras ferroviarias de la explotación de las mismas, pasando por la concesión de licencias y adjudicación de capacidades, la interoperabilidad ferroviaria, aplicación de cánones por la utilización de las infraestructuras y la obtención de certificados de seguridad y habilitaciones del material y el personal, hasta los derechos y obligaciones de los viajeros y la creación de la Agencia Ferroviaria Europea.

Pero queda mucho camino por hacer, el programa de acción reflejado en el Libro Blanco está compuesto por una serie de medidas que deberán aplicarse de forma progresiva, que como ya se ha mencionado, están destinadas a desarrollar un sistema europeo de transporte capaz de reequilibrar los modos de transporte y ser eficiente energéticamente.

Se hace imprescindible la revitalización de los ferrocarriles, el fomento del transporte marítimo y vías navegables y el control del crecimiento del transporte aéreo. También tecnológicamente es posible alcanzar la eficiencia de los combustibles mediante la optimización de los motores, la aplicación de sistemas de gestión inteligente de la energía en los vehículos o el uso de carburantes alternativos de automoción para reemplazar paulatinamente la gasolina por otros combustibles.

---

[79] Fuente: Liberalización sector ferroviario, documento interno Adif, marzo 2009, Intranet Adif.

Las empresas ferroviarias han de estar en posesión de Licencia de Empresa Ferroviaria para realizar transporte ferroviario de mercancías internacional o nacional. Deben para ello solicitar la correspondiente Capacidad a ADIF siguiendo el procedimiento establecido. En el momento de la adjudicación de la misma deberán, además, estar en posesión del Certificado de Seguridad, necesario para poder circular con su material rodante y su personal de conducción por el itinerario solicitado. (Adif, 2009a, p.20).

Para la Unión Europea, el ferrocarril es un modo de transporte con muchas posibilidades y de cuyo renacimiento depende el éxito del reequilibrio entre modos de transporte, suprimir los puntos estrangulamiento y desarrollar un sistema de transporte sostenible. La revitalización del ferrocarril, requiere integrar el transporte por ferrocarril en el mercado interior, optimizar la utilización de las infraestructuras y modernizar los servicios.

Asimismo, eliminar los obstáculos estructurales que aún se oponen a la competitividad de la industria ferroviaria, concretamente barreras técnicas como la escasa interoperabilidad, la falta de reconocimiento mutuo del material móvil y otros productos, la escasa coordinación de las infraestructuras y de la interconexión de los sistemas informáticos, así como el problema de las cargas del vagón aislado.

Además, la Comisión está estudiando el modo de desarrollar una mejor tarificación inteligente de las infraestructuras, incluyendo la internalización de los costes externos. También ayudará subvencionando la aplicación de proyectos prioritarios en las redes transeuropeas, la mayor parte de los cuales son proyectos ferroviarios, entre ellos el sistema de gestión del tráfico ferroviario (ERTMS), que ya funciona parcialmente en España.

No vamos a extendernos en desarrollar y evaluar el conjunto de medidas ni los efectos de la política de transporte de la UE, porque el objetivo del trabajo no es ese y, además, ya es objeto de numerosos estudios a escala nacional y europea.

Por el contrario, si que nos parece importante hacer referencia a algunas de las medidas que se plasman en el documento sobre la revisión intermedia del Libro Blanco de 2001 que están en relación directa con el ferrocarril y que, en nuestra opinión, son elementos del sistema económico que favorecen la competitividad de las empresas y del propio territorio en el que se implantan, la optimización de las infraestructuras y la movilidad inteligente.

En cuanto a la optimización de las infraestructuras los objetivos son reducir la congestión y aumentar la accesibilidad (Comisión de las Comunidades Europeas, 2006a, pp. 18-19), se dice, que las Redes Transeuropeas de Transporte (RTE-T) proporcionan la infraestructura física para el mercado interior. Europa está dotada de una densa red de transportes y, en general, cuenta con una infraestructura de alta calidad.

Sin embargo, algunas zonas del «medio oeste» de Europa y alrededor de las cadenas montañosas que atraviesan el continente, así como muchas ciudades, sufren congestión y contaminación. Se estima que, para 2020, 60 grandes aeropuertos estarán gravemente congestionados. En los puertos se observa una tendencia similar.

Las soluciones de movilidad inteligente y de gestión de la demanda de transporte aliviarán la congestión, pero también se necesitarán infraestructuras nuevas o mejoradas. Invirtiendo en alternativas viables a los corredores viarios congestionados se apoyarán soluciones inteligentes que incluirán cadenas logísticas comodales, que optimicen el uso de la infraestructura de transporte dentro de los diferentes modos y entre ellos. Estas incluyen el uso de túneles transalpinos, de corredores ferroviarios y de nodos intermodales para el transporte ferroviario, marítimo o aéreo.

En otras partes de Europa, la accesibilidad es la principal preocupación para las regiones y los Estados miembros periféricos. Las regiones ultra-periféricas sufren un gran déficit de accesibilidad, no solo en relación con el mercado interior continental, sino también en algunas zonas de su propio territorio.

Necesitan aprovechar el potencial de los aeropuertos regionales y de las conexiones marítimas para aliviar la incidencia de la lejanía en su posición competitiva y para mejorar las conexiones con el resto de la UE y con terceros países vecinos.

Con respecto a la movilidad inteligente, la logística del transporte y los sistemas inteligentes de transporte, entre otras cuestiones, continúa diciendo, el citado

documento sobre la revisión intermedia del Libro Blanco de 2001 (Comisión de las Comunidades Europeas, 2006a, pp.21-22), que las nuevas infraestructuras no pueden resolver todos los problemas de congestión y accesibilidad debido a los elevados costes y a la larga duración de los procedimientos de planificación, incluso, en algunas zonas debido a la presión medioambiental que provocarían y a la falta de espacio.

Al intentar hacer un uso óptimo de la capacidad de transporte existente, el interés de la industria en la reducción de costes es acorde con el interés público por garantizar la sostenibilidad financiera y medioambiental. Mejorar el factor de carga, posibilitar y estimular el trasbordo al transporte ferroviario y marítimo en largas distancias, optimizar la planificación de rutas y horarios son medios para aumentar la movilidad, al mismo tiempo, que se disminuye el impacto medioambiental por unidad de carga transportada.

La industria ha asumido el reto vinculado al uso más eficiente de la infraestructura y los vehículos existentes desarrollando avanzadas cadenas de logística. Unas tecnologías de la información y la comunicación avanzadas permiten su aplicación y prestan los servicios necesitados para hacer realidad la logística inteligente.

La tendencia a la formación de empresas de logística integradas se debe conciliar con unas políticas públicas que permitan el uso óptimo y la combinación de diferentes modos de trasporte, la comodalidad[80]. Puede incluirse aquí la adopción de medidas dirigidas a eliminar los obstáculos normativos a la comodalidad, estimular el aprendizaje y el intercambio de las mejores prácticas en toda la UE, promover la normalización y la interoperabilidad entre unos modos y otros e invertir en intercambiadores. La adaptación de las dimensiones de los contenedores y los vehículos para satisfacer las necesidades de una logística inteligente forma parte de estas consideraciones.

Por otra parte, sobre los sistemas inteligentes, a largo plazo, no hay razón para que los aviones dispongan de avanzados sistemas de comunicación, navegación y automatización, y no los barcos, los trenes o los automóviles.

Las nuevas tecnologías que lleguen al mercado en el futuro próximo ofrecerán gradualmente nuevos servicios a los ciudadanos y permitirán la gestión mejorada en tiempo real del tráfico y del uso de la capacidad. También, la trazabilidad y el seguimiento de los flujos de transporte con fines medioambientales y de seguridad.

No sólo incrementarán el confort en la conducción, sino que también ayudarán a aumentar la seguridad y la protección y a hacer frente a unos hábitos de derroche en interés de la sostenibilidad medioambiental. Se está constituyendo el órgano de vigilancia de Galileo; el sistema de navegación por satélite Galileo proporcionará señales de navegación que se podrán combinar con comunicaciones desde tierra o desde el espacio. El desarrollo de una arquitectura abierta europea garantizará la interoperabilidad y el desarrollo flexible de futuras aplicaciones para todos los modos de transporte.

Están ya en marcha varias iniciativas, como la Iniciativa del Vehículo Inteligente[81], para fomentar nuevas tecnologías en vehículos a través de la coordinación de las acciones de las partes interesadas (el foro *eSafety*), la investigación en sistemas de vehículos inteligentes y sensibilización de los usuarios, y el programa SESAR, para la

[80] El término “comodalidad”, según define la Comisión de las Comunidades Europeas, es “…el uso eficiente de diferentes modos de transporte por separado y en combinación…”, y dará lugar a un uso óptimo y sostenible de los recursos. Para la Comisión, este enfoque presenta las mejores garantías para lograr simultáneamente un nivel elevado tanto de movilidad como de protección del medio ambiente. (2006a, p.25).

[81] Para más información ver Comunicación sobre la Iniciativa del Vehículo Inteligente - «Sensibilización sobre las TIC al servicio de vehículos más inteligentes, seguros y limpios» - COM(2006) 59.

incorporación de las tecnologías más modernas a la gestión del tráfico aéreo en el cielo único europeo. El programa SESAR reducirá el impacto del tráfico aéreo sobre el medio ambiente, además de aumentar la seguridad, contribuir al empleo y abrir mercados para la exportación de la tecnología europea de tráfico aéreo.

En el sector ferroviario el sistema ERTMS aportará ventajas similares. Incrementará la interoperabilidad entre redes nacionales, que es una condición previa indispensable para la eficacia de las operaciones ferroviarias a larga distancia. El sistema de servicios de información fluvial se está introduciendo ya en los principales corredores europeos. La UE invierte una cantidad considerable de fondos públicos en estos sistemas y apoya su implantación con el marco regulador necesario.

Las acciones futuras explotarán oportunidades para la creación de asociaciones entre los sectores público y privado para apoyar el desarrollo y la demostración de nuevas tecnologías que incluyen también la transformación ecológica del transporte aéreo (Iniciativa Tecnológica Conjunta «Cielo limpio») y la transformación ecológica del transporte de superficie (Iniciativa Tecnológica Conjunta de pilas de hidrógeno y pilas de combustible).

Por su parte, en la *Estrategia Española de Movilidad Sostenible* (2009a, p.22), se ofrecen una serie de medidas en función de los objetivos de esta Estrategia que se desarrollan en cinco áreas:

1. Territorio, planificación del transporte y sus infraestructuras
2. Lucha contra el cambio climático y reducción de la dependencia energética
3. Mejora de calidad del aire y reducción del ruido
4. Mejora de la seguridad y salud
5. Gestión de la demanda

De todas las medidas reseñamos únicamente las que hacen referencia directa al transporte de mercancías por ferrocarril y a las plataformas logísticas.

En el sub-área 1a) que hace referencia al Territorio, se dice que es necesario Impulsar el desarrollo de infraestructuras específicas y plataformas en los principales nodos de la red, dotándolas de los equipamientos necesarios, donde se proporcionen servicios especializados, con el fin de facilitar el intercambio modal de las mercancías, así como micro-plataformas de distribución urbana.

También se necesita potenciar la intermodalidad portuaria, reforzando la accesibilidad ferroviaria a los puertos y consolidando la integración del ferrocarril con las plataformas logísticas terrestres. Igualmente, es necesario potenciar la intermodalidad en la carga aérea, mediante el desarrollo de los Centros de Carga y otras infraestructuras aeroportuarias especializadas. Además, es preciso reforzar la inversión en el mantenimiento de las infraestructuras existentes, mejorando las vías actuales y el ferrocarril convencional, en general, y aumentando, a su vez, los niveles de seguridad. (Ministerio de Fomento, 2009a, p.23-24).

En cuanto al sub-área 1b), en relación a la planificación del transporte y sus infraestructuras en el ámbito interurbano, en primer lugar indica, que es necesario implantar progresivamente un sistema de transporte de mercancías diversificado (con alta participación de los modos más sostenibles), integrado y sostenible a corto y medio plazo desde una óptica económica y también medioambiental.

Otra medida es establecer una red ferroviaria orientada al transporte de mercancías que permita superar el déficit de la oferta, tanto en calidad como en cuota de mercado. Al mismo tiempo se necesita garantizar la operatividad y la fluidez del tráfico de trenes de mercancías sin que se deba supeditar al paso de los trenes de viajeros. Hace falta asimismo optimizar la circulación de trenes de mercancías y viajeros dependiendo de la densidad y composición de los tráficos en cada línea, para la definición de itinerarios

preferentes para mercancías en los principales ejes de transporte terrestre. Así mismo, indica la necesidad de la creación de líneas ferroviarias exclusivas para mercancías.

En segundo lugar, propone dotar a la red ferroviaria de un sistema moderno de terminales multimodales ferroviarias y ferro-portuarias, asimismo, de apartaderos con servicios y equipamientos logísticos para el tratamiento de cargas de calidad contrastada. Se trata de alcanzar la capacidad de formar y acoger trenes de características de longitud y tonelaje que permitan unos costes de transporte competitivos. (Ibidem, p.24)

Por último, señalamos en el sub-área 1d) una medida en los elementos comunes a la planificación del transporte y sus infraestructuras, muy relacionada con la tecnología y la innovación. Se trata de Implantar de forma progresiva sistemas inteligentes de transporte para alcanzar los siguientes objetivos: (i) mejorar la seguridad de las personas y mercancías involucradas o afectadas por el transporte y el tráfico; (ii) optimizar la explotación de los recursos de transporte, atendiendo a su capacidad, disponibilidad, fiabilidad, etc., tanto de manera individual para cada modo de transporte como conjuntamente; y (iii) armonizar y estandarizar definiciones de compatibilidades entre sistemas y claridad en su presentación al usuario.

También de apoyar y colaborar en la definición y desarrollo a nivel supranacional de una arquitectura global multimodal de sistemas inteligentes de transporte, cuyos elementos claves serían: las redes de comunicación, los sensores de posicionamiento; las bases de datos y de información geográfica y ambientales, y los servicios de información integral para el usuario de los sistemas de transporte (Ministerio de Fomento, 2009a, p.27).

Por último, citamos las nuevas tecnologías en sistemas de tracción, motores y combustibles alternativos. Lo que se pretende es introducir incentivos y una regulación específica que dirija la innovación tecnológica hacia combustibles de mejor calidad que garanticen una reducción de impactos asociados. Asimismo urge el diseño y construcción de vehículos menos contaminantes, más seguros y adecuados para el tráfico más calmado, asimismo que sean vehículos menos ruidosos, de menos peso y con menor consumo energético. (Ibidem, p.28).

4.3. EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MERCANCIÁS POR FERROCARRIL Y SUS INTERACCIONES CON EL SISTEMA LOGÍSTICO COMO FACTOR ESTRATÉGICO DE COMPETITIVIDAD Y DESARROLLO SOSTENIBLE DEL TERRITORIO

A la vista de lo expuesto en los apartados anteriores del capítulo, en nuestra opinión, hemos podido apreciar como el ferrocarril es uno de los modos de transporte que mejor se adecúa a las tres componentes del desarrollo sostenible, la medioambiental, la social y la económica. También se ha se ha hecho referencia a las medidas que la Unión Europea y el Gobierno de España tratan de implementar para conseguir el objetivo de un desarrollo sostenible.

De las medidas propuestas, si bien, nos parecen todas acertadas y urgentes, hay tres que nos parece importante resaltar desde el punto de vista del ferrocarril ya que son las que van a potenciar, en nuestra opinión, el carácter estratégico de este modo de transporte en la actualidad.

Las tres medidas a que aludimos, extensivas a todo el sistema de transporte, pero que centramos en el modo ferrocarril son la cooperación entre este modo de transporte y el sistema logístico, la colaboración entre el ferrocarril y los otros modos de transporte para el desarrollo de un sistema intermodal de transporte y, por último, la dedicación exclusiva de líneas de ferrocarril para las mercancías.

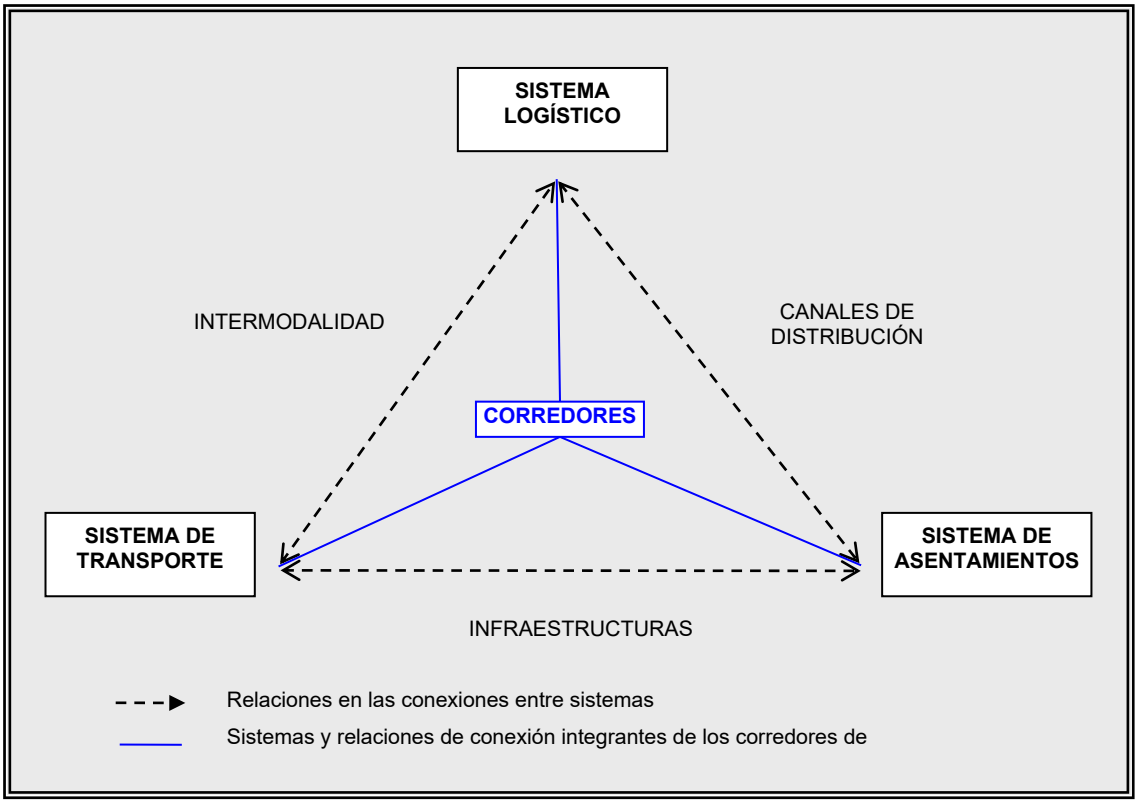
Estas acciones van a permitir mejorar la eficacia y eficiencia del conjunto del sistema de transporte y de los canales logísticos de distribución, además de un incremento de la conectividad y la accesibilidad de los territorios.

En este punto, nos parece oportuno decir que con la consideración del ferrocarril como factor estratégico para el desarrollo sostenible del territorio, en referencia al título de la tesis, queremos indicar precisamente las cualidades de este modo de transporte, señaladas en los párrafos anteriores de este punto. Para ello, consideramos en primer lugar, que un factor es una concausa, que junto con otros elementos, acciones o medidas, de los agentes sociales y políticos de un territorio buscan el desarrollo sostenible del territorio y de las empresas implantadas sobre él.

En segundo lugar, también estimamos por sus cualidades que es estratégico, esto es, el ferrocarril es de una importancia decisiva para alcanzar ese objetivo, uno de los pilares básicos. En esta línea se señala en el Libro Blanco que “El transporte ferroviario es el sector estratégico (en el sentido propio de la palabra) que condiciona, en particular, el éxito del reequilibrio en el transporte de mercancías.” (2001, p. 16).

Por estas razones, en nuestra opinión, es muy necesario conocer con mayor profundidad el sistema de transporte de mercancías por ferrocarril, la red establecida en nuestro territorio, cómo se usa y la capacidad de mejorar las infraestructuras y el servicio del sistema. Es necesario no olvidar, como ya hemos dicho en el apartado anterior, que el sistema de transporte es un factor diferenciador, una ventaja competitiva, con respecto a otros sistemas territoriales y las empresas implantadas sobre él. Pero también remarcamos que una ventaja competitiva sólida ha de ser duradera y viable.

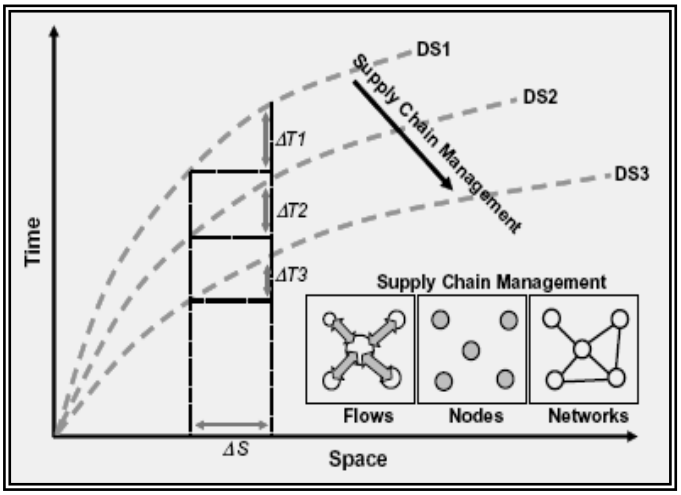
Figura 4-10. Relaciones y conexiones entre los sistemas de transporte, logístico y de asentamientos



Elaboración propia

Por ello, en nuestra opinión, es ineludible estudiar y comprender las relaciones espaciales que se establecen dentro del propio sistema de transporte, además de las que se establecen conjuntamente, entre este sistema, el sistema logístico y el de asentamientos, incluyendo la intensificación y optimización de esas relaciones (ver figura 4-10).

Figura 4-11. Dimensiones geográficas de la logística



Fuente: Hesse, M. and Rodrigue, J. P., 2004, fig. 4, p.176.

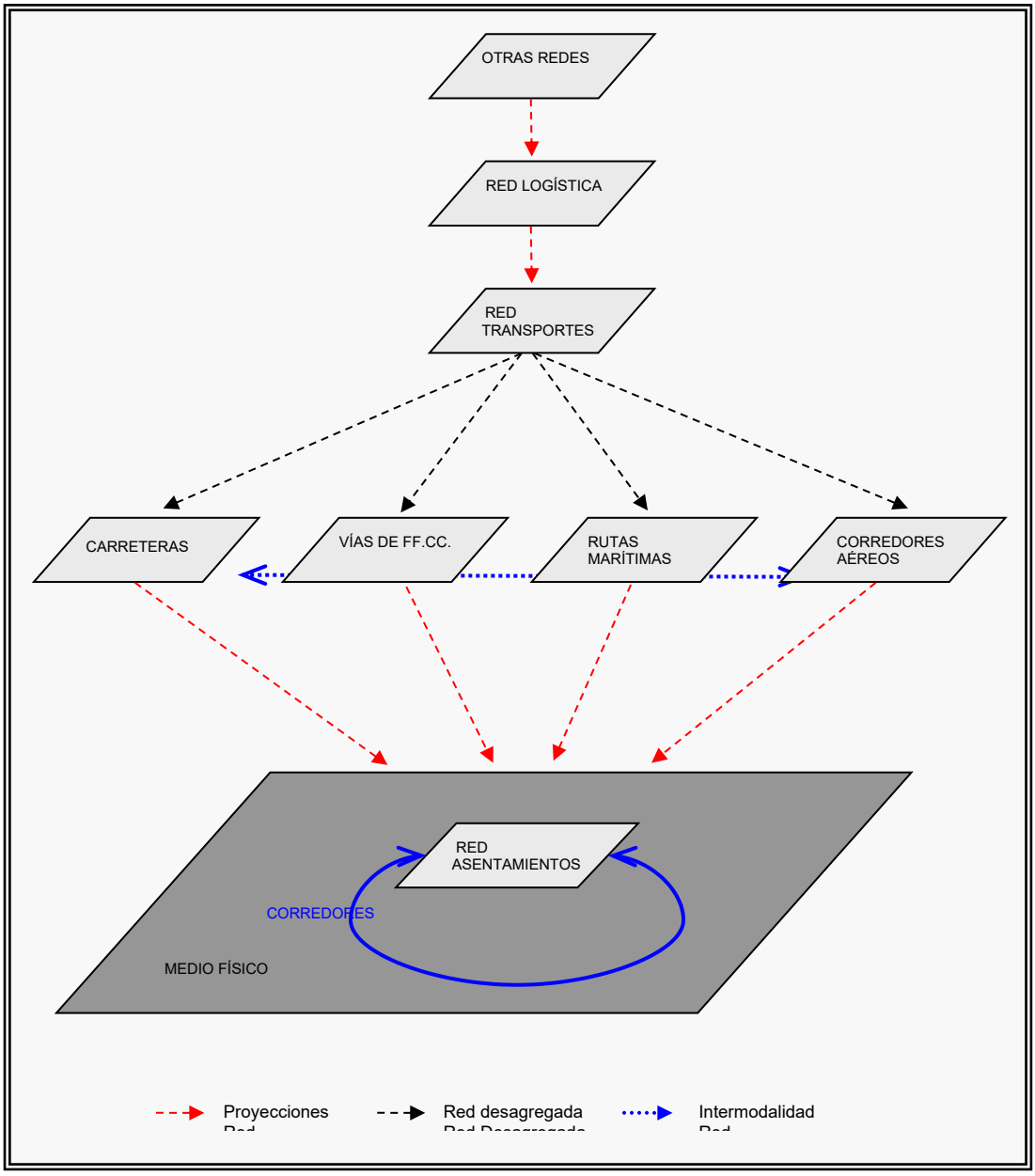
Las relaciones espaciales que se establecen, tienen dimensiones geográficas espaciales y temporales. Las cuales, son expresadas en términos de flujos, nodos y redes (ver figura 4-11).

Nuestra mayor atención recaerá, por lo tanto, sobre los aspectos espaciales de la superred generada, dado que en este trabajo no se considerará la dimensión temporal en el área de estudio, que puede constituir un buen objeto de estudio para futuros trabajos de investigación. Física y funcionalmente, los elementos de los citados sistemas, de transporte y logístico, establecerán las relaciones entre algunos de los subsistemas del sistema territorial que, desde el punto de vista del transporte, se verán en el capítulo siguiente.

La materialización de estos sistemas sobre el sistema espacial territorial, va a configurar un sistema nodal conectado por redes y, de forma más evolucionada, por corredores. Dicho sistema estará compuesto por distintas redes físicas y virtuales, conceptualmente una *superred*, cuyos nodos, elementos del sistema de asentamientos, desarrollarán las funciones específicas de cada una de esas redes, entre otras funciones propias de estos sistemas (ver figura 4-12).

Los nodos principales de esta *superred*, en general serán una superposición de los de las diferentes redes, aunque lo óptimo sería la integración de todas las funciones de esas redes superpuestas en alguno de los nodos principales en un único centro regulador y de control. En cuanto al concepto de *superred* utilizado, diremos que ya se ha constatado, a través de lo ya escrito, la importancia que han tenido y tienen las redes para las sociedades, pero actualmente, su extensión, complejidad y ligazones, han hecho necesario investigar nuevos caminos para su estudio.

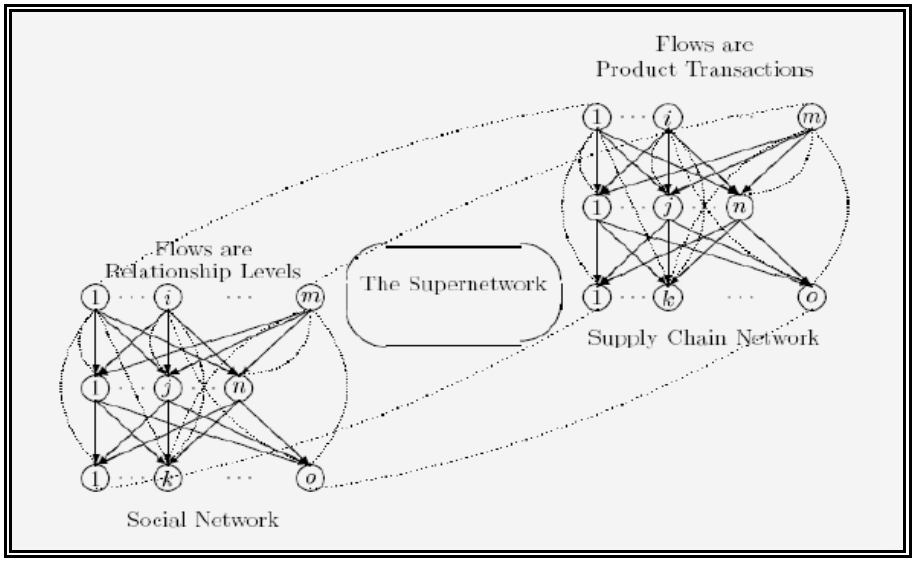
Figura 4-12. Superred formada por los sistemas logístico, de transporte y de asentamientos



Fuente: Elaboración propia

Consideramos que dicho concepto de superred permite comprender con mayor precisión la dimensión del concepto de corredor y los sistemas implicados. La razón la encontramos en que en el desarrollo y funcionamiento de los corredores de transporte son muchos los agentes sociales y políticos los que interaccionan e interactúan.

Figura 4-13. Estructura de la superred multinivel. Cadena de Suministro/Red del Sistema Social



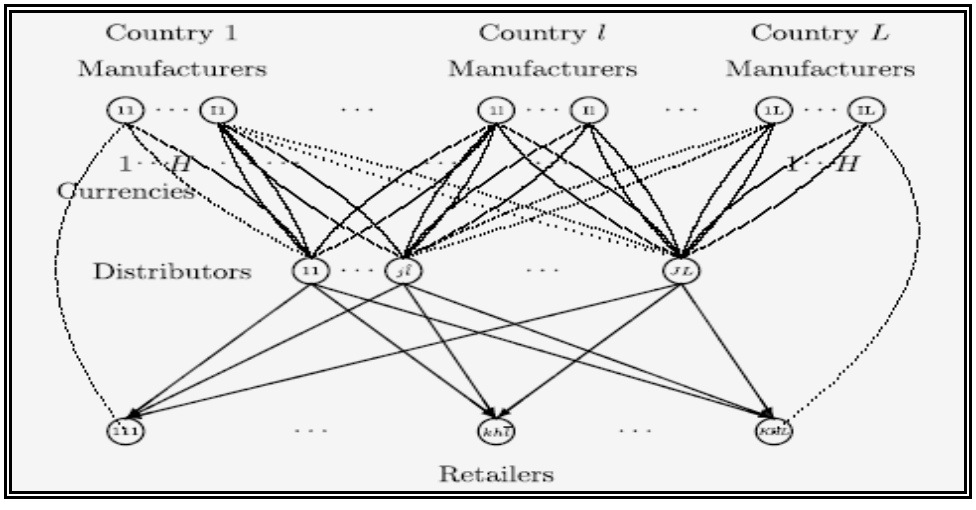
Fuente: Nagurney 2002a, figure 2, p. 8

El concepto de *superred*, por lo tanto, nos va a proveer de herramientas para estudiar las redes interrelacionadas, en primer lugar, conceptualmente con gráficos en perspectiva (ver figura 4-12), con posterioridad, aunque como se ha dicho, no en nuestro caso, se aplicarán fundamentos teóricos en la fase de análisis, como por ejemplo la teoría de sistemas dinámicos.

Asimismo, en este marco de trabajo, mediante el concepto de *superred* se podrán aprehender de una forma unificada las posibles decisiones frente a una variedad de agentes económicos, incluyendo consumidores y productores, así como a distintos intermediarios en el contexto económico actual (ver figura 4-13). Sobre los orígenes de las *superredes* (*supernetworks*), diremos que se pueden encontrar en el estudio de las redes de transporte y de telecomunicaciones, así como de las redes económicas y financieras, también en la biología.

El término *superred*, como indica Nagurney (2006a, p.5), tiene su antecedente en el término *hiperred* (*hypernetwrork*) utilizado por Sheffi y Daganzo en 1978 en sus trabajos sobre la toma de decisiones desde un enfoque de la planificación del transporte. Más tarde en 1985 fue renombrado como *superred* por Sheffi.

Figura 4-14. Estructura de la red de la Cadena de Suministro Global



Fuente: Nagurney, A. and Matsypura, D., 2005, figure 1, p. 588

Por lo que respecta a las redes, sabemos que pueden ser redes físicas, como las de transporte (algunas son virtuales), las logísticas, las de comunicaciones o las redes de energía, pero también pueden ser abstractas como las redes económicas, las financieras, las ambientales, las sociales y las redes de conocimiento e innovación.

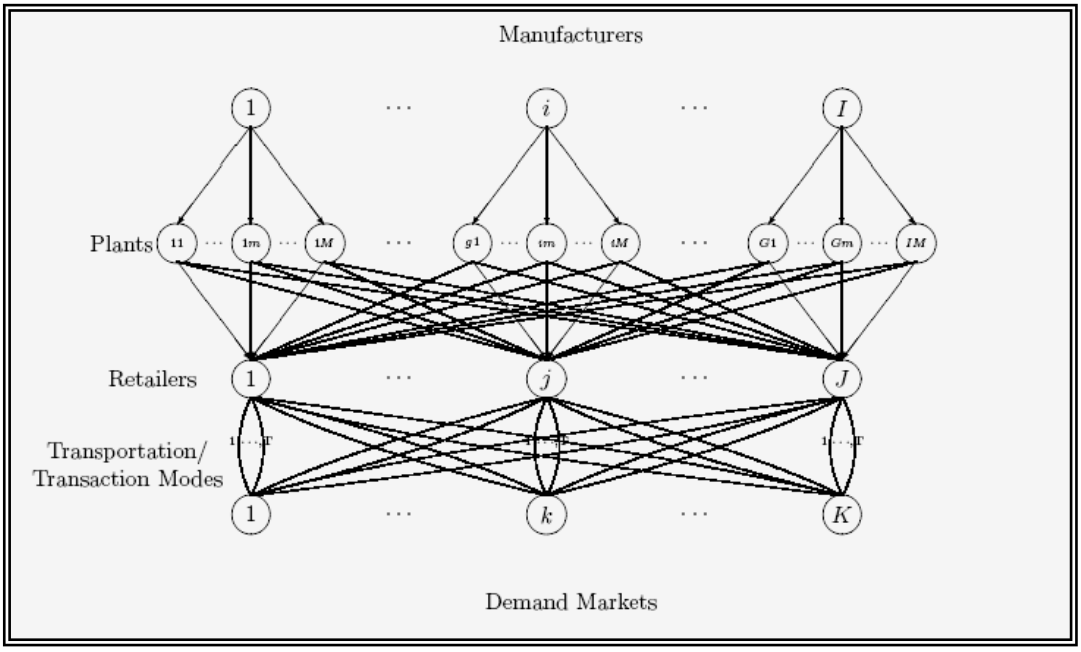
Las características de las actuales redes son, según Nagurney (2006a, p.8), su gran escala y la complejidad de la topología de la red, la congestión, el comportamiento de los usuarios de la red y las interacciones entre las propias redes tales como en el transporte y las redes de telecomunicaciones.

Es por ello que el problema en el estudio de las redes de hoy surge en la actualidad por las innumerables relaciones existentes entre las distintas redes, por ejemplo, cómo evolucionan los precios y los flujos de dos, tres o más redes que están conectadas. Además, las subredes que forman las *superredes* son las redes originales, por lo tanto, también incluirán las características de las mismas. Al integrar sistemas unimodales de redes existentes, nos proporcionan una estructura más allá de la de las redes clasicas, que nos permitirá su estudio de forma conjunta o de manera global con el resto de subredes. Podría ser el caso, por ejemplo, de las redes intermodales.

Por lo tanto, una *superred* podrá estar compuesta por redes como la de transporte, las de telecomunicaciones, las redes financieras y las logísticas, entre otras. También podrá tener una estructura en capas, como las Cadenas de Suministro en el comercio electrónico, las redes de intermediación financiera o las transacciones electrónicas. Además podrá tener varios niveles como en las interacciones de las distintas redes, incluidas las redes logísticas, las financieras, las sociales y de las de información como en el caso de la dinámica de las cadenas de suministro (Nagurney, 2006a, p. 3).

Con esta estructura que tienen las *superredes* se pueden considerar, como afirman Nagurney y Walkobinger (2002a, p. 5), "redes de redes" que están "por encima y más allá " las redes existentes, y que consisten en nodos, enlaces y flujos, con nodos que corresponden a los lugares en el espacio, los enlaces a las conexiones en forma de carreteras, cables, etc, y los flujos a los vehículos, datos, etc. (ver figura 4-14 y 4-15).

Figura 4-15. La Red de la Cadena de Suministro con plantas de fabricación



Fuente: Nagurney, A. et al., 2006b, figure 1, p. 4

Así, como se puede apreciar de lo dicho hasta ahora en este punto y en las figuras que se incorporan a modo de ejemplos, las relaciones actuales entre los sistemas de

transporte, logístico, de producción y de asentamientos nos parecen manifiestas, con respecto al transporte de mercancías.

En cualquier caso, no iremos más allá, ya que el análisis de las *superredes* entra plenamente en el dominio de la economía, al analizar cuestiones sobre el equilibrio entre oferta y demanda en las redes, así como, otras relacionadas con las distintas decisiones de los diferentes agentes implicados en las mismas. Tampoco es el objetivo de la tesis estudiar las relaciones entre los sistemas involucrados en las mismas.

No obstante, conceptualmente el planteamiento nos parece muy interesante como punto de partida para futuras investigaciones sobre el sistema logístico y el de transporte, así como, la relación entre los dos sistemas con el de asentamientos, buscando más la dimensión espacial que la económica.

4.3.1. Transporte y logística

Sin embargo, si que haremos una breve referencia a los beneficios de una logística verde inteligente, a los de la intermodalidad y a los de los corredores que relacionarían el sistema de asentamientos con su optimización y aplicación.

En cuanto a la logística, señalaremos que cubre la planificación, la organización, la gestión, la supervisión y la realización de las actividades de transporte de mercancías (distribución física) en la cadena de suministro. Es un sector de actividad muy importante porque se calcula, como señala la Comisión de las Comunidades Europeas (2006b, p.3)[82], según datos de 2005, que a nivel mundial el valor del sector logístico supone un 13,8% del Producto Interior Bruto mundial, y asciende a 5,4 billones de euros, correspondiendo a Europa y Norteamérica un gasto anual en logística de aproximadamente un billón de euros.

Además, como promedio, la logística supone entre el 10% y el 15%, del coste final de un producto terminado, incluidos costes tales como el transporte y el almacenamiento. En los citados territorios, el desarrollo económico es mayor y también el auge de la logística. Como señala Reigada (2004, p. 1.458), en muchos casos este desarrollo de la logística viene dado por el hecho "…de una evolución natural de las grandes empresas en las que, bien a través de un crecimiento controlado o bien a través de un proceso de externalización de servicios, han ido dando lugar a un entramado de empresas logísticas que son necesarias para el funcionamiento normal de sus economías."

Así, la revolución logística, que comenzó a mediados de los años 80 del pasado siglo y que continúa, ha supuesto un punto de inflexión en la evolución de este sector (ver figura 4-16).

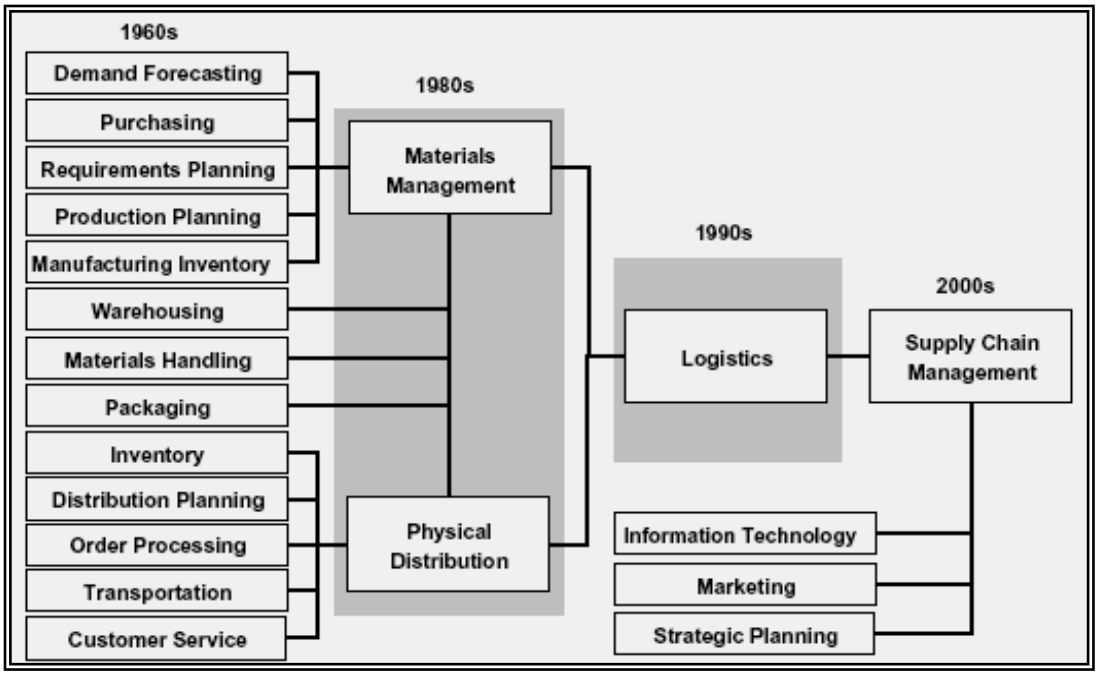
---

[82] Cáculo efectuado por Global and Nacional Logistics Expenditures: Actualización de datos de 2002 efectuada por A. Rodrigues, D. Bowersox y R. Calantone (Journal of Businnes Logistics, Vol. 26, nº 2, 2005).

Los resultados se basan en un modelo econométrico que tiene en cuenta 29 variables según la región geográfica, el nivel de renta, el tamaño de los países, el nivel económico y el tipo de transporte (mercancías por carretera, ferrocarril o aire, tráfico portuario de contenedores) (Comisión de las Comunidades Europeas, 2006b, p.8).

Otro método muy interesante, desde el punto de vista geográfico, utiliza la redes neuronales artificiales para estimar lo que denominan A. M. Rodrigues, D. J. Bowersox y R. J. Calantone "variable de salida" que es el índice obtenido como resultado de dividir el coste logístico nacional de un país y el Producto Interior Bruto del mismo (GDP). Para ello, utiliza no sólo parámetros relacionados con el tamaño del país, sino también con la región geográfica y el nivel de renta. También incluye otros parámetros sobre la actividad economica y la actividad de transporte de merecancías. Las variables han sido seleccionadas de trabajos anteriores de estos mismos autores. (Rodrigues, A.M., Bowersox, D. J. y Calantone, R. J., 2005)

Figura 4-16. Evolución de la integración logística



Fuente: Hess, M. and Rodrigue, J. P., 2004, fig. 5, p. 175.

La logística contemporánea fue originalmente dedicada a la automatización de los procesos de producción, con el fin de organizar de manera más eficiente la producción industrial, la posterior modernización de la logística se ha caracterizado por un creciente grado de integración.

Con la implantación de las nuevas técnicas de gestión, se produce la paulatina eliminación de los inventarios y la organización de la oferta de materiales estrictamente sobre demanda, que sustituye al antiguo almacén y al mantenimiento de existencias. Durante la década de 1980, la aplicación de este "…principio de flujo…" (Hess y Rodrigue, 2004, p. 176), permite una reducción importante de los inventarios y una significativa reducción de los tiempos de fabricación.

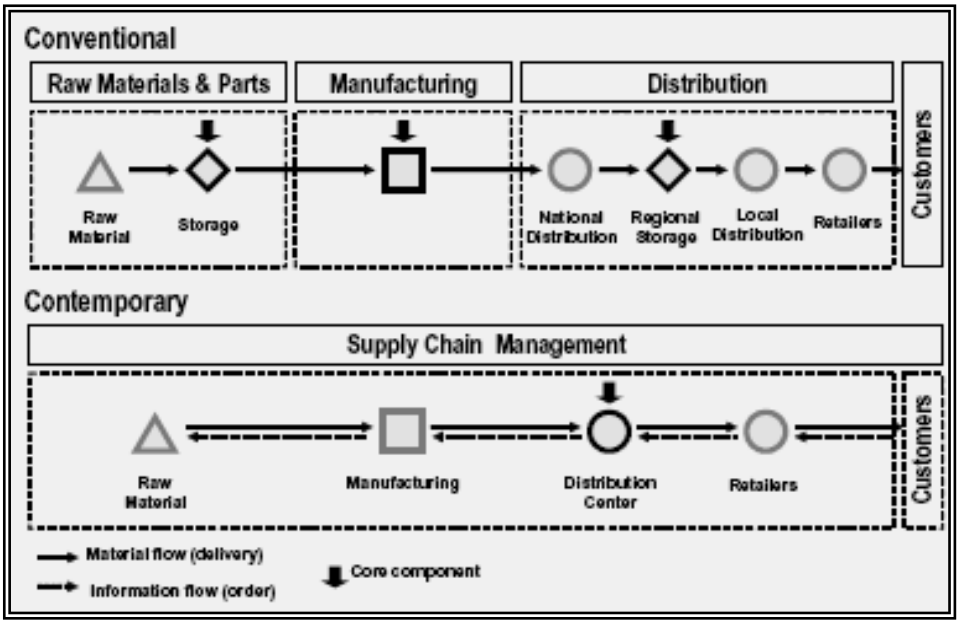
En la década de 1990, con la convergencia de la logística y las nuevas tecnologías de la información, este principio era cada vez más aplicado a la cadena de suministro, en particular a la función de distribución. Paso a paso y de acuerdo a mejoras en la información y las tecnologías de la comunicación los dos extremos de la cadena de producción se integraron en la logística de la cadena de suministro, mediante el suministro oportuno de materias primas y componentes del exterior, y la organización eficaz del marketing y la distribución.

En la actualidad, la gestión y el modo de organización orientada hacia los flujos, afecta a casi todas las actividades dentro del proceso de creación de valor. El componente básico de la gestión de materiales es el suministro de la cadena, el tiempo y el espacio, relacionado con la gestión de todo el flujo de mercancías que circula entre el suministro, la fabricación, la distribución y el consumo.

Por otra parte, en la concepción logística convencional, las funciones de cada actividad logística, eran desarrolladas por actores especializados en sus operaciones y de forma poco coordinada con los otros actores (ver figura 4-17).

Actualmente, para atender las necesidades de la demanda en mercados muy competitivos y globalizados, las empresas han incorporado los crecientes avances tecnológicos y de organización empresarial para lograr mantener el liderazgo en sus respectivos sectores productivos.

Figura 4-17. Estructura convencional y contemporánea de los flujos de mercancías



Fuente: Hess, M. and Rodrigue, J. P., 2004, fig. 5, p. 176.

Como consecuencia de estas necesidades, la tendencia es, cada vez más, a la integración de todas las funciones logísticas en la denominada Cadena de Suministro (*Supply Chain*)[83]. En esta nueva concepción de la logística, todos los actores que intervienen, trabajan de forma coordinada para conseguir un objetivo común, que es hacer llegar al consumidor final, los productos y bienes producidos, logrando la máxima calidad para satisfacer todos los requerimientos de los clientes.Por ello, la estrategia en la gestión de todas las actividades y empresas que componen la Cadena de Suministro de las empresas, la Gestión de la Cadena de Suministro (SCM, *Supply Chain Management*), se ha convertido en un elemento fundamental para la supervivencia de las empresas.

La Cadena de Suministro integra el aprovisionamiento de materias primas y otros bienes semifacturados necesarios para la producción, que provienen de otras empresas, en la cadena de producción de las distintas empresas, así como, el almacenaje, las ventas, los operadores de transporte, las redes de distribución, los servicios potsventa y las devoluciones. Puntualizaremos que, si bien los términos logística y Cadena de Suministro de utilizan indistintamente, al igual que el de Distribución Física[84], la logística queda comprendida dentro de la Cadena de

[83] Jiménez Sánchez y Hernández García (2002, p. 71-72), presentan siete definiciones de la cadena de suministro.

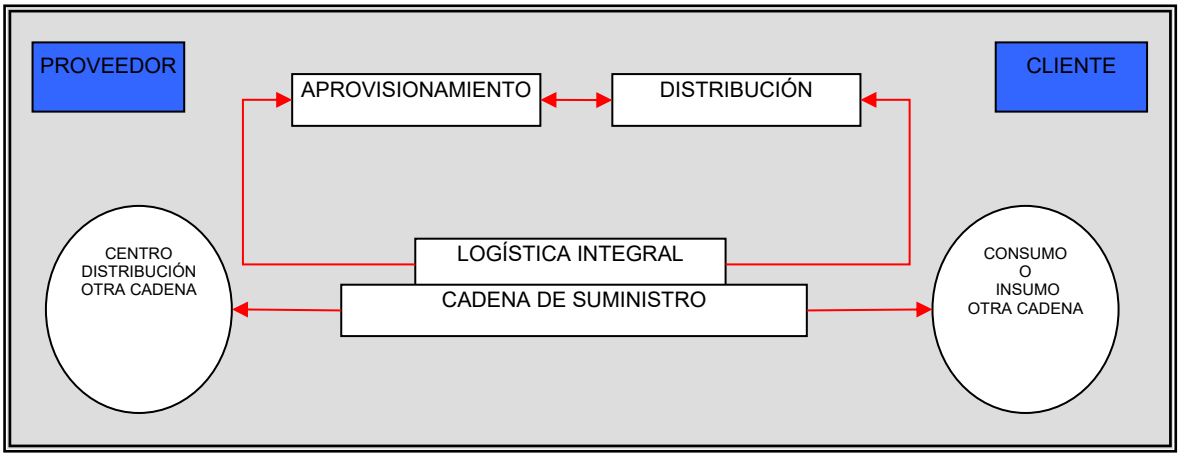
[84] Indicaremos que se prestará más atención, como ya se ha señalado, a los aspectos espaciales del transporte y, por ello, estaremos más próximos a lo que sería la distribución física que al conjunto del sistema logístico. Por esta razón, también nos parece útil la aclaración sobre la diferencia entre ambos conceptos.

Como señala en su artículo *El futuro de la logística en Japón* (2004), Motoki Inatsuka, Senior Executive Vice President del Instituto Japonés de Sistemas Logísticos, los términos "distribución física" y "logística" con frecuencia son confundidos entre sí. Distribución física es un concepto originado en el marketing, hace referencia a un sistema total para controlar el flujo físico de un producto o mercancía, articulando producción y consumo. Se trata de una unificación de cinco subsistemas (transporte, almacenaje, embalaje, carga / descarga y distribución) y un sistema de apoyo e información. La distribución física se propone proveer, de manera más eficiente un producto al mercado. Es allí donde hay un acercamiento desde el sector de la producción basado en el concepto de *product out*.

Suministro formando parte de la misma. Así, "…en 1998 el *Council of Logistics Management* (CLM) modificó la definición de logística estableciendo que "...es la parte del proceso de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el eficiente y eficaz flujo y almacenaje de bienes, servicios e información relacionada, desde el origen hasta el consumidor para poder cumplir con los requerimientos de los clientes", Jiménez Sánchez y Hernández García (2002, p. 73). (Ver figura 4-18).

De lo dicho en los párrafos anteriores, apreciamos que se trata de una cuestión muy compleja, conceptos como, logística interna, logística externa o logística inversa, se incluyen en el concepto más holístico de logística integral, que hace referencia a la coordinación y control de todas las actividades y procedimientos que constituyen la Cadena de Suministro, esto es, a las relaciones que se establecen entre todos los subsistemas que integran el sistema logístico. Con respecto a la coordinación y el control de todas las actividades y procedimientos de la Cadena de Suministro, es decir, las relaciones que se establecen dentro de los sistemas del sistema logístico, y de este con otros sistemas como el sistema de transporte, es interesante el concepto de *fricción logística* que citan Hesse y Rodrigue (2004, p. 179)[85]. (Ver figura 4-19).

Figura 4-18. Configuración de la Cadena de Suministro



Fuente: Jiménez Sánchez, J. E. y Hernández García, S., 2002, figura 2.1., p. 73.
Elaboración propia

Por otro lado, la logística es esencialmente una ciencia militar, no una herramienta económica. Con un alto grado de efectividad reconocida, esta técnica comenzó a ser llamada logística de negocios en actividades económicas, en la perspectiva de consumo o magnitud de la demanda, basada en el concepto de *market in*. Aquí podemos ver una gran diferencia entre la distribución física y la logística.

Para elaborar aún más el concepto, la logística es la estrategia y la distribución física es la táctica. La logística está ligada al área de obtención, producción y ventas, mientras que la distribución física sólo trata con los puntos en común entre producción y consumo. De esta forma, la logística no tiene límites y debe ser manejada desde el punto de vista de un Gerente de Negocios. Por otro lado, la distribución física asume un punto de vista de gerencia parcial, como producción o ventas. Así, mientras estos dos conceptos tienen como objetivo común proveer mercancías al menor costo, utilizan propuestas completamente diferentes. La logística se sobrepone con la cadena de abastecimiento, pero la distribución física no. En el momento de organizar el sector en una empresa no tiene sentido llamar al área de distribución física el sector de logística.

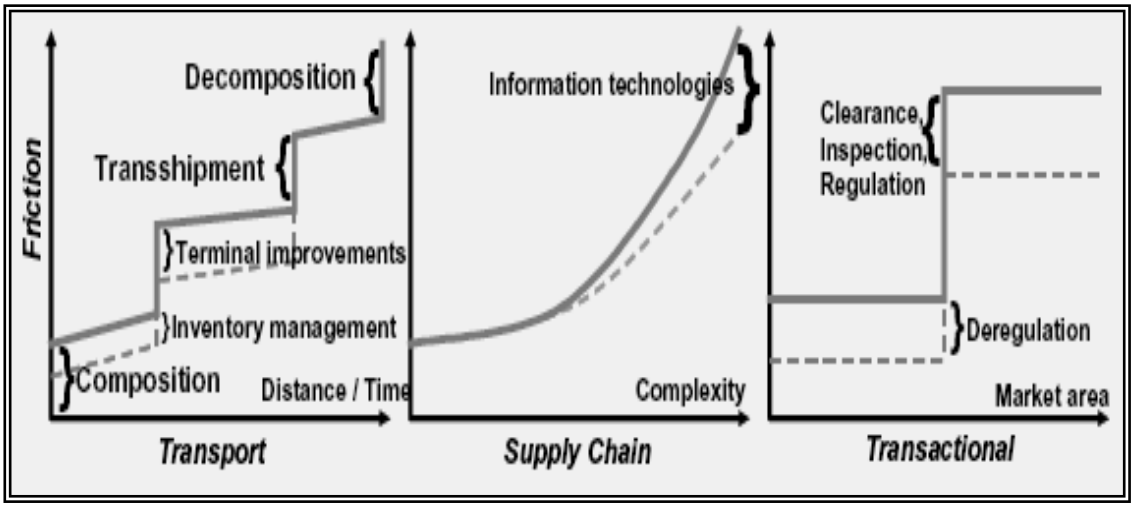
Los términos *product out y market in*, son dos formas distintas que tienen las empresas de entender los negocios y organizar la estructura de las mismas. 1) *product out, "*lanzar productos", centrándose en las operaciones y artículos propios. 2) *market in*, "orientada al mercado", enfoque más reciente que busca las oportunidades que ofrece el mercado y las traduce en artículos que puede fabricar, considerando sus procesos y habilidades. (McHugh, P., 1998, p. 100).

[85] Para ampliar el concepto ver Hesse y Rodrigue, 2004, p. 179-182.

El interés radica, desde nuestro punto de vista, en que intenta relacionar los subsistemas de producción, circulación, distribución y consumo del sistema económico. También en su vinculación con el concepto de fricción de la distancia (del espacio) o impedancia, presente en muchas consideraciones y estudios geográficos, entre ellos el del sistema de transporte.

Sobre la fricción logística, los citados autores señalan, que la logística y la distribución de mercancías, como paradigma de transporte, requiere una revisión de este multidimensional concepto para incluir cuatro elementos centrales, es decir, los tradicionales costes de transporte, pero también la organización de la Cadena de Suministro y los ámbitos transaccionales y físicos (Ibidem).

Figura 4-19. Fricción Logística



Fuente: Hesse, M. and Rodrigue, J. P., 2004, fig. 9, p. 180.

Para evaluar la fricción logística, por lo tanto, consideraremos cuatro factores de impedancia, como señalan estos autores (Ibidem, p. 172):

- El primero, los costes de transporte y/o logístico, cuya medida de evaluación se realizará mediante la distancia, el tiempo, la composición, el transbordo y la descomposición del cargamento.
- El segundo, tomará en consideración la complejidad de la Cadena de Suministro, considerando el número de proveedores, el número de centros de distribución y el número de partes y/o la variedad de componentes.
- El tercero, el entrorno transaccional, que hace referencia a las complejas relaciones entre actores que realizan las empresas y que pueden ser por contrato, vertical u horizontalmente, por competición horizontalmente o en raros casos por cooperación. Así, habrá que considerar, el tipo e intensidad de la competición, la contratación y subcontratación las relaciones interempresariales, relaciones de poder y políticas de regulación y/o desregulación.
- Por último, el entorno físico, que comprende el espacio y que incluye cualquier actividad económica y social. Se tendrá en cuenta la oferta de infraestructuras, los cuellos de botella y la congestión, la densidad urbana y los ajustes urbanos.

Por otra parte, como ya se ha dicho, el objetivo de la Cadena de Suministro es la creación de valor[86] para los clientes de los servicios logísticos. Este proceso, según señala Nágel (2008, p. 22), puede ser mejorado por cinco factores básicos.

El primer factor, por el diseño de la red, mediante la extensión de la red ofrecida o alianzas de red accesibles para el cliente. El segundo, por el diseño de los servicios, trazabilidad (seguimiento y localización), flexibilidad, frecuencia, etc. El tercero, por la capacidad de utilización (economías de densidad). El cuarto, por el tamaño y composición del cargamento (economías de tamaño). El último factor, por la compatibilidad o estandarización.

Una herramienta, en nuestra opinión, muy interesante en la gestión logística que entronca con el concepto de *supered*, visto anteriormente, es la logística multicriterio; va más allá de la Gestión de la Cadena de Suministro. Se trata de una herramienta de planificación estratégica con la que coincidimos en los objetivos, ya que busca mejorar la efectividad del sistema logístico, incrementando el valor del mismo a través de la modelización sistémica de las redes del sistema.

Con la modelización, para Moreno Jiménez (2002, p. 1), se reflejarán las dependencias e interrelaciones asociadas a la parte más general y menos estructurada del problema -el contexto- y la incorporación a los procesos de decisión, mediante técnicas de decisión multicriterio de los aspectos intangibles asociados a los actores. Por ello, como señala Moreno Jiménez (Ibidem, p.2), "…la logística multicriterio permite una resolución de los problemas relativos a la Cadena de Suministro más efectiva que la clásica filosofía optimizadora dirigida hacia la eficiencia y la eficacia", para el autor, es preferible dedicar el esfuerzo hacia la búsqueda de un mejor conocimiento del sistema que a la búsqueda de una solución óptima altamente dependiente del entorno del sistema.

Su aplicación permitirá, entre otras cosas, la detección de los puntos críticos del sistema y la extracción y difusión del conocimiento, esto va a conferir "…una ventaja competitiva a las empresas que pretenden dotar de valor a su organización (valor añadido al conocimiento)." (Ibidem). Para el caso que nos ocupa, el sistema de transporte de mercancías por ferrocarril, también nos parece muy adecuado mejorar el conocimiento del sistema. Dicho conocimiento nos permitirá asimismo entender con mayor profundidad su funcionamiento y las relaciones que el sistema establece con su entorno.

Por otra parte, con las acciones propuestas por la Comisión Europea y el Ministerio de Fomento de España, vistas en el punto anterior, se persigue modificar las presiones convergentes sobre los costes de transporte de los servicios logísticos en Europa que amenazan la sostenibilidad de ambos sistemas.

Como se señala en la Comunicación de la Comisión sobre un plan de acción para la logística del transporte de mercancía[87], la tendencia al incremento en la presión sobre los costes logísticos y los impactos de la evolución del sistema logístico sobre el medio ambiente "…exigen la movilización de las eficiencias no explotadas de la logística, con el fin de organizar de manera más juiciosa y eficaz las operaciones de transporte de mercancías." (Comisión de las Comunidades Europeas, 2007, p.2).

---

[86] Porter, descompuso cada función en las actividades individuales que las constituían, como paso clave para distinguir entre los diferentes tipos de actividades y sus relaciones de valor entre si. De esta forma, este autor define el valor como "…la suma de los beneficios percibidos que el cliente recibe menos los costos percibidos por él, al adquirir y usar un producto o servicio…" (Jiménez Sánchez y Hernández García, 2002, p. 74).

[87] SEC(2007)1321 final, de 18 de octubre de 2007.

A través de las acciones propuestas ya citadas y como se señala en el mencionado documento, "…el plan de acción para la logística persigue el objetivo de la comodalidad, es decir, mejorar la eficiencia de cada modo de transporte y superar los obstáculos para la interoperabilidad intermodal, con el fin de contribuir a movilizar las reservas de capacidad en los sistemas de transporte europeos y orientarlos hacia un crecimiento sostenible." (Ibidem, p.3).

El plan de acción va a contribuir, según continúa el documento citado, a optimizar la utilización de las infraestructuras de transporte, mediante los factores de carga, la gestión de vehículos y la identificación de las inversiones en infraestructuras que las beneficiarían.

También, a mejorar la gestión transfronteriza de los flujos de mercancías, la integración de los modos de transporte y la reducción de los costes de fricción que afectan al transporte intermodal. Además, podrá favorecer el enfatizar en los criterios de calidad en la elección del modo de transporte y el incremento de los niveles de competencia, de la movilidad y el atractivo hacia las profesiones logísticas (Ibidem).

Los beneficios, tanto macroeconómicos como microeconómicos, se generarán por la aplicación de unos itinerarios más eficientes y la mejora en la trazabilidad de las mercancías con la utilización generalizada de las tecnologías de la información y la comunicación (Ibidem, p.7). Asimismo, por la mejora de la interoperabilidad entre los diferentes modos de transporte con la utilización de unidades de carga intermodales y el abaratamiento de los costes de transporte mediante la simplificación administrativa y jurídica (Ibidem).

Además, nos parece necesario hacer referencia a otra cuestión importante sobre la logística. Es su función vertebradora de la economía de un país y su ayuda a la proyección hacia el exterior, una función compartida junto con el sistema de transporte, que favorecen la creación de corredores intermodales europeos y paneuropeos de transporte de mercancías.

En el cuadro siguiente (ver cuadro 4-3), se muestra al análisis DAFO del sector logístico en España en el año 2007. Se han tenido en cuenta los distintos ámbitos de influencia que afectan a la gestión de la actividad logística. Analiza tanto los procesos internos de las empresas como los externos entre los distintos agentes de la cadena de suministrocomo son, proveedores y clientes, la disponibilidad y explotación de infraestructuras y la gestión de las mercancías y la información.

La función logística está experimentando una fuerte expansión en los últimos tiempos y se basa en el proceso de globalización económica que está generando un intenso desarrollo del tráfico de contenedores y el incremento del tráfico intermodal.

Sin embargo, el crecimiento de los tráficos no sería posible si no fuese acompañado de otros factores espaciales como el incremento de la extensión de la red de carreteras de alta capacidad y el importante impulso que se está dando a la creación de una red de ferrocarril dedicada a las mercancías.

Cuadro 4-3. DAFO del sector logístico en España

Fuente: Centro Nacional de Competencia en Logística Integral, 2007, figura 4, p. 43

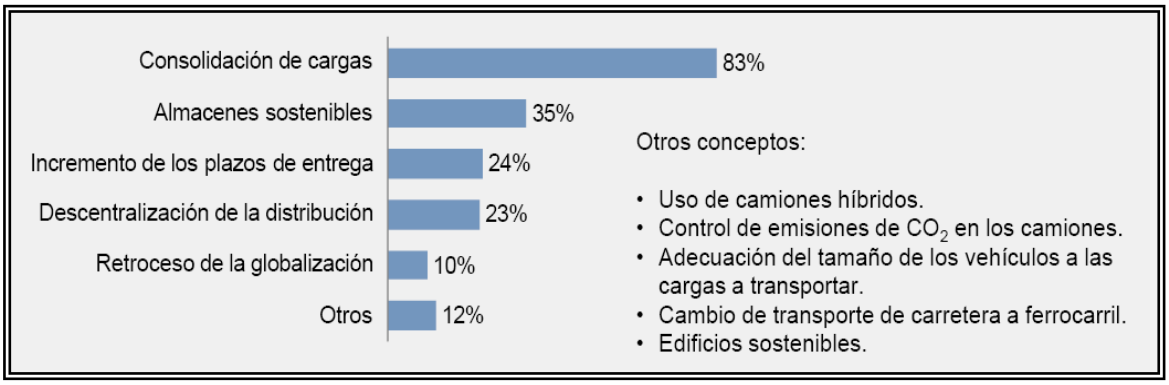
Además, estos factores se complementan con la creación de una red europea de plataformas logísticas intermodales de última generación, la modernización tecnológica de la interfaz tierra-mar de los puertos y tierra-aire de las plataformas de carga aérea, y en mejoras de las relaciones de todas estas infraestructuras puntuales con sus *hinterlands* o áreas de influencia.

No obstante, tampoco se explicaría dicho crecimiento en su totalidad si no se agregasen otros factores no espaciales que mejoran considerablemente los servicios intermodales, como son la búsqueda constante de la excelencia en la gestión, organización y calidad en todos los procesos y servicios, así como, la aplicación a los mismos de los avances tecnológico y de las tecnologías de la información y la comunicación.

Sí indicaremos, que hay una proposición de la Comunidad de las Empresas Ferroviarias y de Infraestructura Europeas sobre la estrategia intermodal de la Comisión Europea, que nos parece de gran importancia reflejar, a causa del impacto que podría tener en los actuales sistemas de producción de las empresas basados en una logística justo a tiempo (*just-in-time*).

Esta asociación propone que se "Investigue la manera de fomentar el recurso a la *gestión de stocks y almacenamiento* en lugar de utilizar sistemáticamente los envíos *just-in-time*, para limitar la distribución de pequeños envíos que consume demasiada energía." (CER, 2007a, p. 9). Deberíamos añadir que, ciertamente, con el incremento de la frecuencia de los envíos y la reducción del tamaño de los lotes se produce un ahorro en costes de almacenaje y de las superficies en los almacenes. Sin embargo, pero se incrementan los costes externos, especialmente los medioambientales y, por lo tanto, hace que este modo de producción sea poco sostenible (ver figura 4-20).

Figura 4-20. Medidas que pueden ayudar a reducir las emisiones de CO2 y el impacto medioambiental



Fuente: MIEBACH CONSULTING, 2009b, p.26

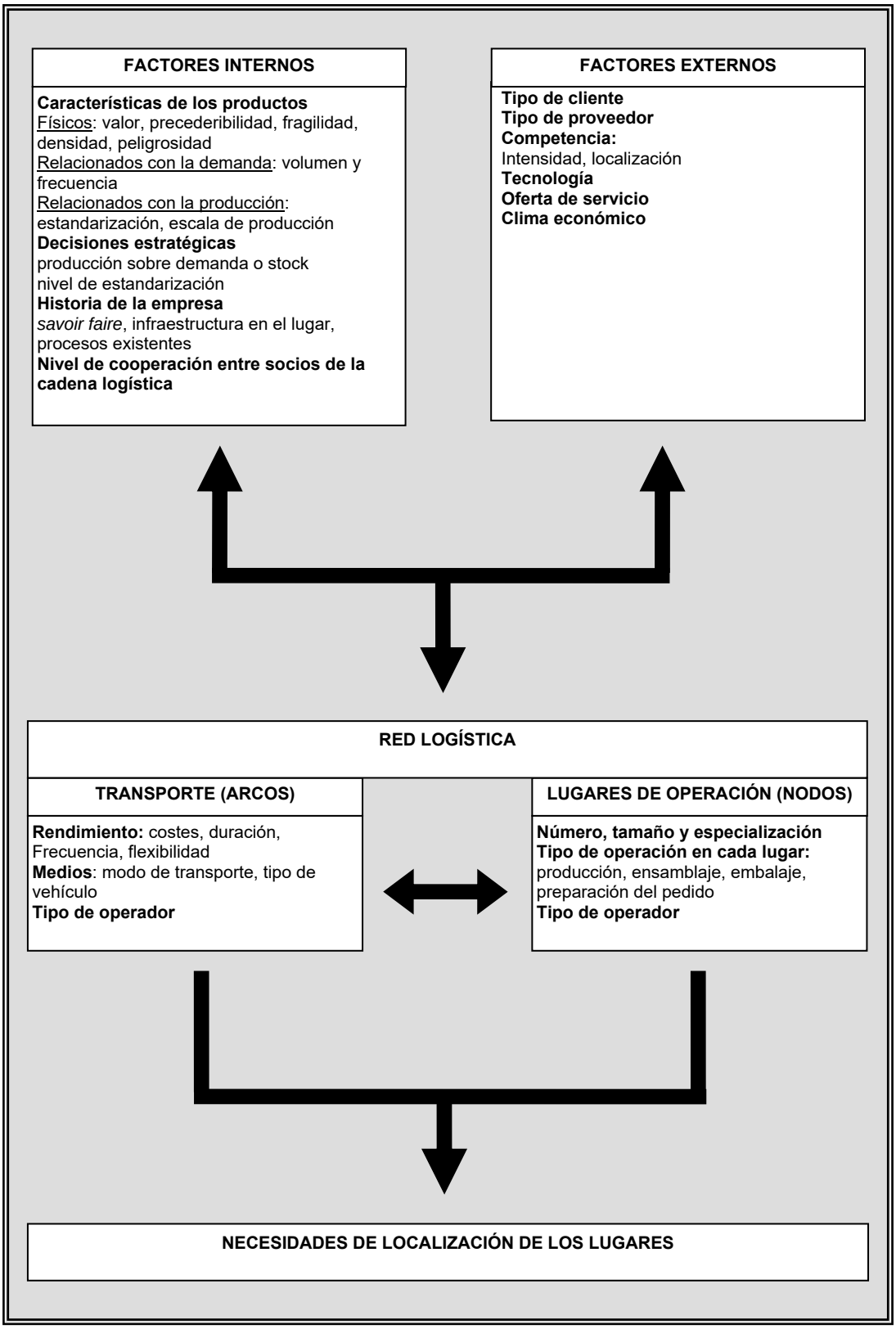
Solo un 10% de los encuestados[88] considera el retroceso de la globalización como una medida para reducir el impacto medioambiental, a pesar de ser uno de los principales causantes del incremento de emisiones. Por otra parte, para poder desarrollar las funciones logísticas es necesario el establecimiento de redes logísticas que sustenten el sistema logístico en el que, a su vez, se apoya el sistema productivo.

Una red logística puede definirse como la infraestructura a través de la cual los flujos físicos de bienes circulan. Como cualquier red, consta de arcos y nodos. Los arcos representan el movimiento de transporte de un sitio a otro. Los nodos son los lugares donde el flujo de mercancías se detiene y donde se realizan las operaciones necesarias para la puesta en el mercado de un producto. Así, en estos nodos, los centros de distribución corresponden a puntos de rupturas de carga en los que los productos son sometidos a diversas operaciones, que pueden ser muchas y variadas, requiriendo, en algunos casos, equipo pesado y muy especializado.

En la figura (ver figura 4-21), se resumen los factores que influyen en la organización espacial de la red logística. Los lugares de operación no tienen las mismas funciones dentro de la variedad de redes logísticas y tampoco tienen las mismas necesidades de ubicación. Su demanda cerca de los mercados, de los modos de transporte, a su sensibilidad al coste del suelo, etc. varían considerablemente. La organización espacial de la red logística mencionada anteriormente, se puede apreciar de una forma más dinámica en el siguiente diagrama (ver figura 4-22).

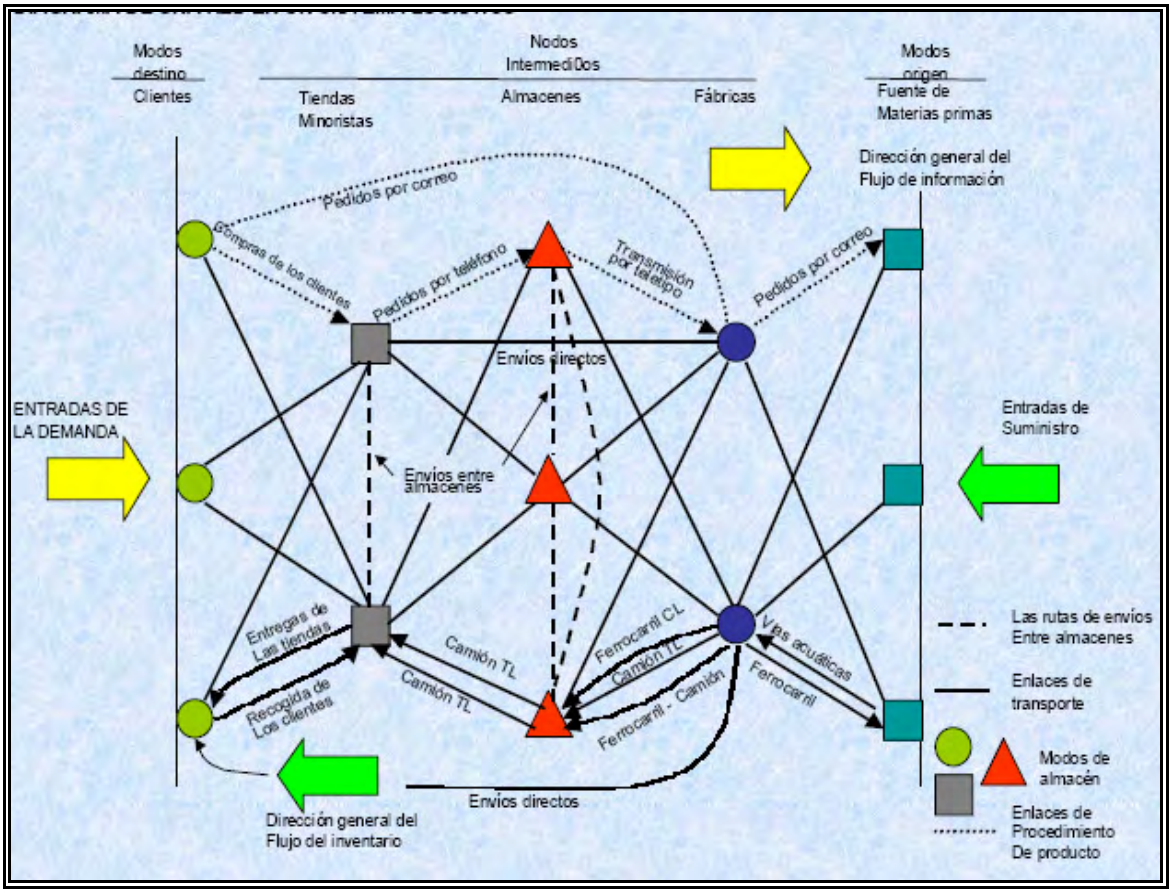
[88] Base del estudio: Cuestionario elaborado por el grupo Miebach y respuestas obtenidas de empresas de diferentes sectores y regiones. 360 respuestas. Periodo Febrero-Marzo del 2009. MIEBACH CONSULTING (2009b, p. 2).

Figura 4-21. Esquema de la organización espacial de una red logística



Fuente: Semestre, A., 2007, figure 10, p. 36. Elaboración propia

Figura 4-22. Diagrama de una red en un sistema logístico



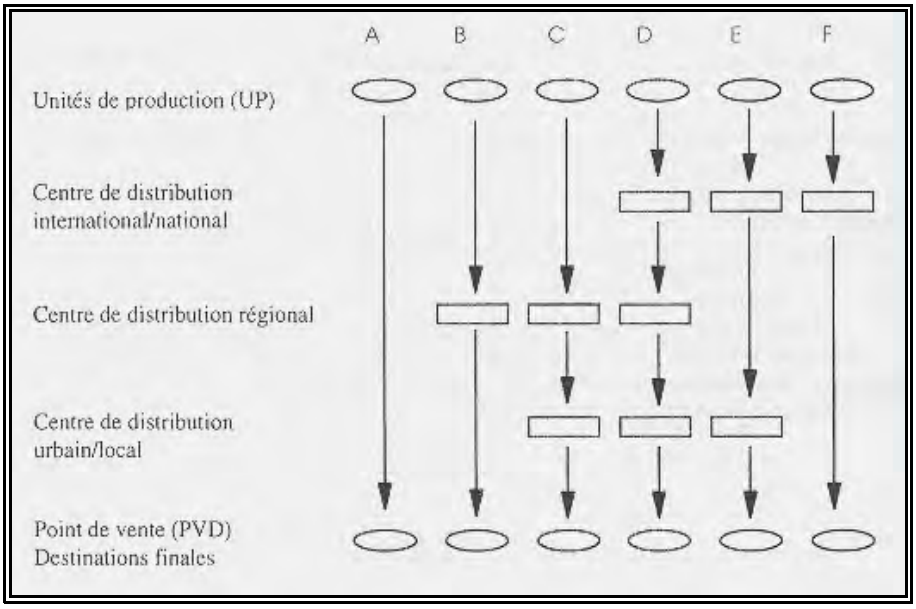
Fuente: ACERCAR, Logística y Globalización , 2004, diapositiva 7
http://www.acercar.org.co/transporte/memorias/docs/05sens_logistica.pdf

Como apreciamos en la figura (ver figura 4-22), los flujos financieros no los señala el autor, pero toda transacción lleva aparejado un flujo económico. No se trata tanto de que el diagrama evidencie por completo el sistema logístico, sino de mostrar las complejas relaciones que se establecen entre los elementos del sistema logístico. Evidentemente, en el espacio las distintas redes logísticas se superponen formando un entramado que configuran las distintas cadenas de suministro, como se ha visto anteriormente, y que en su conjunto forman el sistema logístico.

Por lo tanto, en nuestra opinión, para el estudio de las redes logísticas y de las cadenas de suministro, es aplicable conceptualmente la noción de superred de A. Nagurney, que se ha expuesto en este punto, para apreciar con mayor claridad las relaciones y conexiones entre los numerosos nodos de las redes, que, además, también son de naturaleza distinta.

Asimismo, señalaremos, que totalmente relacionado con la red logística hay que prestar mucha atención al diseño y la estructura de la red de distribución, porque actualmente son cadenas cada vez más largas y complejas, y tienen gran importancia en el ahorro de costes y la competitividad. Físicamente una red de distribución está formada principalmente por almacenes y Centros de Distribución (ver figura 4-23).

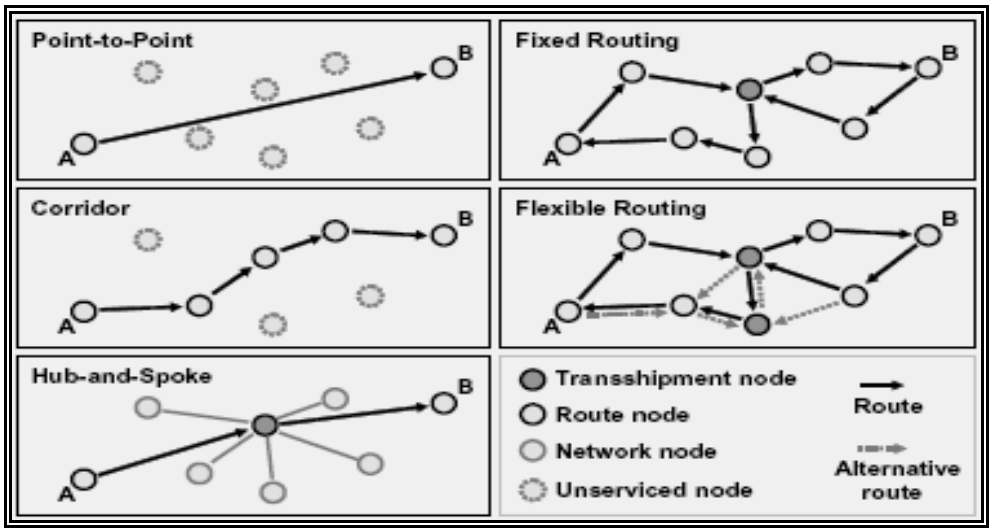
Figura 4-23. Seis tipos de cadenas de distribución [89]



Fuente: D'après Janssen, 1993, en OJALA, L., 1997, figura 5, p. 86.

Con respecto a las redes de distribución, es interesante la afirmación de Hesse y Rodrigue (2004, p. 179), de que la estructura espacial contemporánea de las redes de transporte es la estructura espacial de la distribución. Señalaremos que sobre las localizaciones óptimas de los centros de distribución y almacenes, son sencillos los métodos del baricentro y de la concentración que presenta Mocellin (2006, p. 56-58). Para Hesse y Rodrigue (Ibidem), la estructura de las redes de transporte también se ha adaptado para cumplir los requerimientos de una demanda integrada de transporte de mercancías, la cuál, puede tomar muchas formas y operar en diferentes escalas (ver figura 4-24).

Figura 4-24. Distribución de mercancías y estrategias de red



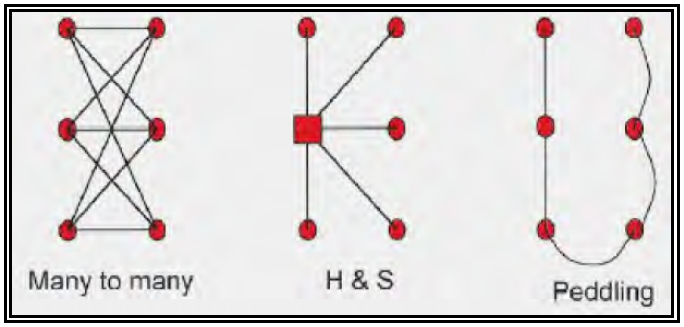
Fuente: adapted fron woxenius (2002), en Hesse, M. and Rodrigue, J., 2004, fig. 7, p.179.

[89] El estudio Delphi de la Universidad de Cranfield muestra que en el sector de las manufacturas en el año 1993/94 predominan las cadenas del tipo B (6,7, escala sobre10), C (6,5) y D (6,2). En la evolución esperada para el año 2001, hay una subida de todos los tipos de cadena, con excepción de las de tipo D, que desciende considerablemente (4,9), predominando las de tipo B (7,2) seguidas de las de tipo C y F (7,0), en OJALA, L (1997, p.80).

La estructura, "…estará en función de la mercancía, el modo de transporte o la disposición de los puntos generadores de demanda." (Estrada, 2007, en Agra, 2008, p. 10). Nos parece apropiado completar los seis tipos de estructura de la figura de Hesse y Rodrigue, ya que la red *Hub and Spoke* puede ser coincidente con los otros dos tipos, *many to many* y *peddling*, (ver figura 4-25) [90], que señala Estrada (Ibidem).

Sobre la estrategia de envío, estos tipos de redes de distribución, como señala Agra (2008, p. 3), admiten fusiones y mezclas de propiedades de tipos de red distintas, como *H&S* permitiendo algún envío directo o *H&S* añadiendo el concepto de encaminamiento (*routing*) característico del *peddling*.

Figura 4-25. Tipología de redes de distribución



Fuente: Estrada, M., 2007, en Agra, D., 2008, figura 1, p. 3.

[90] *Point to point*, este tipo de distribución es común cuando han de ser satisfechos pedidos especializados y específicos, cuyas órdenes han sido solicitadas en el mismo periodo de tiempo. A menudo genera factores de carga bajos en los vehículos y problemas de retorno en vacío. Los requerimientos logísticos de esta estructura son mínimos, pero a expensas de una eficiencia baja.

Corridor structures, a menudo conecta aglomeraciones densas con el litoral con servicios de transporte terrestre, tales como trenes de contenedores. Los tráficos a través del corredor pueden ser cargados o descargados en centros de distribución locales, o regionales. (Fuente: Hesse y Rodrigue 2004, p. 179)

Peddling, se caracteriza por una estructura de pocas rutas, donde el alto número de paradas adquiere mucha importancia. Aplicada bien, es flexible, en el sentido que a una ruta se le pueden asignar paradas cercanas sin un coste excesivo. Es una estrategia indicada para escenarios con un número reducido de vehículos y con un coste asociado a cada parada relativamente bajo. Se suele aplicar esta tipología de redes a servicios de correos y paquetería o a paradas de líneas de autobús urbano.

Many to many, o de envío directo, se considera una estrategia muy "primitiva", en el que todos los puntos de la red están conectados con todos y se sirven entre ellos directamente. Ello comporta un número desorbitado de rutas que solamente tienen origen y destino. Tendría sentido adoptar esta tipología si los costes que se desprenden del vehículo que los sirve son muy bajos o si los puntos generadores de demanda son lo suficientemente potentes como para llenar los vehículos de distribución.

Hub & spoke (*H&S*), es una tipología de red caracterizada por la existencia de centros de consolidación llamados *hubs* donde la carga se manipula, se clasifica y se agrupa para distribuirla en otras rutas de forma que desde el punto de vista global del sistema se reduzcan los costes y se permita la entrega en un tiempo adecuado. Las principales ventajas del sistema son el incremento de la frecuencia de los transportes, el incremento de la ocupación, la reducción del tiempo total del viaje y ser una tecnología de menor coste unitario. Son ejemplos de esta tipología los tráficos aéreos o centros de concentración de mercancías, como lo son los CIMs. (Fuente: Agra, 2008, p. 2-3).

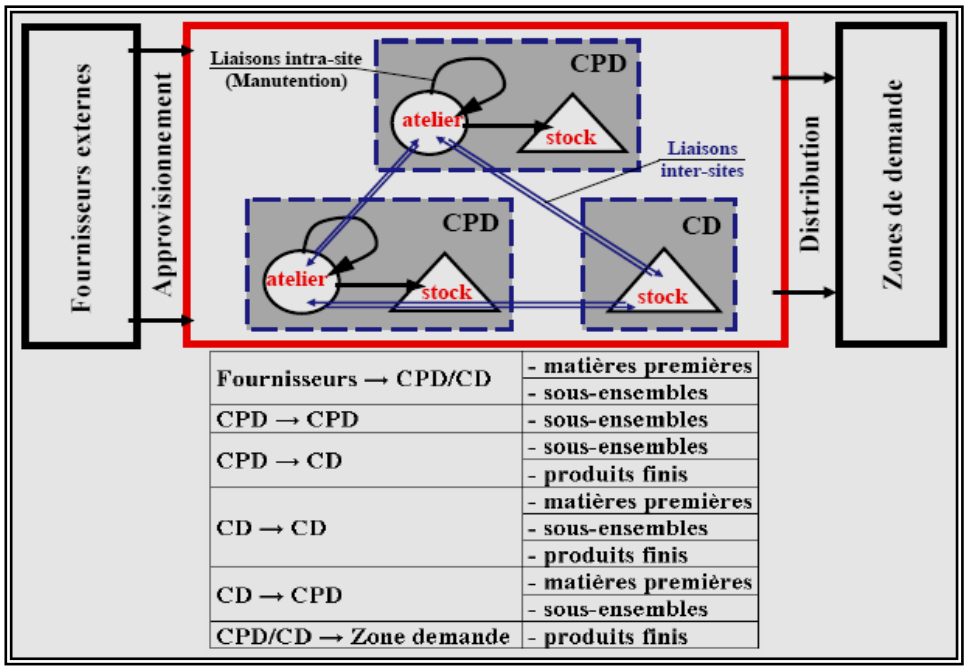
En las redes *Hub & spoke*, el encaminamiento tiende a usar configuraciones circulares (Hesse y Rodrigue, 2004, p. 179).

Para el citado autor, una estrategia del tipo *commodity* (o *multicommodity*)[91] considera solamente los puntos origen y destino de la mercancía, mientras que ignora la ruta escogida.

Por su parte, tratar un problema desde el punto de vista de *routing* provoca que la ruta escogida y sus paradas alcancen una importancia clara frente al origen y destino de la propia ruta (Ibidem, p. 4). El empleo o no de la estrategia, continúa Agra diciendo, depende de la importancia relativa que tenga la mercancía respecto de la propia ruta y del origen y del destino final del trayecto.

En cualquier caso, *a priori*, parece obvio pensar que se aplique un principio de *commodity* para realizar un modelo de encaminamiento de mercancías a Centros Integrados de Mercancías (CIM) debido a que la importancia relativa del origen y del destino de las cargas es mayor que la propia ruta o paradas que realicen los vehículos (Ibidem).

Figura 4-26. Tipos de transporte en la cadena logística



Fournisseurs → CPD/CD	- matières premières
	- sous-ensembles
CPD → CPD	- sous-ensembles
CPD → CD	- sous-ensembles
	- produits finis
CD → CD	- matières premières
	- sous-ensembles
	- produits finis
CD → CPD	- matières premières
	- sous-ensembles
CPD/CD → Zone demande	- produits finis

Fuente: Mahalean, M. (2005), p. 8.

[91] Cuando el sistema de transporte cumple con las características de una red (topología, arcos direccionados, nodos con entradas y salidas, etc.) y además se cuentan con las restricciones aplicadas a ésta red (restricciones de flotilla, capacidad, transbordo, balance de flujo, etc.) el sistema de transporte se puede trabajar como un modelo de red de flujo multiproducto (Multicommodity Network Flow o MCNF), (Nava Fonseca, C.A., 2006, p. 50).

Commodity es un término utilizado en el tráfico internacional, que significa "materia prima", o "al granel", cuyo concepto incluye también productos semielaborados que sirven como base para procesos industriales más complejos. En el mundo de los negocios, un "*commodity*" es un producto indiferenciado (o mercancía en términos abstractos), cuyo valor proviene del derecho de su propietario a venderlo más que de su derecho a usarlo.

En economía el término *commodity* hace referencia a la mercancía, a cualquier producto destinado, generalmente, a uso comercial. Suelen ser productos genéricos, básicos y sin mayor diferenciación entre sus variedades.

En marketing un producto se califica como *commodity* cuando su precio se encuentra fuera del control de la empresa y es la variable determinante para la decisión del consumidor. Son productos muy estandarizados y sujetos a una gran competitividad.

En cuanto al transporte, la función de optimización consistirá en usar el almacén o centro de distribución como un punto donde se logren economías de escala, recibiendo o enviando unidades de mayor capacidad, es decir, utilizando el concepto de *cross docking* y en emplear dicho punto como nodo *hub and spoke* (ver figura 4-26).

También, se orientará a seleccionar el modo de transporte más adecuado y a optimizar su uso, a definir las rutas más adecuadas y programar los viajes, a determinar el tamaño de la flota y el tipo de vehículos a utilizar, a precisar el tamaño de los envíos y las consolidaciones a realizar.

En la definición de redes logísticas deben considerarse características o aspectos relevantes que son importantes para competir en el mercado, tales como las preferencias en los envíos y su orden, la localización cercana al cliente principal, los patrones de demanda regionales y las características específicas del país o región.

Por lo tanto, determinar la capacidad, cantidad, localización y función de los almacenes es de vital importancia; de estos parámetros dependerá su capacidad de atraer y generar tráficos, lo que influirá en los costes y nivel de servicio, además de en otros elementos ya vistos, como la congestión, la contaminación y el uso eficiente de la energía.

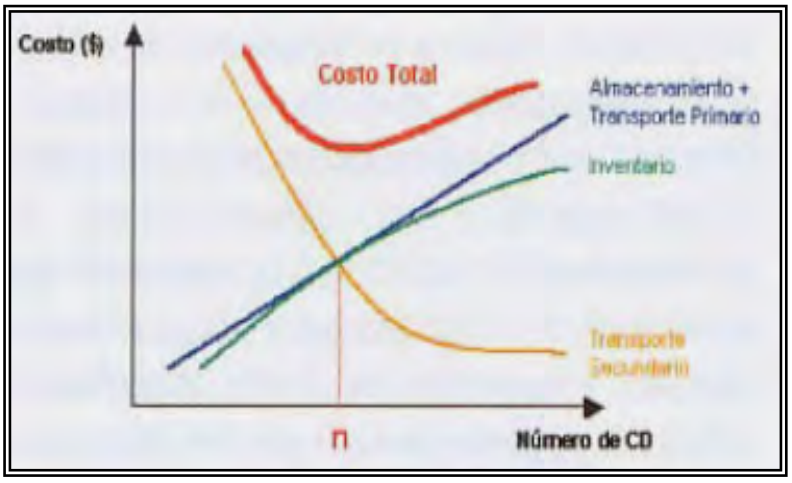
Asimismo, a estas cuestiones es conveniente añadir en que momento hacerlo, esto es, como señala Robusté (2005, p. 23), "…determinar también el preciso momento de realizar la localización".

Por lo que respecta a la localización de las actividades económicas, diremos, que se ha estudiado suficientemente desde la teoría y como es sabido, existen factores locacionales relacionados con los diferentes costes, la producción, el mercado, el transporte, la fiscalidad, el entorno, el medioambiente o la conectividad y accesibilidad, que es necesario tener presente.

Sin embargo, en cuanto a la localización de los centros de distribución, los costes han sido uno de los factores más importantes en los criterios de decisión.

Es necesario señalar, si bien es una obviedad, que todos los subsistemas del sistema logístico están relacionados; por lo tanto, no será conveniente considerar los costes de cada subsistema de forma aislada.

Figura 4-27. Análisis de costes de distribución



Fuente: Velozo, R, 2005, Figura 2, p. 1

En el diseño de de la red de distribución (ver figura 4-27) se deberían analizar conjuntamente, entre otros costes, los costes de operaciones en los almacenes y centros de distribución y los costes de mantenimiento de inventario. También los costes de transporte primario, desde proveedores a planta o a almacenes y centros de

distribución, y los costes de transporte secundario, desde los almacenes y centros de distribución a los puntos de venta.

Señalaremos que la eficiencia con la que las mercancías se mueven y el avance de la logística han permitido a muchas empresas utilizar un menor número de almacenes y centros de distribución para servir a sus clientes; estos depósitos están situados en los principales mercados de distribución y, en general, siguen creciendo en tamaño e importancia.

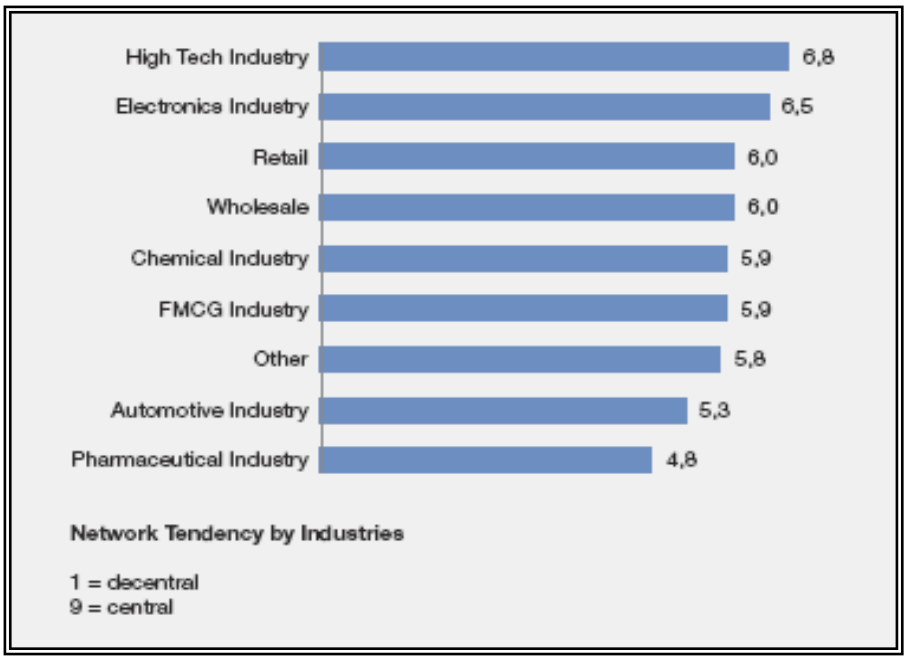
Además, actualmente se está imponiendo el nivel y calidad del servicio al cliente como parámetro determinante de la competitividad, de ahí surge la preocupación de las empresas por determinar la red de distribución más adecuada para sus productos, de tal forma, que permita hacer llegar dichos productos a sus clientes de la mejor manera.

Los modelos tradicionales de diseño de redes de distribución, siguiendo a Velozo (2005, p. 1), consideran que la demanda es fija e inelástica al nivel de servicio; incluían el servicio al cliente como el tiempo de ciclo de orden que se desea tener, esto es, el tiempo transcurrido entre la recepción de la orden del cliente y, a su vez, la recepción de la mercancía por parte del cliente. De esta forma se establece la base para definir las restricciones al modelo de distancia máxima desde los centros de distribución hasta los clientes.

No obstante, se están modificando estos criterios. Se coincide con este autor en que en el mundo competitivo actual es en el servicio donde se puede crear la diferenciación; dado que la demanda es elástica el servicio al cliente es una herramienta para mejorar la lealtad de los clientes y, por consiguiente, mejorar la cuota de mercado.

Dicho enfoque sostiene que las ventas de la empresa pueden aumentar según el nivel de servicio provisto a los clientes. En el estudio *Global logistics trends study 2009. Go local for performance* (2009a, p. 19) se concluye que las redes logísticas no están impulsadas solamente por los costes logísticos. Factores como compras, tecnología en la producción y proximidad al cliente, influyen también en el grado de centralización. En la figura (ver figura 4-28) se pueden apreciar las tendencias de algunos tipos de empresa.

Figura 4-28. Diseño de redes logísticas: Centralización vs. Descentralización



Fuente: MIEBACH CONSULTING, 2009a, p.19

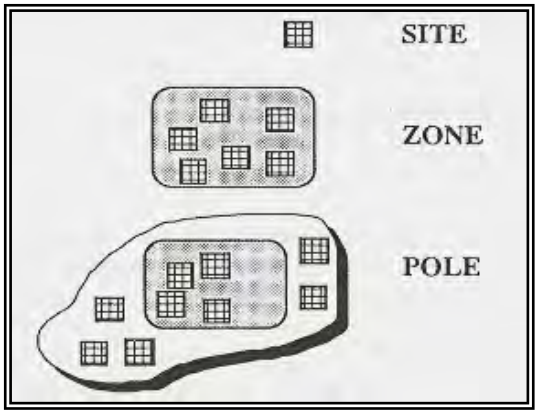
Podemos decir, en términos generales que las estructuras centralizadas corresponden a empresas con un alto valor de inventario, como por ejemplo, la industria farmacéutica. También los productos con un corto ciclo de vida como los que encontramos en la industria de alta tecnología o con un número reducido de centros de producción como los de la industria química que tienden hacia una central de almacenamiento.

Por otra parte, también encontramos industrias con una configuración mucho más descentralizada de sus estructuras. Esto puede deberse a la estructura de la empresa, impulsada por la tecnología de la producción, en una red descentralizada de la producción, así ocurre con las empresas de producción de bienes fungibles de gran consumo utilizados con regularidad y frecuencia (FMCG). Además, hay empresas cuya actividad es la venta al por menor, en que se valora más la proximidad al cliente como por ejemplo, los concesionarios de automóviles, o los volúmenes, las condiciones de compra o los requisitos del servicio en las muchas empresas que se dedican a las ventas al por menor.

Las estructuras logísticas descentralizadas permiten a las empresas estar más cercanas al cliente, tener una mayor capacidad de reacción ante los cambios y disponer de un nivel de servicio muy superior. Por su parte, las estructuras centralizadas pueden ayudar a minimizar los costes logísticos de una empresa, pero en cambio pueden interferir negativamente en el nivel de calidad de su servicio logístico.

Por lo tanto, a la hora de seleccionar el tipo de estructura de la red hay que tener en cuenta que la logística es mucho más que un factor de coste, es una parte esencial de la oferta global de una empresa a sus clientes. Colin (1997, p. 103-104), analiza tres tipos de estructura logística, que por su componente espacial nos interesa señalar (ver figura 4-29):

Figura 4-29. Tipología de espacios logísticos[92]



Fuente: Fabbe-Costes, N., 1994, en Colin, J., 1997, figura 1, p. 105

- *Emplazamiento logístico*, que corresponde a un lugar físicamente bien delimitado, sobre el que se desarrolla la actividad logística de un solo operador. Estará incluido en al menos una red de emplazamientos del operador (red de almacenes industriales, red de distribución, etc.), o en varias redes de emplazamientos si se trata de un emplazamiento multicliente. Técnicamente es el lugar donde se realiza la ruptura de tracción o de carga, si bien, no será necesariamente multimodal.

- *Zona logística,* este espacio está también delimitado, pero ofrece a varios operadores una infraestructura común de instalaciones multimodales (sobre todo del modo carretera y ferroviario). Reagrupa siempre varios

[92] Definiciones propuestas por N. Fabbe-Costes en "Place des Plates-formes dans les chaînes de transport multimodal: mise en perspective" , CRET-LOG, Rencontre Internationale de l'IMTM, Marseille, 11 avril 1994. (Colin, J., 1997, p.159).

CRET-LOG : Laboratoire Universitaire de Recherche en Sciences de Gestion spécialisé en Logistique, Université de la Méditerranée (U2), Aix-en-Provence.

emplazamientos logísticos y son creadas generalmente en el marco de una política de ordenación del territorio por iniciativa de un colectivo de empresas, cámaras de comercio, ciudades, regiones o estados. Un ejemplo claro son las Zonas de Actividades Logísticas (ZAL).

- *Polo logístico*, es un espacio amplio no delimitado que muestra una gran concentración de actividades logísticas, es decir, se trata de un fenómeno de polarización. Es siempre multimodal e integra, además del modo carretera, y ferroviario, uno de los modos aéreo, marítimo o fluvial. Se compone de emplazamientos logísticos que no están necesariamente estructurados por una zona logística, aunque en Europa engloban una o más zonas logísticas. Nunca es privado y no suele estar gestionado, si se gestiona suele hacerse por medio de un consorcio.

Al hilo de esta tipología, podemos encontrar dos modelos de localización de las actividades logísticas, el de polarización y el de difusión. La polarización logística se manifiesta por la concentración de múltiples actividades logísticas o de transporte en un espacio amplio, no delimitado rigurosamente, como se ha señalado en el párrafo anterior. Además, existe una tendencia a su funcionamiento en red.

Aquí nos parece interesante señalar, que en la proliferación planificada de emplazamientos, zonas o polos logísticos, salvando las distancias temporales y de la estructura económica actual, podemos apreciar, en nuestra opinión, algunos aspectos de la base teórica de la *Teoría de los Polos de Desarrollo* de Perroux (1955) y la aplicación espacial desarrollada por Boudeville (1966).

La razón está en que parece buscarse el dinamismo económico de determinadas áreas utilizando el transporte y la logística como sectores de arrastre de otras actividades, fundamentándose, entre otros conceptos, en las economías externas y de aglomeración[93]. Sobre el desarrollo de los polos logísticos hemos de considerar, en primer lugar, que actualmente la densidad de las redes de transporte terrestre, la variedad de servicios de transporte ofrecidos, la generalización de la logística y la calidad de las redes multimodales, permiten considerar en Europa, para una ruta dada, múltiples cadenas de transporte y distribución.

La elección de una de ellas dependerá del análisis global del nivel de servicio prestado y los costes, tanto directos como indirectos, sobre el conjunto de los enlaces. Consecuentemente, el alcance de las áreas de influencia de los polos logísticos se amplía hasta el punto de que se superponen, lo que fomenta una dura competición entre ellos cada vez más intensa.

---

[93] Un Polo de Desarrollo o centro de crecimiento, no es un lugar en el espacio, es un conjunto de industrias dinámicas y muy integradas, organizado en torno a un sector o industria de punta que tiene una función motriz. Los Polos de Desarrollo tienen la capacidad de crecer rápidamente y de generar crecimiento en el resto de la economía mediante efectos indirectos y multiplicadores.

Según Hansen (1993, p. 465), "…Perroux mantenía que la innovación empresarial era la responsable principal del proceso de desarrollo, que, a su vez, comprende una sucesión de sectores dinámicos o polos, a lo largo del tiempo". A finales de los años cuarenta y durante los cincuenta del pasado siglo, "Un conjunto de economistas sostenía que la forma más rápida de acelerar el desarrollo económico era a través del crecimiento equilibrado y simultáneo de muchos establecimientos industriales interdependientes. La razón principal estaba en las inversiones, tanto en inversiones directamente productivas como en infraestructuras, que si bien no serían rentables aisladamente, si lo serían conjuntamente debido a las economías externas" (Ibidem, p. 466).

Para Dicken y Lloid (1990, p. 234), la polarización en el sentido que utiliza Perroux depende de el desarrollo de una industria o firma propulsora y tiene algunas características importantes: 1) debe ser relativamente grande si es suficiente para generar los efectos directos e indirectos, aunque sólo el tamaño no es suficiente. 2) el crecimiento debería ser relativamente rápido. 3) debería tener una alta intensidad de relaciones o encadenamientos entrada-salida con otras industrias o firmar para transmitir su crecimiento. 4) debería ser innovadora.

Tampoco existen rutas de transporte determinadas, esto puede suponer que ciertos polos logísticos se vean amenazados porque ya no son paso obligado para algunas mercancías; al contrario, también puede suponer para otros polos logísticos la atracción de ciertos tráficos a los que antes no podían acceder.

La polarización logística, siguiendo a Colin (1997, pp.143-148), se producirá por la acumulación de elecciones individuales análogas, al concebir los nodos de sus redes logísticas casi siempre en los mismos espacios, en particular, los próximos a grandes metrópolis nacionales y regionales. Pero las decisiones no son sólo individuales. La creciente externalización de las funciones logísticas[94], conduce a una imbricación de las decisiones de localización y de circulación que privilegian los lugares más aptos para responder a las expectativas y necesidades logísticas de las empresas.

De esta forma, los polos que resultan de la atracción de actividades tienen tendencia a concentrar una oferta de servicios logísticos variada y cualificada. Además, la propia oferta logística atrae los servicios de transporte que demandan los clientes. El círculo virtuoso es mantenido y conduce a efectos de escala, permitiendo asegurar mediante una fuerte productividad sincronizaciones multimodales.

---

[94] La externalización de funciones logísticas (y de otras funciones) hace referencia a la subcontratación por parte de otras empresas de dichas funciones como una herramienta de gestión que permite a la empresa o industria centrase en el núcleo de su negocio (*core bussines*).

Por otra parte, a consecuencia de la fuerte competitividad en los mercados globales, la introducción de productos con ciclos de vida más cortos y los mayores requerimientos de los servicios logísticos demandados por los clientes, como señalan Cruijssen et al. (2007, p. 2), se tiende a la cooperación vertical entre los distintos actores logísticos con el objetivo de conseguir economías de escala en la gestión de la cadena de suministro, dadas las muy fuertes inversiones en equipamiento y material para un actor logístico individual. Los autores señalan, asimismo, que la cooperación horizontal en la logística está alcanzando un fuerte impulso en Europa Occidental, entendida esta como las prácticas concertadas entre las compañías el operar en los mismos niveles en el mercado, según la definición de la Unión Europea de 2001.

En el informe *In/Outsourcen van Logistieke Diensten in Vlaanderen* de 2004 del Instituto de Logística de Flandes (VIL), se dice que la prestación de los servicios logísticos puede adoptar diversas formas, que en general tienen las siguientes descripciones:

"First Party Logistics (1PL), el cliente subcontrata con frecuencias irregulares un número muy limitado de transporte. El proveedor se limita al transporte de mercancías desde el origen al destino.
Second Party Logistics (2PL), el prestador de servicios está a cargo de las actividades operacionales, que van desde transporte de mercancías al almacenaje, pero no de la logística de valor añadido. El cliente y su proveedor pueden tener una relación contractual. *Third party logistics provider* (3PL), 2PL + servicios de valor añadido para el flujo de mercancías y,cada vez más, de la información. El cliente y su proveedor tienen una relación contractual en este caso.

Fourth party logistics (4PL), 3PL + diseño, control y gestión: encaminada hacia la integración de los servicios, cuyo objetivo es maximizar el valor generado en la cadena logística. La misión del proveedor de servicios logísticos, es decir, del integrador de la cadena de suministro, es la gestión de la totalidad o una parte considerable de la logística operaciones previstas por subcontratistas especializados bajo su control, por cuenta de su cliente que decide externalizar su integración." (en Lagneaux, 2008, p. 7).

Añadiremos que un 4PL es un integrador de servicios logísticos que reúne los recursos, capacidades y tecnología de su propia organización y otras organizaciones para diseñar, construir y ejecutar la cadena de suministro global de soluciones. Su objetivo es ayudar a los tres tipos de actores habituales de la logística: el transportista (1PL), el cliente final (2PL) y el proveedor de servicios logísticos (3PL) en la planificación y coordinación del flujo de información entre ellos, ofreciendo también un interlocutor único con el cliente.

Los límites del círculo virtuoso son las molestias y los riesgos, sociales y medioambientales, que genera la concentración de actividades industriales, comerciales y logísticas, principalmente por la saturación del espacio.

Señalaremos, asimismo, que relacionado con la concentración, se produce un refuerzo de polarización logística por la intensidad de los intercambios entre polos, debido a la masificación de flujos y al aumento de las frecuencias de los envíos. También, asociado a la concentración de las actividades y los flujos, así como al incremento de las frecuencias, se generará un riesgo social y medioambiental que puede provocar deseconomías de escala y una pérdida de la calidad en algunos espacios, que puede conducir a su marginalización al no presentar suficiente interés logístico.

En el otro extremo de la polarización logística encontramos la difusión logística. Este modelo corresponde a logísticas difusas y está formado por numerosos lugares estructurados en redes jerarquizadas. Observamos este tipo de modelo a menudo, cuando las mercancías salidas tienen un área de mercado local, a lo más nacional, a partir de un gran número de lugares locales aprovisionados a escala nacional.

Además, estos emplazamientos son de pequeño tamaño y se insertan en las redes logísticas de organizaciones muy descentralizadas espacialmente que tienen una débil externalización de funciones logísticas. También la salida de las mercancías puede ser frenada por reglas de gestión y normas vinculantes.

Como colofón a los dos modelos señalados, Colin (1997, p. 148) se hace la pregunta de si no se asiste a una combinación de los dos modelos, más que a una confrontación de ambos. Según este autor, polarización y difusión pueden recomponerse juntas alrededor de lo que denomina “organización logística reticular”. Continúa el autor señalando, que si bien, la logística polarizada invierte prioritariamente en espacios metropolitanos, puede organizar también sus enlaces de forma más difusa en el espacio, bien para servir o recibir de las periferias, o bien para movilizar los recursos locales. Las redes de cooperación / complementariedad hacen solidarias e interdependientes el centro y la periferia (Colin, 1997, p. 149).

Un ejemplo lo encontramos en la industria del automóvil de nuestro continente, asociada a dos tipos de espacio. Por una parte, una planta de ensamblaje ve converger hacia ella aprovisionamientos de componentes, piezas y suministros con origen en proveedores europeos alejados y, a su vez, da salida a su producción también a mercados europeos.

Por otra parte, esta misma planta recibe aprovisionamientos que proceden de proveedores locales que dedican su producción, a menudo, a esa sola planta, convirtiéndose en empresas satélite de esa planta. Por último indicaremos que la exacerbación de las tendencias actuales de polarización logística, para Colin (Ibidem, p. 150-151), pueden conformar dos escenarios futuros.

El primer escenario, podría conducir a un desbordamiento logístico (*trop-plein logistique*) sobre un reducido número de zonas, lo que provocaría una red constituida por manchas y corredores logísticos sobre el territorio que contribuiría a crear vacíos en las mallas. De esta forma las desigualdades regionales se verían agravadas.

El segundo escenario podría presentarse si el transporte se convierte en un recurso escaso, sobre todo si las inversiones en infraestructuras son diferidas o son inviables, esto causaría una elevación de los costes de transporte. A causa de ello, las empresas podrían revisar su decisión de polarización logística, ya que es un modelo de gran consumo de transporte, y volver a un modelo de difusión logística con un mayor número de localizaciones a escala regional. Algunas firmas han comenzado a cuestionar sus localizaciones polarizadas y otras han abandonado su concepción de un emplazamiento único europeo.

Es necesario tener en cuenta que la configuración y la facilidad de adaptación de las redes de distribución y de transporte a un escenario de actividad y logístico concreto,

así como, al espacio real en el que se desarrolla la actividad pueden determinar el éxito o fracaso de dichas redes.

Recapitulando, como señala Robusté (2000, p. 35), Un sistema de distribución física bien diseñado goza de una serie de propiedades: segregación de rutas de recogida/reparto; estructura no redundante de la red, es decir que cada Terminal o punto de demanda es servido por una única ruta; operaciones casi-óptimas como la minimización de la longitud de los circuitos, la descomposición de las operaciones, etc.; terminales localizadas en el centro de sus áreas de influencia, etc.

En cuanto a la logística del ferrocarril, es necesario señalar que los segmentos en los que es competitivo el ferrocarril no se obtienen los resultados que cabría esperar de una herramienta tan potente para la gestión de los flujos.

Los factores que afectan la elección del modo de transporte están relacionados con las características del mercado, es decir, las características de los usuarios, las características de los flujos y las mercancías transportadas, las características del operador de transporte y de los servicios que presta, y, en general, del entorno económico en el que se produce la toma de decisiones.

El proyecto LOGIQ (1999), *The decision making process in intermodal transport*, está financiado por la Comisión Europea bajo el 4º Programa Marco de Investigación y Desarrollo. El proyecto aborda la toma de decisiones en el transporte intermodal y tiene por objetivo la identificación de los actores en las cadenas intermodales de transporte además de evaluar y mejorar la toma de decisiones para el transporte intermodal a través de una mejor comprensión de la importancia de tres factores determinantes, la infraestructura, el marco legal y el comportamiento de los responsables en la toma de decisiones.

Un resumen muy interesante de este proyecto, se ofrece en el estudio para el Ministerio de Fomento de la Fundación Cetmo (2004, cap. 3, p. 76-79), *Análisis, información y divulgación sobre la aportación del transporte por carretera a la intermodalidad.* Consideramos que son parámetros que nos pueden ayudar en el análisis de nuestra área de trabajo. Los criterios[95] para la elección modal que se señalan en este resumen son:

1)**Criterios de mercado**

- Desde el punto de vista del cargador:

  -El tamaño e la empresa.

  -La ubicación geográfica.

  -La distancia entre terminales.

  -La percepción del trasporte intermodal como sostenible.

-En relación al tipo de transporte.

-Los volúmenes y frecuencias de los envíos:

  -La compensación de cargas (retorno en cargado).

  -Estructura de la carga (nº de recogidas y entregas).

  -Requisitos de la carga (por su naturaleza).

  -Requisitos de la unidad de carga intermodal (aprovechamiento óptimo).

[95] Para ampliar ver los dos trabajos citados: proyecto LOGIQ (1999) y el estudio de la Fundación CETMO (2004).

- El entorno económico del decisor:

  -Estabilidad o incertidumbre de la economía y del entorno institucional.

  -La organización de la empresa y la especialización económica de la región/nación.

  -Expectativas de cambio en las operaciones de los procesos de transporte (en tiempo, distancia, volumen, etc.).

2)**Criterios de coste y calidad**

- Diferencial de costes entre modos.
- Características y calidad de los servicios logísticos proporcionados:

  -Fiabilidad (retrasos y frecuencias).

  -Flexibilidad (tiempo desde orden de carga hasta su realización y expedición).

  -Seguridad (daños, pérdidas y frecuencia).

  -Tiempo de tránsito puerta a puerta (muy importante en determinadas mercancías).

  - Otros criterios relacionados con los procesos desarrollados en las terminales (tiempo de carga y descarga, tiempo preparación mercancía, tiempos de espera entre operaciones, eficiencia en el transbordo, seguimiento y trazabilidad de la mercancía y servicios logísticos adicionales).

Tabla 4-6. Valores de las variables por tipo de actor

	Mean values			
Variables	Forwarders	Shippers	Shipping Lines	Total
Transport Cost	4,3 (± 0,3)	4,1 (± 0,5)	5,0 (± 0,0)	4,3
Size of Shipment	2,6 (± 0,4)	3,1 (± 0,5)	2,4 (± 0,7)	2,8
Regularity of Shipment	3,8 (± 0,4)	3,2 (± 0,5)	3,0 (± 0,8)	3,5
Warehouse Location	2,8 (± 0,4)	2,7 (± 0,5)	2,1 (± 0,7)	2,7
Historical Tradition	1,9 (± 0,4)	1,6 (± 0,3)	1,1 (± 0,1)	1,7
Reliability	4,3 (± 0,3)	4,0 (± 0,5)	3,1 (± 1,0)	4,0
Flexibility	3,5 (± 0,4)	3,5 (± 0,5)	2,8 (± 1,0)	3,4
Safety	3,6 (± 0,5)	3,7 (± 0,5)	2,4 (± 1,0)	3,4
Operating systems Systems	3,5 (± 0,4)	3,1 (± 0,5)	2,7 (± 0,9)	3,2
Frequency of services	4,0 (± 0,3)	3,5 (± 0,4)	2,8 (± 1,0)	3,6
Additional logistics services	2,1 (± 0,4)	2,6 (± 0,4)	2,4 (± 0,8)	2,3
Information systems	2,9 (± 0,4)	2,8 (± 0,5)	2,4 (± 0,8)	2,8
EU transport policy	1,9 (± 0,4)	2,2 (± 0,4)	2,1 (± 0,7)	2,1
Regional/local policy	2,4 (± 0,5)	2,5 (± 0,5)	2,2 (± 0,9)	2,4
Other	1,7 (± 0,4)	1,4 (± 0,4)	1,3 (± 0,6)	1,6

Fuente: Gruppo CLAS (coord.), 1999, deliverable 2, table 2, p. 21.

En la tabla (ver tabla 4-6), se presentan los resultados de los valores medios que otorgan los transitarios, expedidores (remitentes o cargadores) y líneas de transporte a los parámetros vistos en el resumen anterior. La escala de importancia va de 1 (menos) a 5 (más). Se presentan también los intervalos de confianza para un nivel de significación del 95%.

Apreciamos en la tabla, como los costes de transporte son lo más importante para los tres actores de la cadena de transporte considerados en el estudio. Por el contrario, lo menos valorado son los otros criterios relacionados con los procesos desarrollados en las terminales. Consideramos, que no se concede por parte de estos actores, según los resultados y en nuestra opinión, el suficiente valor a los “otros criterios” de decisión.

Los tiempos de las operaciones en las terminales son importantes porque inciden en los tiempos totales del proceso completo de transporte y, además, pueden incrementar los costes, por retrasos en la expedición, tiempos de estacionamiento, paralización de material, etc.

En la misma línea que este proyecto, en cuanto a los servicios de mercancías, podemos citar los trabajos de Danielis et al. (2005) y de Boffioux et al. (2006). Danielis et al. (2005), seleccionan cuatro atributos, los costes, el tiempo de viaje y los daños y pérdidas. Estos atributos son valorados por 65 gerentes de empresas de logística mediante entrevistas personales de logística aplicando el método de preferencia declarada.

Después de su estudio, los autores indican que hay una fuerte preferencia por los atributos de calidad sobre el coste. Lo que indica una alta disposición a pagar por la calidad en los servicios de transporte de mercancías, sobre todo, para la fiabilidad y la seguridad (Danielis et al., 2005, p. 213).

Por su parte, Boffioux et al. (2006), utilizan seis atributos, la frecuencia del servicio, el tiempo de transporte incluida la carga y la descarga de la mercancía, la fiabilidad en las entregas, la flexibilidad, la seguridad en términos de daños y pérdidas, y los costes, incluida la carga y la descarga. También, utilizan dos enfoques para los análisis. El primero, el de las decisiones ya tomadas por los responsables de transporte y logística de las empresas, comúnmente llamado preferencias reveladas, puesto que, estas decisiones revelan los pesos que dan a distintos atributos. El segundo, recurre a los juicios de valor expresados con relación a soluciones de transporte hipotéticas, que se denomina análisis de preferencias declaradas.

Se obtienen diferencias significativas entre ambos análisis por la heterogeneidad de los datos de las distintas muestras, ya se diferencian mucho en sus características, es decir, en la distancia recorrida y el destino, en el tonelaje transportado, en el tipo de mercancía y su valor, y en la configuración de la red recorrida, así como de la tipología de las propias empresas.

En cualquier caso, este estudio indica claramente que si la elección de una solución de transporte es dominada por el factor coste, los otros factores cualitativos tomados de forma agregada tienen también un peso relativo significativo, pudiendo alcanzar un 45% en algunos casos. Entre estos factores, son el tiempo de transporte y su fiabilidad los que parecen más importantes. (Boffioux et al., 2006, p. 155).

Puntualizaremos, que lo deseable sería realizar estudios en profundidad[96] sobre la elección modal en nuestra área de trabajo, sin embargo, señalaremos que en general, en el transporte de mercancías se revela bastante difícil reunir grandes muestras para un análisis de preferencias reveladas o declaradas por los bajos índices de respuesta de los responsables de las empresas encuestadas[97].

Por lo tanto, como hemos apreciado en los párrafos anteriores, para seleccionar el ferrocarril como modo de transporte de los potenciales clientes, son importantes los índices de satisfacción de los clientes en los atributos nombrados, aunque en nuestra opinión, para este modo de transporte también cobran una relativa importancia los precios, que son menos competitivos que los de la carretera al menos para las distancias cortas.

---

[96] Lo realmente interesante sería realizar un estudio de nuestra área de trabajo utilizando el Modelo General de Transporte de cuatro etapas con alguna adaptación, para modelizar la demanda, 1) Generación y atracción de viajes. 2) Distribución de viajes entre zonas o territorios. 3) Distribución modal. Y, la última, 4) Asignación de viajes o elección de ruta, para determinar el equilibrio de sistema.

Desgraciadamente, no existe mucha literatura de referencia sobre la modelización de la demanda del transporte de mercancías. Como señalan Ortúzar y Willumsen (2008, p. 622), "… parece sorprendente la limitada investigación desarrollada para modelizar este tipo de movimiento en comparación con los esfuerzos realizados en demanda de viajeros."

[97] Ver Ortúzar y Willumsen (2008, p. 58).

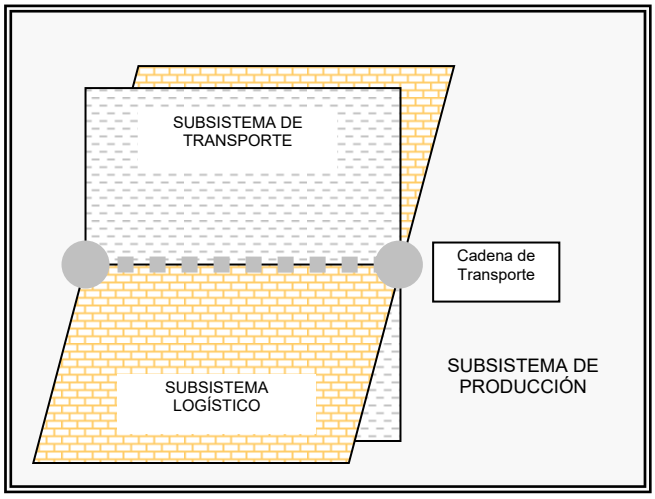
Tabla 4-7. Cuota modal del ferrocarril. Año 2000

TIPO DE MERCANCÍA	DISTANCIA (Km)	CUOTA MODAL % TKm
Cereales	>700	21
Carbones Minerales	<200	56
	300-600	
Cemento y materiales construcción		4
Minerales	<200	25
Productos siderúrgicos	>1000	28
Combustibles líquidos, gas	>300	39
Productos químicos	800-1000	8
Abonos	>800	28
Maderas	>1000	12
Contenedores	>400	63
Resto productos		10

Fuente: Master Universitario Logística, Transporte y Seguridad Vial, 2006, módulo IV, p. 267-268. Elaboración propia

Sin embargo, aunque en las últimas décadas el ferrocarril ha ido perdiendo cuota de mercado de forma acelerada, señalaremos que el análisis de la demanda de transporte de mercancías por ferrocarril indica que varía ampliamente según la mercancía transportada y la distancia recorrida (ver tabla 4-7).

Figura 4-30. Cadena de transporte



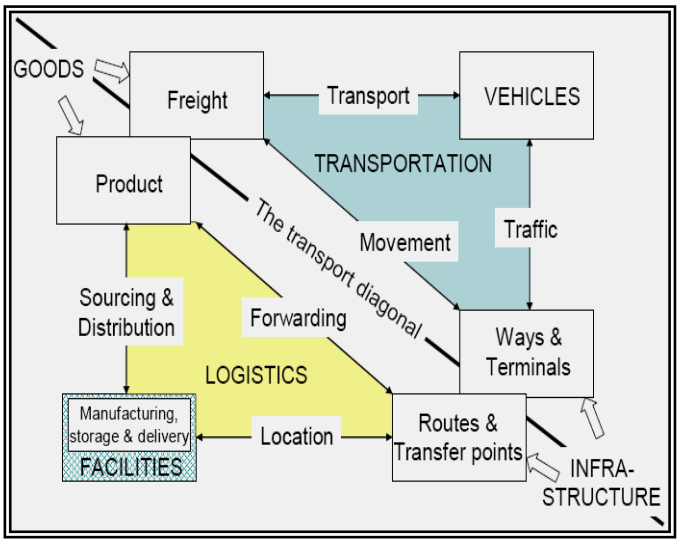
Elaboración propia

Subrayaremos, que el ferrocarril aumenta su cuota en el el reparto modal, en paralelo al incremento de la distancia recorrida. Alcanza porcentajes por encima del 25% en distancias superiores a los 800 km. A pesar de las ventajas que el ferrocarril tiene para determinadas mercancías y a partir de determinadas distancias, como se ha mostrado, un factor importante que dificulta al ferrocarril para ganar cuota de mercado, entre otros, es su rigidez frente a las variaciones de la demanda, ante la existencia de múltiples orígenes y destinos, una gran variabilidad espacial y temporal de la demanda, plazos de entrega reducidos, etc.

Otro factor es la debilidad que ha existido en la integración de este modo de transporte con otras funciones logísticas y con el sistema logístico en conjunto. El sistema logístico de una empresa o sus necesidades logísticas externalizadas, comprenden actividades de transporte, de transbordo, de preparación de pedidos o de almacenaje, gestionado todo ello por un sistema de información.

En la figura podemos apreciar la intersección de los dos subsistemas del sistema de producción (un subsistema del sistema económico) que da como resultado una línea que podría considerarse conceptualmente como la cadena de transporte. En la figura siguiente (ver figura 4-30) se muestra la interfaz entre la logística y el transporte, y la dualidad conceptual de bienes y de infraestructuras, desde ambos puntos de vista.

Figura 4-31. Interfaz Logística-Transporte



Fuente: Sjöstedt, L., 2009, fig. 2, p. 9. http://trg1.civil.soton.ac.uk/sf/SF_090909_Background_scenarios.pdf

Podemos ver también *la diagonal del transporte*, que representa para el autor, la tradicional separación entre transporte y logística. Correspondería a la cadena de transporte de la figura anterior (Ver figura 4-31).

Con respecto a este alejamiento, Sjöstedt (1996, en Woxenius, 1998, p. 64) sostiene que la logística y el transporte es muy probable que empiecen a compartir puntos de vista y enfoques científicos. Esta afirmación realizada hace algún tiempo, empieza a hacerse realidad, pero a un ritmo todavía lento para las necesidades actuales de los actores de ambos sistemas y la eficiencia de los mismos.

Para su estudio, desde un enfoque logístico, la cadena de transporte[98], la podríamos considerar como un subsistema del sistema logístico. Sin embargo, como señala Nielsen (2003, en Nagel, 2008, p. 7), hay una creciente aceptación para analizar el transporte como una actividad concentrada en su propio sistema lógico dentro de las cadenas de transporte. Para nosotros, teniendo presente en todo momento que el sistema de transporte presenta una fuerte conexión con el sistema logístico y que no funciona de forma aislada, prevalecerá el segundo enfoque, dadas las características espaciales del sistema de transporte que se quieren destacar.

En cualquier caso, si que nos parece interesante la definición de cadena de transporte de Zinnecker (1975, en Nagel, 2008, p. 8), según la cual, el transporte se produce sobre el espacio conectando diferentes puntos de origen y destino en una secuencia de servicios de transporte individuales o modos de transporte en unas etapas técnicas y organizativas, es decir, en la cadena de transporte.

De esta forma, podemos apreciar cómo el ferrocarril, considerando únicamente este modo, sería una etapa del proceso de transporte según la definición anterior. Además, dentro de este modo también el proceso estaría sujeto a distintas etapas, cada una de ellas con sus propias características técnicas y organizativas.

De modo general, ya que se verá de forma extensa, se puede decir que actualmente en nuestro país con el nuevo modelo ferroviario cuando un cliente solicita un servicio de transporte para la red de ancho ibérico, debe dirigirse a un operador de transporte en esta red (primera etapa). El operador aceptará o no el transporte en función de los servicios ofertados, las necesidades del cliente y sus requerimientos, según la mercancía, plazos de entrega, etc., seleccionará la unidad de cargamento, tipo de vagón, número de vagones, encaminamiento, etc.

[98] En nuestro enfoque desde la Geografía del transporte y la Teoría de Sistemas, la cadena de transporte, considerada desde un enfoque logístico, correspondería al subsistema de transporte de mercancías. También correspondería a un subsistema del sistema logístico, que sería la línea de corte de los planos de los dos sistemas, el de transporte y el logístico. Sin embargo, como se verá en el siguiente apartado, son subsistemas de otros subsistemas mayores, en este caso del subsistema de producción).

Posteriormente, si es aceptado, enviará el material vacío a la Terminal designada para proceder a su carga (segunda etapa)[99]. Y solicitará del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias -ADIF en España-, un surco para que circule el tren una vez cargado si no lo tiene asignado (también si el material vacío es un tren completo).

Puntualizaremos, que en la Terminal, actualmente propiedad de ADIF, el remitente o cargador entregará la mercancía en la playa de carga y descarga para proceder a su carga en los vagones o plataformas. Una variación a esto, la constituyen los apartaderos o derivaciones particulares, en los cuales los vagones, tanto en vacío como en cargado, son entregados dentro de esas instalaciones y allí, el remitente o destinatario, procede a su carga o descarga (tercera etapa).

Una vez, está cargado el tren, el operador envía la tracción, y el tren, una vez realizadas las operaciones necesarias, queda a disposición de ADIF para su puesta en circulación al destino solicitado (cuarta etapa). La circulación del tren por la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG), de origen a destino, constituiría otra etapa (quinta etapa). Cuando el tren llegara a su destino se procedería a su estacionamiento en la playa de vías de carga y descarga, y se efectuaría la misma. Si se tratase de un apartadero particular, se procedería a su estacionamiento en el mismo siendo su personal quines realizasen esa tarea (sexta etapa).

Todo el ciclo de transporte estaría sujeto a un sistema de información para coordinar al conjunto de actores implicados en todas las etapas del proceso de transporte de mercancías por ferrocarril. Sin embargo, esto no es suficiente, es fundamental organizar el proceso de transporte de forma concertada con el sistema logístico y las necesidades de los clientes, tanto de las empresas como de los proveedores de servicios logísticos.

Hay que tener en cuenta que en una red logística la fiabilidad y el cumplimiento de los plazos es una cuestión básica. Actualmente, con los modos de producción flexible se corre el peligro de generar detenciones de la cadena de producción en una empresa, porque la tendencia generalizada es a utilizar el stock en tránsito (*pipeline*)[100] de determinados componentes y a reducir los niveles de inventario.

Evidentemente, también se incrementarían los costes, por ejemplo, entre otros, a consecuencia de la falta de actividad en un centro de distribución al que no llega una determinada mercancí, o por el incremento del tiempo de atraque de un buque al esperar la mercancía para su carga. Relacionado con lo anterior, en cuanto a tiempos de viaje y costes, también encontramos un problema importante, la interoperabilidad[101] entre las distintas redes.

En la actualidad, la competitividad del ferrocarril es limitada, debido a las diferencias que hay entre los Estados miembros en cuanto a infraestructuras, material, tecnología, señalización, normas de seguridad, frenado, corrientes de tracción y limitaciones de velocidad. Esta situación obliga a los trenes que atraviesan varios Estados a detenerse en los pasos fronterizos por cuestiones como los distintos anchos de vía, pesos por eje y las distintas capacitaciones e idiomas de los maquinistas, lo que genera transbordos, cambios de locomotora y maquinistas con los inherentes tiempos muertos y el incremento de los costes de transporte.

De los párrafos anteriores se extrae que la calidad y los requerimientos de los clientes y los proveedores de servicios de transporte aplicables a las operaciones del ferrocarril, no han sido satisfechos, y han actuado como un obstáculo importante para

[99] Sería interesante en una futura investigación estudiar los ciclos de rotación del material ferroviario en vacío.

[100] El stock en tránsito, también denominado en términos logísticos *pipeline*, correspondería al stock de productos acabados en fábrica, mercancías en tránsito y recepción de mercancías aún no ubicadas en el almacén.

[101] Para ampliar información ver Directiva 2001/16/CE relativa a la interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo convencional y Directiva 2004/50/CE, que la modifica.

el uso de este modo de transporte y la disminución de su posición de mercado en favor de la carretera.

Los requerimientos de los clientes y proveedores[102] que se ponen de manifiesto en un estudio de Symonds Group Ltd en el año 2001, serían los siguientes en orden de importancia: los costes del transporte, la fiabilidad y el cumplimiento de plazos, la seguridad de la expedición, el acceso a la infraestructura de transporte, la flexibilidad, el tiempo de tránsito total y la velocidad, la confianza en la calidad del servicio, la ausencia de daños, la disponibilidad de la información, la seguridad pública y el suministro de información con anticipación (Symonds Group Ltd, 2001, p. 96).

Además de los precios y la fiabilidad, los transportistas y operadores de terminales dan una importancia considerable en la flexibilidad del tiempo de tránsito, el suministro de información relativa a cambios en el servicio y la competencia de los empleados (Ibidem, p. 97). Con respecto a la mala calidad percibida por los clientes, señalaremos que en la cadena de transporte, como afirma Goldratt en su Teoría de las Restricciones, "...una cadena es tan fuerte como su eslabón más débil..." así, cabe considerar que "…en los sistemas dependientes (secuenciales, como por ejemplo un proceso productivo) existe siempre un recurso escaso que podríamos denominar "cuello de botella", limitación o restricción. Esta limitación es la que determina en todo momento la capacidad máxima del sistema." Goldratt (2002, p. 2).

Así, el sistema (subsistema) de transporte el ferrocarril tradicionalmente ha tenido mala imagen con respecto a los tiempos de tránsito y la fiabilidad, que se ha visto agravada, entre otras causas, con los cuellos de botella y la congestión en determinados puntos de las redes. A consecuencia de ello, se ha lastrado gravemente su potencial de crecimiento, ya que muchos clientes no están dispuestos a aceptar los retrasos y tiempos de tránsito tan largos. De esta forma, desde el punto de vista de la Teoría de las Restricciones, el ferrocarril, puede considerarse un eslabón débil del sistema de transporte.

Recordaremos que la situación actual era previsible porque "Los clientes que hace escasos años eran cautivos de los medios de transporte exigen hoy de esos mismos medios la evolución tecnológica necesaria para adaptarse a las necesidades de producción y venta, con una disminución de los costes que permita la capacidad de competencia." (Albadalejo, 1991, p.50). Señalaremos que la evolución tecnológica se hace extensiva también a la evolución organizativa de las empresas, a la comercialización de sus servicios y a la calidad ofertada y percibida por el cliente.

No obstante lo dicho en los párrafos anteriores, no todos los elementos estructurales del sistema (subsistema) de transporte de mercancías por ferrocarril y sus interacciones entre ellos y con otros sistemas (subsistemas) , presentan altos niveles de ineficiencia. A modo de ejemplo, la Red Teco en España, actualmente perteneciente a Renfe Operadora, por la propia configuración y naturaleza del servicio, así como la prioridad de sus trenes con respecto a otros trenes de mercancías, ha obtenido buenos resultados en cuanto a puntualidad y fiabilidad, lo que hace que la calidad percibida por el cliente sea buena.

Esto sugiere, que aunque mejorable, este servicio no es uno de los eslabones más débiles del sistema ferroviario. Pero hay que tener en cuenta, que "El transporte, sólo entiende de eficiencia y eficacia, de funcionalidad y coordinación y de calidad…" (Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos, 2003, p. 15).

Por esta razón, es necesaria una fuerte reforma en las infraestructuras y los servicios ferroviarios, así como, en los modelos de gestión, para que no siga disminuyendo y pueda incrementarse la cuota de mercado del transporte de mercancías por ferrocarril, como apoya la Unión Europea.

[102] La comparación de los requerimientos de los clientes con la eficiencia percibida por ellos en su consecución, puede verse en el estudio del Symonds Group Ltd (2001, table 3.5 p. 96).

En el estudio antes señalado, se considera que la industria del ferrocarril opera los servicios de una manera completamente profesional, y que dentro de las actuales limitaciones impuestas por las instituciones y por las condiciones actuales de explotación es poco lo que se puede hacer para mejorar sustancialmente el transporte por ferrocarril. Sin embargo, hay una serie de ámbitos en los que la actual estructura, organización y operaciones deben mejorarse, lo que podría incrementar significativamente la eficiencia.

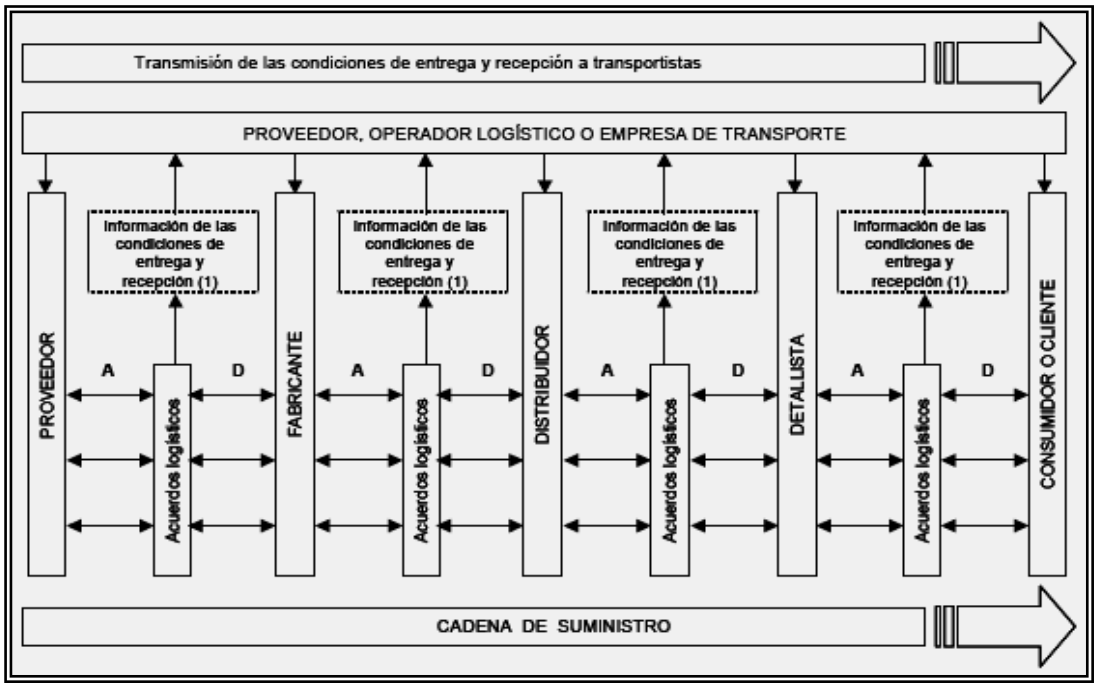
Entre estas podemos citar, la introducción de operadores más flexibles y eficientes en los servicios de alimentación (*feeder*), la implantación de procesos más flexibles y sensibles a la planificación de las operaciones que permitan una respuesta a los requisitos diarios de los clientes, la mejor coordinación en los viajes internacionales, la mayor interoperabilidad y la adecuación en la asignación de activos a las operaciones (Symonds Group Ltd, 2001, p. 214).

En tanto en cuanto se van completando las mejoras citadas a lo largo de este punto y se ponen a prueba nuevos conceptos innovadores, Nagel (2008, p.78), considera que los ferrocarriles necesitan adquirir fuertes capacidades logísticas, cumplir los requerimientos logísticos del mercado y mejorar los costes, con el fin de incrementar su cuota de mercado. Destacaremos que en nuestro país el sector ferroviario está haciendo notables esfuerzos por adaptarse a las necesidades de transporte actuales y a la coordinación con las necesidades logísticas de los clientes.

El sector es consciente de que “las operaciones logísticas del transporte adquieren un papel preponderante e implican la necesaria coordinación, eficiencia y eficacia.”, como señala, la Comisión de Transporte del Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos (2003, p. 20). La razón la encontramos en que el adecuado desempeño de la cadena de suministro depende en gran parte del sistema de transporte, destacando su función cómo el elemento integrador del proceso de aprovisionamiento y distribución.

En cada de etapa de la cadena, el transporte se encuentra en los dos extremos de los eslabones, en el abastecimiento (A) y la distribución (D), (ver figura 4-32). En el primero, el transporte garantiza la materia prima necesaria para llevar a cabo la producción, mientras que en el segundo, garantiza que los productos sean entregados al siguiente eslabón en la cadena de suministro, es decir, consumidores finales.

Figura 4-32. Integración del transporte con los eslabones de la Cadena de Suministro en las etapas de abastecimiento y distribución



Fuente: Jiménez Sánchez, J. E. y Hernández García, S, 2002, fig. 4.3., p. 178

En la cadena de suministro todos los eslabones han de trabajar con claridad y calidad, es decir, que satisfagan los requerimientos del cliente en todo momento en un ambiente de colaboración. Pero tal situación no es una tarea fácil en el transporte, y más en el ferrocarril, por las propias dificultades de su explotación.

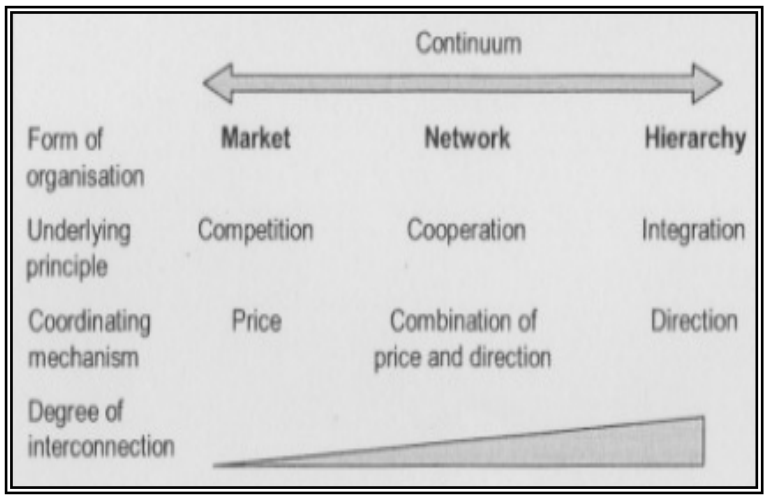
Hay que tener presente, que el transporte de mercancías implica múltiples operaciones (manipulación, almacenamiento y transporte) y actores (transportistas terrestres, navieros, aseguradores, aduanas, etc.), además de pérdidas de tiempos por la manipulación y movimientos innecesarios. Sin embargo, con el nuevo modelo de ferrocarril en España implantado el uno de enero de 2005, el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif)[103] y Renfe operadora están realizando grandes esfuerzos para posicionarse en el mercado y ofrecer servicios de alta calidad a los clientes en cuanto a gestión, nivel de servicios y material.

También, ambas empresas, están fomentando y estableciendo relaciones de colaboración y cooperación entre actores del sector, porque como se ha dicho, estas relaciones son fundamentales para alcanzar el más alto nivel de calidad en la prestación de servicios de transporte y logísticos, como exigen las empresas y territorios, para ser competitivos en el mundo globalizado actual. No obstante, se puede ir un paso más allá de la colaboración y la cooperación.

En efecto, el concepto de integración nos acercaría a un modelo de eficacia mucho más adecuado, en nuestra opinión, para lograr la optimización de los sistemas de transporte y logístico, logrando a la vez mejorar la eficiencia de la cadena de transporte.

Basándose en la Teoría de los Costes de Transacción[104], Nagel (2008, p. 83) afirma, que cuando consideramos la relación entre proveedores de servicios logísticos y ferrocarril, se pueden diferenciar dos modelos con el mercado y la jerarquía en los extremos, al que se añadirían las redes en un tercero intermedio (ver figura 4-33).

Figura 4-33. Diferentes formas de organización



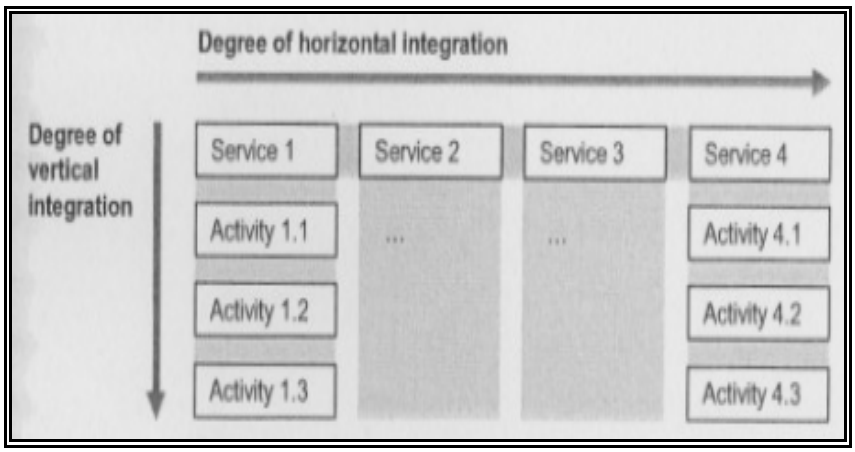
Fuente: Nagel, C., 2008, fig. 32, p. 84, inspired by Pfohl, 2004

El precio, como es sabido, es el principal mecanismo de coordinación del mercado, mientras que su dirección corresponde a niveles más altos. Así, como indica Arnold (2004, en Nagel, 2008, p. 83), los servicios logísticos muy estandarizados se podrían obtener usando el mercado y los muy específicos deberían ser producidos dentro de los niveles especializados más altos.

[103] Nos centraremos en la Red Convencional administrada por ADIF, que corresponde a la mayor parte de la RFIG y es la que soporta el volumen más importante de tráficos (en 2007 el 82,2% de los trenes que circularon por la RFIG). Ver anexo 1 y 6.

[104] La Teoría de los Costes de Transacción, plantea la disyuntiva entre la asignación de recursos vía mercado y la realizada por la empresa. Es utilizada con profusión en la literatura económica para explicar la elección de diferentes modelos de organización para la producción de un producto o servicio.

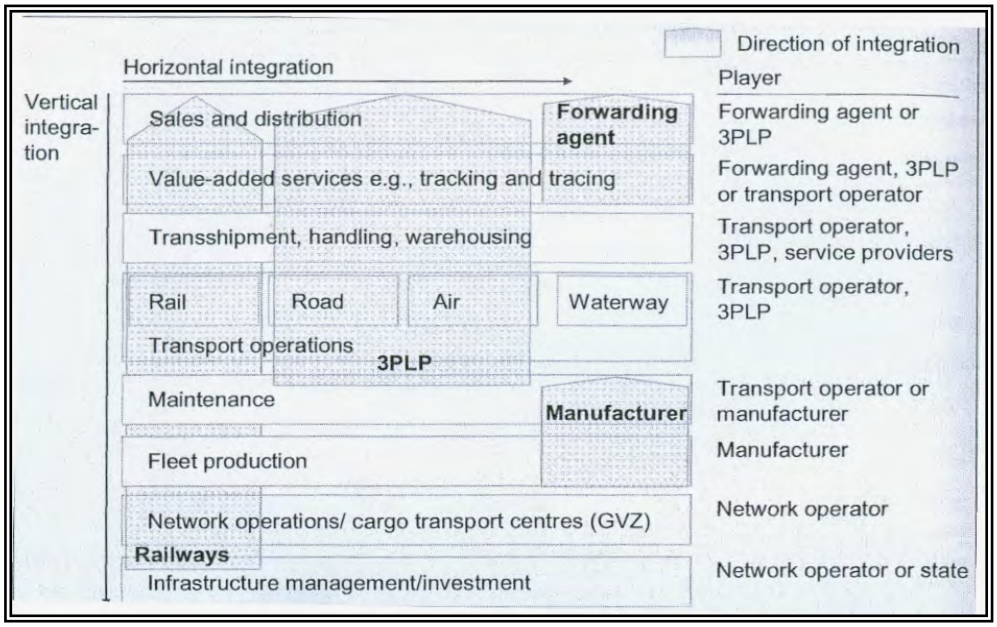
Figura 4-34. Integración horizontal y vertical



Fuente: Nagel, C., 2008, fig. 33, p. 85, adapted from Burr (2002)

En la figura (ver figura 4-34), podemos apreciar que la integración vertical describe el grado, según el cual, una compañía produce por si misma los pasos necesarios de la cadena de valor para ofrecer un producto o servicio, mientras que la integración horizontal describe el rango de productos o servicios diferentes que ofrece una compañía. Como afirman Hitt et al. (2001, en Nagel, 2008, p. 85), la integración existe, cuando una compañía produce por si misma las entradas que necesita (integración hacia atrás), o es propietaria de sus propias fuentes de distribución (integración hacia adelante).

Figura 4-35. Dirección de la integración horizontal y vertical a lo largo de la cadena de valor de la logística del transporte



Fuente: Nagel, C., 2008, fig. 34, p. 86.

La aplicación del concepto de integración horizontal y vertical en la cadena de valor de la logística del transporte, se puede apreciar en la figura (ver figura 4-35), asimismo, se muestra el posicionamiento de algunos actores típicos en la cadena. Con la liberalización del mercado del transporte de mercancías por ferrocarril, muchos actores han tratado de entrar en nuevas áreas de negocio a través de la integración vertical y horizontal.

Nagel (2008, P. 86) cita como ejemplos, la creación de los proveedores de servicios logísticos de sus propios ferrocarriles y la integración hacia adelante de los ferrocarriles al ofrecer transporte de carga, manipulación o servicios de primer o último kilómetro como suma a los servicios tradicionales prestados por los ferrocarriles, en el caso de la integración vertical, o el establecimiento de transitarios de transporte de mercancías por ferrocarril para la integración horizontal.

Sobre la creación de sus propios ferrocarriles, como ejemplo, citaremos el Grupo TCB, de la Terminal de Contenedores de Barcelona, que lleva a cabo acciones específicas para desarrollar el tráfico de mercancías contenerizadas por ferrocarril a través de sus filiales TCB Railway Transport y TCV Railway Transport. Este grupo, en la Península Ibérica gestiona tres terminales ferroviarias propias en Barcelona, Valencia y Gijón, y participa en la gestión de la sociedad tmZ Services S.L. que opera la terminal ferroviaria en Zaragoza. En cuanto a la integración vertical hacia delante, hemos podido comprobar al hablar de ADIF y Renfe Operadora que se está produciendo, si bien, los niveles de integración no son aún los deseables.

4.3.2. Intermodalidad

El proceso de globalización ha generado, a su vez, entre otros procesos como ya se ha visto, la internacionalización de las mercancías. Igualmente, la irrupción del contenedor, su creación se remonta a 1956, ha supuesto la emergencia de nuevos actores económicos e institucionales, asignando a cada uno de ellos un nuevo rol en las esferas del intercambio, el transporte, la distribución y la logística, como ya se ha visto[105].

Los flujos de contenedores circulan por todas las redes del sistema de transporte, configurando el sistema intermodal de transporte que relaciona los modos carretera, ferrocarril y marítimo, en interacciones producidas en instalaciones multimodales localizadas en los nodos de la red intermodal. A pesar de los problemas e ineficiencias, que se irán subsanando a medida que vaya materializando la integración de los modos de transporte y de todos los actores que intervienen, la tendencia va en alza.

Podemos afirmar, que la organización de la red europea de transporte de mercancías (al igual que la de viajeros) se orienta hacia la intermodalidad y el proceso es irreversible, porque el incremento del tráfico de contendedores, como se aprecia en el gráfico (ver gráfico 4-6), presenta una función exponencial creciente que dibuja una curva de frecuencia en forma de J.

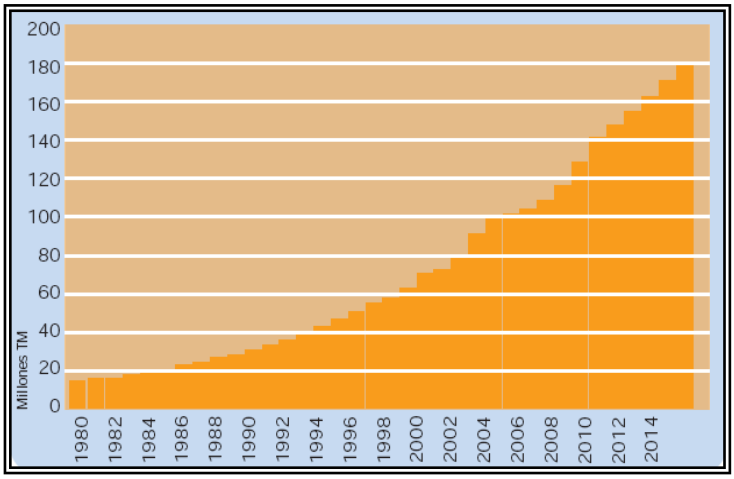
La razón la encontramos en que en la actualidad, el contenedor es la base de las transacciones internacionales y su papel en la nueva configuración geo-económica lo ha convertido en una pieza vital de la nueva economía mundial globalizada.

---

[105] El 26 de abril de 1956 en Port Neward (New Jersey, EEUU) zarpa con destino a Houston (Texas) el primer buque cargado con contenedores de 35''. Esta revolución en el transporte se debió a Malcon P. Malean, que trató de resolver los problemas planteados por las diversas regulaciones de las dimensiones y pesos de los diferentes estados, concibiendo una cadena de transporte integrado, mediante el uso de un eslabón clave normalizado, el contenedor. (López López, M. A., 1999, p. 111).

Podemos encontrar, sin embargo, antecedentes más remotos en la utilización de "contenedores" para el transporte terrestre de mercancías como los *cadres* (vehículos de tracción animal del que se desprendían las ruedas para su transporte por ferrocarril), y los *jaulones* o *harasses* (cajones de madera utilizados para el trasnporte de mercancías frágiles) (Ibidem).

Gráfico 4-6. Crecimiento reciente y pronosticado del tráfico mundial de contenedores



Fuente: UNESCAP, en Fernando Álvarez, F., 2006, p. 18

Una cuestión importante, en nuestra opinión, en cuanto al modelo intermedio de integración horizontal sobre las redes que señala Nagel (op. cit p. 26), es la comodalidad, la colaboración entre el ferrocarril y los otros modos de transporte, para el desarrollo de un sistema intermodal de transporte.

Actualmente, como ya se ha señalado, el desafío de los operadores de transporte, como exigencia de los clientes y, de estos, a los proveedores de servicios logísticos e integradores logísticos, es estructurar un sistema de transporte intermodal eficiente. El objetivo buscado es la optimización de sus cadenas de suministro. Al igual que se ha visto en las páginas dedicadas a la política de transporte de la Unión Europea, las recomendaciones y medidas que está llevando a cabo van encaminadas en la misma dirección, pero con el objetivo añadido de reequilibrar los modos de transporte, en especial la carretera, y alcanzar un desarrollo que sea sostenible. El sistema intermodal[106] es un sistema de transporte integrado por distintos modos, que constituyen una cadena de transporte de origen a destino, puerta a puerta, sin que haya manipulación de la carga en los intercambios de modo. Además de la integración de los distintos modos también integra, diferentes actores, tecnologías y culturas.

Pero no sólo esto, para que el sistema intermodal sea eficiente, conjuntamente con la colaboración entre los distintos modos, debe interactuar el sistema de transporte en conjunto con el sistema logístico, como se ha visto en las páginas anteriores. La

---

[106] El denominado **Transporte Intermodal** designa el movimiento de mercancías en una misma unidad o vehículo usando sucesivamente dos o más modos de transporte sin manipular la mercancía en los intercambios de modo.

Por extensión, el término intermodalidad se ha usado para describir un sistema de transporte en el que dos o más modos de transporte intervienen en el transporte de un envío de mercancías de forma integrada, sin procesos intermedios de carga y descarga, en una cadena de transporte puerta a puerta.

El **Transporte Multimodal** indica el movimiento de mercancías usando dos o más modos de transporte, cubierto por un contrato de transporte multimodal, entre lugares distintos. El transporte intermodal es un tipo de transporte multimodal. El concepto de Multimodalidad denota la organización del transporte mediante la simultaneidad de diferentes modos para un mismo itinerario o en uno zona geográfica concreta.

El **Transporte Combinado** es la denominación usada por la Comisión Europea para designar el transporte ¡ntermodal de mercancías entre estados miembros de la Unión Europea en el cual los recorridos principales se realizan habitualmente en tren, vía navegable o travesía marítima y con el mínimo recorrido posible por carretera, exclusivamente, en la etapa inicial y la final.

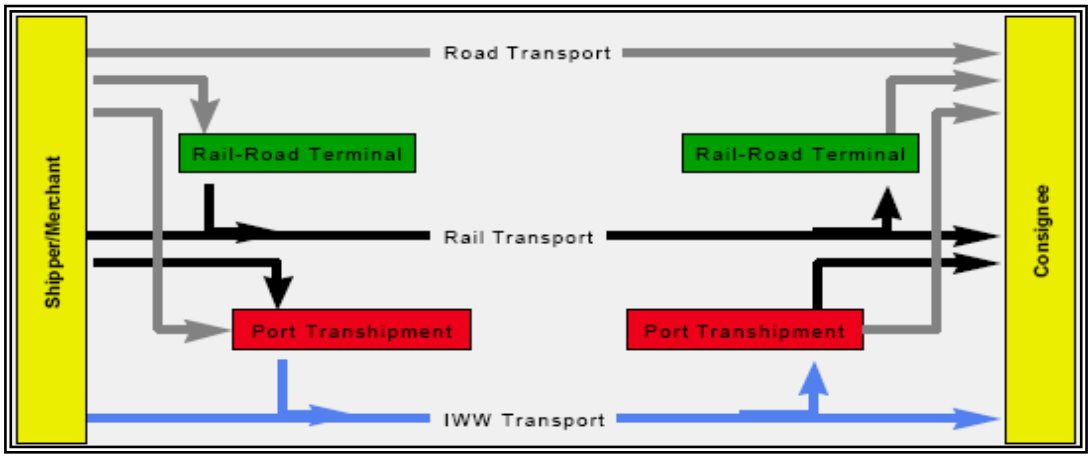
El Transporte Combinado Acompañado hace referencia al transporte de un vehículo de transporte por carretera entero (o de UTIs), es decir, cabeza tractora y semirremolque, acompañado por el conductor utilizando otro modo de transporte (por ejemplo, ferry o tren). Por su parte, se denomina no acompañado cuando no viaja con el conductor. Fuente: Fundación Cetmo (2003, ficha 5, p. 10)

El término de transporte multimodal fue introducido por primera vez en la Convención de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) de 1980.

utilización de las máximas ventajas que ofrece cada modo de transporte, minimizando las desventajas, son el pilar en el que se asientan esos objetivos.

Así, está constatado que el transporte intermodal descongestiona el tráfico de las carreteras y mejora la seguridad. También reduce los tiempos de viaje y mejora la calidad del mismo, por el servicio puerta a puerta, entre otros beneficios, potenciando el desarrollo logístico del transporte. Por último, señalaremos que este tipo de transporte reduce la contaminación atmosférica y propicia el ahorro energético.

Figura 4-36. Estructuración de las cadenas de transporte integrado (intermodal)



Fuente: Krupp Fördertechnik GmbH, (Coord.), 2000, fig. 2/2, p. 15

En la figura (ver figura 4-36), se muestra la estructura de de una cadena de transporte intermodal con los modos carretera, ferrocarril y marítimo, esto es, una cadena trimodal, por ejemplo, en el caso de las cadenas de transporte intercontinental. En las cadenas continentales son habituales las cadenas bimodales mediante la combinación carretera-ferrocarril entre los centros de producción y consumo alejados de las costas, y también las cadenas bimodales carretera-mar o ferrocarril-mar, entre los centros de producción y consumo del interior y las puertas de entrada/salida (*gateway*) situadas en ellas[107].

En nuestro caso, la atención se centra en la bimodalidad ferrocarril-carretera y ferrocarril-mar, a la que cabría añadir la cadena trimodal de la figura anterior. No consideramos como transporte intermodal, los acarreos, que son los flujos capilares, de recepción y entrega de contenedores (y otras mercancías), por el modo carretera en los *hubs* o terminales intermodales, puesto que es lo habitual y las distancias recorridas son pequeñas, aproximadamente 50 kilómetros.

El transporte intermodal más extendido y conocido es el que utiliza el contenedor como unidad de carga en todos los modos de transporte. Sin embargo, también se consideran como transporte intermodal los trenes puros en los que se cargan sobre plataformas, o bogies especiales, otro tipo de unidades de carga, camiones y semirremolques, con o sin cabeza tractora, para el transporte de mercancías. Es el denominado transporte bimodal[108]. En este tipo de transporte carretera-ferocarril, encontramos diferentes técnicas de transporte multimodales:

---

[107] Señalaremos, que en el caso del modo aéreo la intermodalidad con el modo ferrocarril es muy complicada (no así en el caso del subsistema de viajeros), porque un tren con una carga media, más bien baja, pueden ser 500-600 Tm, y la carga de una aeronave es sensiblemente inferior. El avión con la carga máxima mayor del mundo, el Antonov An-225, admite una carga máxima de 250 Tm, por ello, la intermodalidad ferrocarril-aire, es de difícil desarrollo para que sea competitiva y rentable. Por su parte, la intermodaldidad aérea-marítima es inexistente, sin embargo, si es importante la intermodalidad del modo carretera y aéreo, para determinadas mercancías de poco peso y alto valor.

[108] En francés *ferrutage* y en inglés *piggyback traffic* o *rail-road transport.*

- El *vagón-poche*, que consiste en situar el semirremolque sobre un vagón cuya caja se sitúa a sólamente 27 centímetros de la cabeza del carril.
- La carretera rodante, muy utilizada para atravesar los Alpes. Se fundamenta en dotar a los vagones de pequeñas ruedas que permiten situar el piso del vagón a una altura inferior a 40 centímetros de la cabeza del rail, embarcándose el camión entero, es acompañado.
- El RoadRailer, es un sistema muy utilizado en Estados Unidos y que se experimenta en Europa. Radica en apoyar la caja del semiremolque sobre dos bogies ferroviarios especiales, no va acompañado.
- El sistema Moldalorh, basada en vagón del mismo nombre, es la técnica más reciente, consta de dos vagones-caja rebajadas sobre tres bogies estándar que pueden recibir un semiremolque y a dos cabezas tractoras, es acompañado.

Cuadro 4-4. Análisis DAFO del transporte combinado carretera-ferrocarril

Situación interna	Situación externa
DEBILIDADES	**AMENAZAS**
Excesiva segmentación de los operadores. Aumento del precio del transporte combinado por encima del IPC, mientras que las tarifas del transporte por carretera se mantienen. Rigidez de las decisiones de inversión. Calidad de servicio muy inferior al transporte por carretera y al transporte marítimo de corta distancia (la velocidad media de un transporte de mercancías por ferrocarril es de 18 km/h.) Las principales terminales se encuentran próximas a la saturación (por ejemplo, BCN-Morrot y Madrid-Abroñigal) y, por el contrario, existe gran número de terminales con poco tráfico. La red francesa está próxima al colapso y, por lo tanto, es difícil aumentar las circulaciones actualmente existentes. Dispersión de responsabilidades a la hora de operar las distintas redes nacionales. No unificación hispano-europea en lo referido a longitud y carga de los convoyes ferroviarios.	Gran competencia de otros modos, sobretodo de la carretera. Inexistencia de ayudas públicas para el desarrollo del transporte combinado. Prioridad para el tráfico de viajeros a la hora de asignar franjas horarias en la circulación de los trenes. Tanto la mejora como la nueva construcción de infraestructura se hace pensando más en el transporte de viajeros que en el de mercancías. Carencia de suelo a precios asequibles para la creación y desarrollo de nuevas terminales. El gran número de agentes dificulta el desarrollo de nuevas iniciativas.
FORTALEZAS	**OPORTUNIDADES**
Posible aumento de la cuota de mercado, sobretodo teniendo en cuenta que el tráfico internacional de mercancías seguirá creciendo en los próximos años. Capacidad de los distintos operadores para adaptarse a las necesidades de los distintos clientes y mercados. Innovación tecnológica creciente dentro del sector. Desarrollo de planes para el fomento de prácticas de calidad en los servicios de transporte y con los clientes. Es un medio de transporte menos agresivo ambientalmente que el transporte por carretera.	Crecimiento esperado del transporte de mercancías superior en un 1-2% al del PIB español. Incremento de los costes del transporte debido a la internalización de los costes externos de la carretera. Incremento de los costes del transporte por carretera debido a la armonización fiscal y laboral en la UE. Presión medioambiental de la sociedad sobre el transporte por carretera. Aplicación por parte de la UE de políticas destinadas a potenciar los modos de transporte alternativos al transporte por carretera. Posible repercusión en España de actuaciones llevadas a cabo en otros países europeos destinadas a priorizar el transporte combinado. Desarrollo por parte de la UE de los paquetes ferroviarios para la mejora de la interoperabilidad y la progresiva liberalización de la red europea.

Fuente: Fundación CETMO (2004), p.94.

En el cuadro anterior (ver cuadro 4-4), se presenta el análisis DAFO incluido en el estudio elaborado por SPIM para el Ministerio de Fomento en 1999, *Presente y Futuro del Transporte Combinado en España*. Viene citado en el estudio de la Fundación Cetmo (2004).

En el mencionado documento de la Fundación Cetmo se señala que algunos de los factores descritos en el DAFO pueden haber variado en el tiempo transcurrido desde su elaboración, si bien, en nuestra opinión la mayoría de los factores mantienen su validez.

En cuanto al transporte intermodal carretera y ferrocarril con el modo marítimo destacaremos el Transporte Marítimo de Corta Distancia (*Short See Shipping*). Según la Unión Europea, este tipo es el transporte de mercancías y pasajeros entre puertos de la Unión o entre éstos y puertos no europeos de países ribereños del mar Mediterráneo, Negro y Báltico y de Noruega e Islandia. Incluye tráfico nacional e internacional a lo largo de la costa, y hacia y desde las islas, los ríos y los lagos.

El Transporte Marítimo de Corta Distancia[109] debe responder a una serie de requisitos básicos, como son las buenas conexiones con un hinterland intermodal, un transporte mayoritariamente especializado en tráfico Ro-Ro (*Roll on/Roll off*)[110], una velocidad mínima en los buques, una alta frecuencia con un mínimo de salidas semanales y ofrecer la máxima fiabilidad aportando, al mismo tiempo, una mejora significativa de los costes de la cadena logística.

A su vez, existen elementos críticos para su puesta en marcha que hay que tener en cuenta: redes coherentes e interconexiones eficaces, la consolidación de los flujos, la calidad del conjunto de la cadena de transporte, el compromiso de todos los elementos de la cadena de suministro y la compatibilidad con las otras vías de transporte hacia un modelo multimodal[111]. Pero es necesario subrayar que la logística influenciará el futuro desarrollo del transporte intermodal presentando oportunidades y retos.

Por lo tanto, para poder competir con otros modos de transporte, el transporte intermodal necesita aplicar conceptos sofisticados de la logística y usar sistemas de información avanzados. Los requisitos del servicio son el mayor reto a esa modalidad de transporte, porque las tendencias logísticas conducen a niveles de servicio y de calidad, más estrictos y exigentes.

En un entorno operativo con un mayor número de pequeños envíos, con necesidades de mayores frecuencias de transporte y con la previsión del aumento del volumen de flujos de mercancías transportados a más largas distancias, un mercado que el transporte intermodal casi ha perdido totalmente. A este respecto, es reseñable el transporte urbano de mercancías que se está experimentando en varias ciudades europeas para distribuir las mercancías hasta el cliente en el centro urbano de las ciudades, si bien, en Francia todavía se usa el ferrocarril tradicional, por ejemplo, para la distribución alimentaria en París.

Un estudio del Instituto Británico de Logística y Transporte (CILT) concluye que se podría detener el declive del transporte de mercancías utilizando el ferrocarril en el último tramo de la cadena de distribución. Robinson y Mortimer (2008, p. 2), del citado Instituto, señalan en su artículo, que el ferrocarril debe incluir sistemas *just in time*, para el tráfico de mercancías, plurimodal en su planificación interna y en sus operaciones, con una capacidad de respuesta a los cambios de la demanda rápida, mediante trenes más pequeños, autopropulsados y bidireccionales, que circulen a mayor velocidad y con mayores frecuencias.

---

[109] Para la comparación de esta técnica de transporte marítimo con la carretera, el ferrocarril y la navegación fluvial, ver British Maritime Technology Ltd. (coord.) (2006).

[110] El tráfico Ro-Ro (acrónimo de *Roll on/Roll off*), corresponde al que llevan a cabo buques especializados en tráfico rodado, como automóviles, camiones y trailers, y trenes.

[111] Las ventajas e inconvenientes del Transporte Marítimo de Corta Distancia se pueden ver en el estudio de la fudación Fundación CETMO (2004), p.80. Sobre las barreras al desarrollo de esta modalidad de transporte ver Conseil Nacional des Transports, 2005, p. 64-65.

También, señalan los autores que se debería impulsar la investigación para poder utilizar contenedores más pequeños en el transporte urbano y que, al ser recorridos muy cortos, habría que modificar la metodología actual de las operaciones ferroviarias. En Gran Bretaña, por ejemplo, se están realizando pruebas de un sistema denominado "TracTruc", trenes con una composición de 5 a 7 bogies, con pequeñas cabezas tractoras bidireccionales que tienen alta potencia y desarrollan una gran aceleración.

Tales formaciones podrían operar en pequeñas terminales cercanas a los centros de la ciudad o a otros tipos de centros de demanda urbanos, como polígonos industriales o comerciales (Ibidem, p. 3). Otro ejemplo de estas innovaciones es la tecnología "CargoSpeed", diseñada para la carga directa de camiones de tres ejes. Los vagones de esta modalidad pueden operar en formaciones tradicionales con locomotoras convencionales o en pequeños trenes autopropulsados y bidireccionales.

También la iniciativa de la ciudad de Dusseldorf con el apoyo al transporte desde los puertos cercanos (Rótterdam, Amberes, Zeebrügge, Hamburgo y Bremerhaven) por medio de trenes directos plurimodales como medio para restringir el saturado tráfico de camiones en las carreteras de la zona. (Ibidem, p. 4). Por último, señalaremos, que además del ferrocarril, existen otros sistemas de transporte público que estudian la distribución urbana de mercancías como el metro de Amberes, y los tranvías de Viena (Güterbim) y de Dresde (CarGo Tramp). Todavía más innovador es el sistema de recogida de basuras que se está estudiando para el tranvía de Zurich (Ibidem, pp. 6-9).

Continuando con las barreras a la intermodadlidad, otro factor que dificulta el desarrollo del sistema intermodal son los numerosos actores que intervienen en la cadena de transporte intermodal y las dificultades en la transmisión del flujo de información entre todos ellos. Así, en el sistema intermodal podemos encontrar cargadores, destinatarios, operadores logísticos, transportistas, los proveedores de servicios logísticos, operadores intermodales (de puerta a puerta), empresas ferroviarias, operadores de barcos, compañías navieras, operadores de terminales intermodales (en las terminales), transitarios, etc.

No obstante, los avances en las Tecnologías de la Información y la Comunicación, ofrecen buenas posibilidades para la formulación de planes y para la coordinación de las actividades mejorando la competitividad del transporte intermodal. Para ello son necesarios sistemas armonizados para la comunicación electrónica entre los diferentes eslabones de la cadena de transporte. Además, un factor que obstaculiza el uso más amplio del transporte intermodal en las distancias más cortas es el transbordo, como consecuencia del encarecimiento de los costes totales del transporte, al ser un gasto fijo no sujeto a las economías de escala.

Por ello un aspecto importante para la eficiencia de este modo de transporte es la mejora de la conexión a los puntos nodales para evitar manipulaciones innecesarias o rupturas de carga. Pero también la adaptación de los horarios de las terminales de los trenes y buques, y la armonización de los planes de transporte de los diferentes modos.

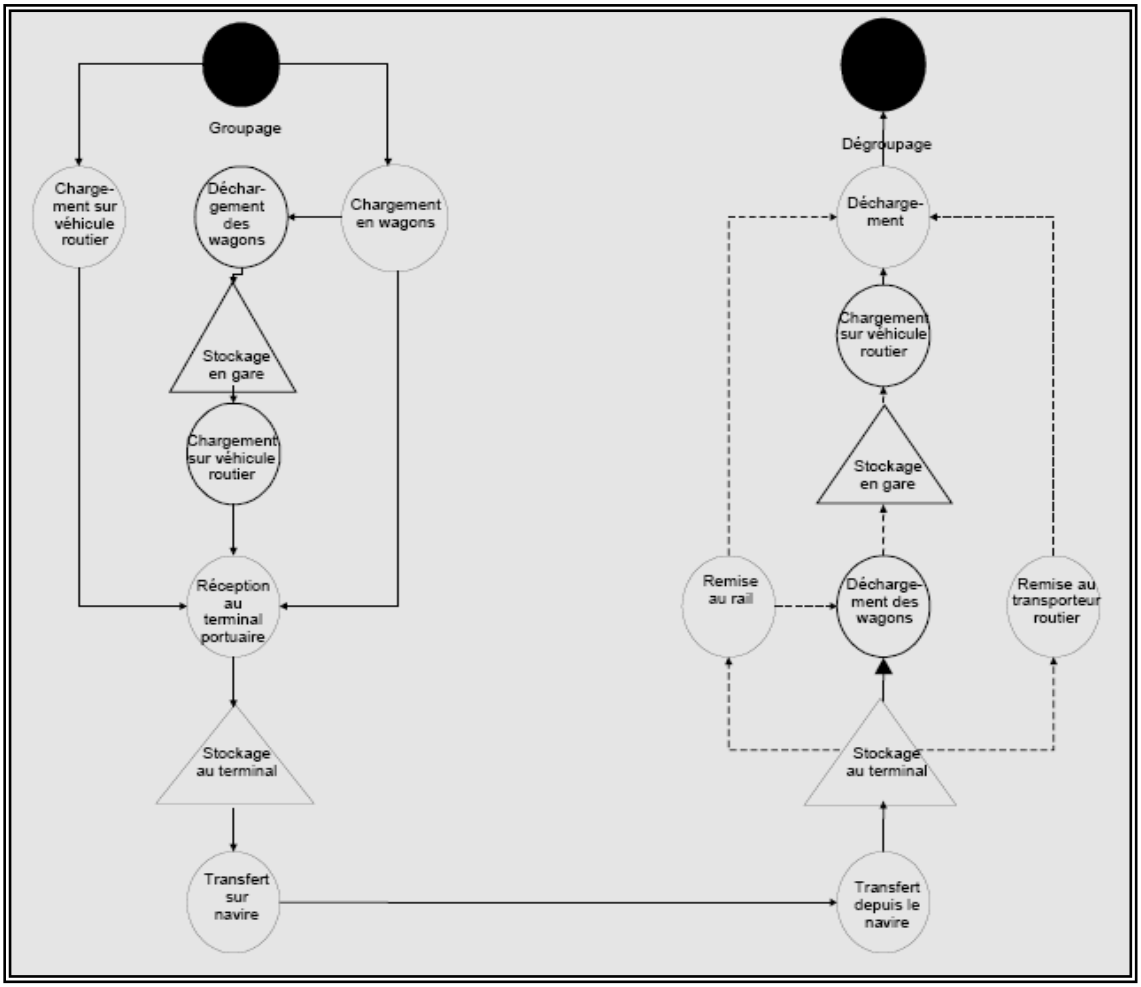
En la figura (ver figura 4-37) podemos apreciar los nodos y *hubs* de la red intermodal donde se producirán todas las operaciones relacionadas con el sistema logístico y de transporte. Muestra un cierto nivel de desagregación de los elementos de la cadena intermodal, si bien, podría ser mayor. Se trata de aislar las actividades de intercambio intermodal diferentes, para de esta forma, poder apreciar el impacto de cada actuación de la cadena completa.

También señalaremos que las instalaciones de los nodos tienen que estar estandardizadas para ofrecer servicios eficientes y facilitar las operaciones con otros nodos. Los eslabones que conectan los puntos nodales para formar la red de la logística serán más eficientes cuanto más se facilite el transporte, con las menores interrupciones y tiempos perdidos posibles.

Es necesario destacar que la Unidad de Transporte Intermodal (UTI) [112], el contenedor, es el elemento fundamental del sistema intermodal de mercancías, aunque también existe otra unidad como la caja móvil[113] y, como se ha visto los camiones y semirremolques.

Por sus características, el contenedor admite diversos tipos de mercancías y facilita un trasiego cómodo y rápido entre modos, sin rupturas de carga, permitiendo la mecanización de las operaciones de carga y descarga. Además, garantiza la seguridad de la carga y facilitando la estandarización y la homogeneización normativa.

Figura 4-37. Actividades intermodales



Fuente: Organisation de Coopération et de Développement Économiques, 2002a, fig. 4.1, p. 50.

[112] Las Unidades de Transporte Intermodal de los modos ferrocarril, marítimo y de carretera son estándar para los tres modos y el intercambio entre ellos no presenta problemas a este respecto. No ocurre lo mismo con las unidades utilizadas en el modo aéreo (*Unit Load Devicce*, ULD), que tienen características muy diferentes. Esto se añade a lo señalado en la nota 107, para dificultar la intermodalidad con el modo aéreo. Sobre los tipos de contenedores de los modos ferrocarril, marítimo y carretera (ver anexo 1).

[113] Una caja móvil es un contenedor que según la norma EN 283: 1991 tiene unas características determinadas: una resistencia mecánica concebida únicamente para el transporte sobre un vagón o un vehículo en tráfico terrestre o embarcados estos en un buque, no es apilable a diferencia de los contenedores que sí lo son y puede ser transferida del vehículo de carretera sobre soportes y vuelta a cargar por los propios medios a bordo de otro vehículo.

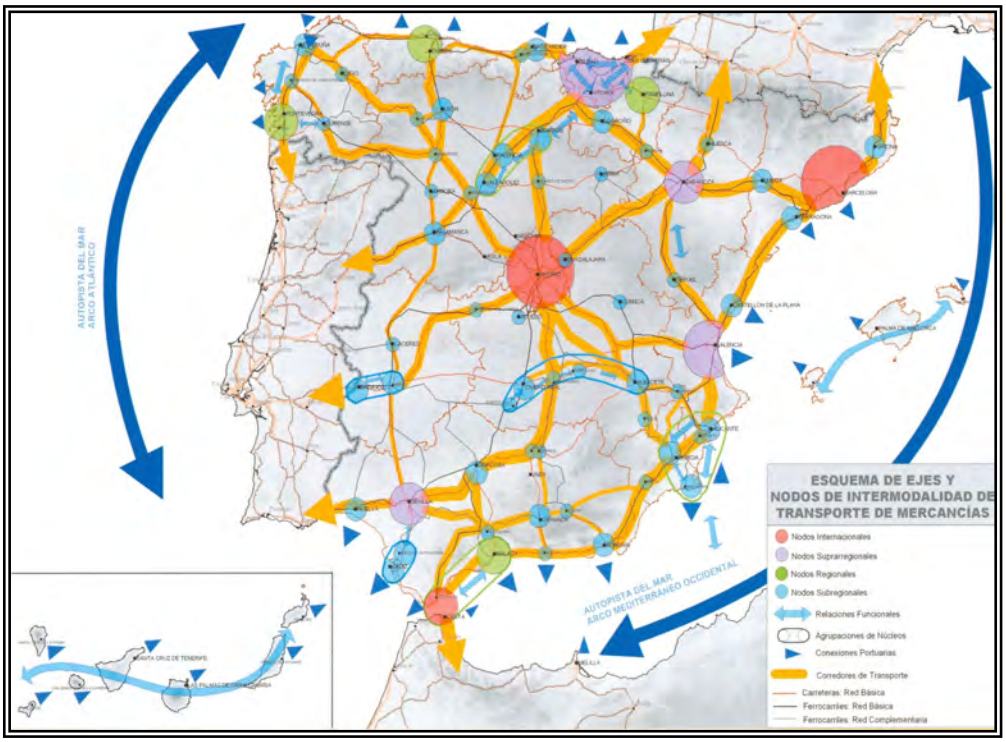
Si embargo, es sabido que hay una carencia en la estandarización de las unidades de cargamento, en los sistemas de información, en las reglas administrativas y en los procedimientos, si bien se trabaja en todas estas cuestiones para poder mejorar el sistema intermodal. También son necesarios procedimientos más flexibles y simplificados que eviten los estrangulamientos administrativos y que se puedan determinar las responsabilidades en caso de daños o pérdidas.

Además, se evidencian necesidades en la comercialización y en la información del servicio puerta a puerta. Por último, es necesario solucionar el problema de la percepción que tienen los clientes sobre la fiabilidad del sistema ferroviario en gran número de países y regiones. Por otra parte, puntualizaremos que los elementos del sistema intermodal no constituyen un sistema propio como los de otros modos, sino que surge de la integración de los de estos y de su interacción, formando una superred, por la que los flujos intermodales o multimodales fluyen.

La superred intermodal, como todas las redes también esta constituida por nodos y arcos (ver mapa 4-3). Sin embargo, ambos elementos estructurales son más complejos que los de las otras redes, no sólo por la propia integración de las diferentes redes y las interacciones que se establecen entre sus elementos, sino porque esta modalidad de sistema requiere una mayor sincronización de sus mecanismos tanto en los nodos como en los arcos.

En cuanto a los nodos intermodales, nos centraremos en las terminales intermodales ya que son los puntos de intercambio modal. Existen terminales intermodales diseminadas por los territorios en los principales nodos de comunicaciones, dotados de una excepcional situación geográfica y en los más importantes corredores de transporte que vertebran el territorio. También de localizan en el interior de los puertos, de las plataformas logísticas, de zonas de actividad logística (ZAL) y de polos logísticos.

Mapa 4-3. Esquema de ejes y nodos de intermodalidad de transporte de mercancías



Fuente: PEIT, 2004, figura 28, p.110.

Las Plataformas Logísticas, las ZAL y los polos logísticos, se sitúan en los centros de producción y consumo más importantes; por ello, existe una gran demanda de estas

infraestructuras y planes para el desarrollo de una red de plataformas a escalas nacionales y de la Unión Europea.

El primer contacto con la noción de Plataforma Logística surge del propio concepto. La primera palabra, el sustantivo plataforma, significa base o elemento de apoyo, lo que le confiere un carácter territorial; podríamos decir que se trata de un elemento o infraestructura implantada físicamente en el territorio que sirve de base a alguna actividad humana. La segunda palabra, el adjetivo logística, le atribuye una cualidad o función logística al sustantivo plataforma.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que nos movemos en el contexto de las actividades económicas, en concreto, la del transporte y la distribución física de mercancías. Por lo tanto, podríamos definir en una primera aproximación una plataforma logística como una infraestructura implantada físicamente sobre el territorio en la que se desarrollan funciones logísticas y que sirve de base al transporte y la distribución de mercancías.

Una plataforma logística sería un espacio accesible e intermodal, conectado a distintas infraestructuras de transporte, y dotado de diversas instalaciones y equipamientos, que ofrecería servicios al transporte, logísticos, técnicos, complementarios y comerciales. En ellas se produce la ruptura de las cadenas modales de transporte, incluso, en algunos casos la ruptura de carga, y un incremento de valor en la cadena de suministro.

Señalaremos, que una de sus características fundamentales es la alta eficiencia en el transporte, al reducir los costes de transporte entre los modos y centros de distribución y almacenes. Pero también, los avanzados sistemas de comunicaciones facilitarán la interacción e información entre todos los actores de las cadenas de suministro y del sistema de transporte.

Estos espacios funcionan como nodos donde se concentran actividades que añaden valor a las cadenas logísticas y juegan un papel decisivo en la estructura logística, en la racionalización de flujos y en la gestión de la movilidad de bienes y mercancías.

Así, los cinco grandes grupos de funciones que desarrollan las plataformas logísticas seran, funciones logísticas, funciones de servicio a los vehículos y tripulaciones, funciones administrativas, funciones comerciales y funciones de intercambio modal.

Savy (1993, p. 129) considera las plataformas logísticas como “un objeto técnico nuevo” que surge hacia principios de los años ochenta del pasado siglo. Para él son lugares de reunión de las diversas funciones de las cadenas de transporte modernas, tales como el transporte en sus diferentes fracciones de la recogida, la tracción, la distribución, los servicios al transporte, otras operaciones técnicas de estocaje, mantenimiento, selección de mercancías, y las operaciones administrativas y organizativas que las acompañan.

La estructura de las plataformas logísticas, esta conformada por dos elementos, el centro, la Plataforma Logística propiamente dicha y su área de influencia. Referente al centro, diremos que corresponde a la implantación física sobre el territorio, dentro de un área perfectamente delimitada, de las instalaciones e infraestructuras necesarias para la actividad de la plataforma logística, es la plataforma propiamente dicha. Esta área va a estar zonificada según las funciones que se van a desarrollar.

Sin embargo, señalaremos que las funciones de las plataformas logísticas han sufrido una evolución funcional en el tiempo, que no es homogénea ni equiparable en los distintos países, y posiblemente, seguirán evolucionando en el futuro. La consecuencia es que existe una superposición de tipologías de plataformas logísticas.

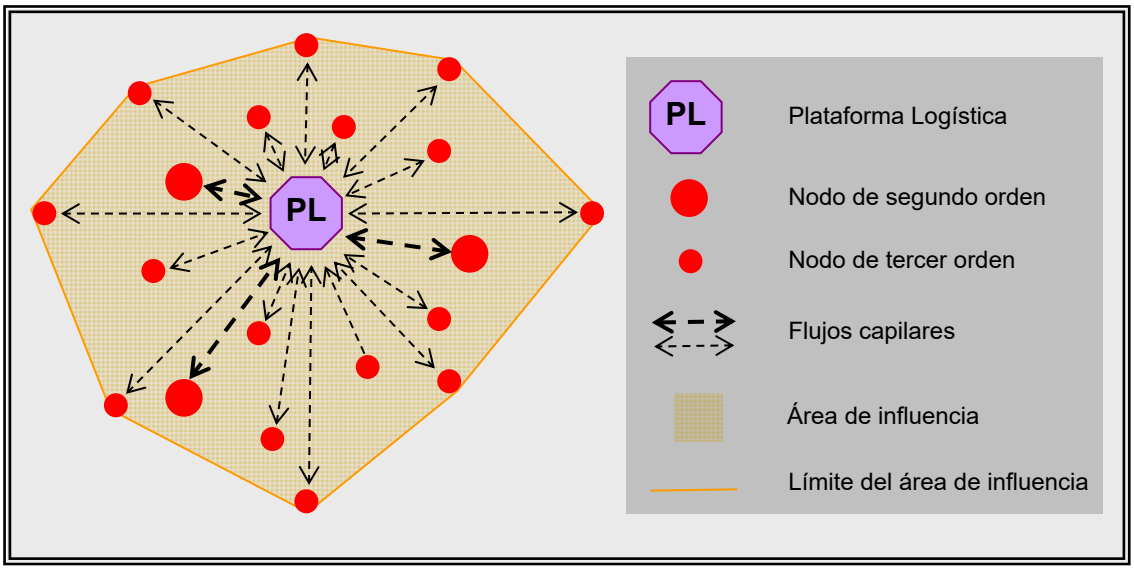
Además de la zonificación en función de sus actividades, en el interior de la plataforma logística hay una serie de elementos, que para Camarero (2000), van a condicionar sus características técnicas. Destacamos tres de estos elementos por su importancia en la ordenación de las zonas de la Plataforma:

- Los accesos exteriores e interiores: el diseño de los accesos exteriores va a estar definido por las características físicas y geométricas de la plataforma y, sobre todo por las características de las vías de comunicación externas. Los accesos interiores han de permitir la circulación del camión tipo, así como, al menos el cruce de dos camiones en sentido contrario.
- La circulación interior: debe tener amplias zonas para el estacionamiento de vehículos pesados y turismos que no interfieran el tráfico, también debe estar perfectamente señalizada.
- Zonas de carga y descarga: normalmente la carga y descarga de la mercancía se realiza en muelles, que pueden ser a nivel o elevados y un número suficiente de dársenas. Existen diferentes tipos de muelles al objeto de adaptarse a las diferentes situaciones que pueden darse en los vehículos que acceden a la Plataforma.

En relación con el área de influencia de un determinado bien o servicio, como ya se ha visto, es un concepto muy importante que representa la variación de la demanda en el espacio de dicho producto, cuya oferta o prestación se lleva a cabo desde un establecimiento conocido y con una localización que coincide con el origen o centro de atracción del área de mercado. De este modo, podemos establecer una correlación entre el área de mercado y el área de influencia, esto es, el *hinterland*, de un determinado establecimiento y para un producto o prestación de servicios conocidos.

El concepto de área de mercado, aplicado a una Plataforma Logística, nos servirá para definir el área de influencia. Se puede enfocar desde dos puntos de vista distintos y, si bien, ambos son complementarios, la estructura de los flujos no es coincidente. El primer punto de vista se trataría de un enfoque centrífugo y el segundo centrípeto. En el primer caso, se tratará de los flujos capilares expedidos hacia la plataforma logística, en el segundo serán, los flujos capilares expedidos desde la plataforma hasta los puntos de destino (ver figura 4-38 y anexo 5).

Figura 4-38. Área de influencia de una plataforma logística



Elaboración propia

El área de influencia será la superficie delimitada por la isolínea que conecta los puntos de origen y destino más alejados en todas las direcciones y que reciban y envíen sus mercancías a la plataforma logística. Ambas áreas, tomadas de esta forma desagregada, para facilitar el estudio de la estructura de los flujos y de las interacciones espaciales, podrían no coincidir, pero el área de influencia seguiría siendo la misma, porque se trata de tomar los puntos más alejados que interaccionan con la plataforma.

Hay que tener en cuenta que las Plataformas Logísticas son un servicio muy especializado, de alto rango, orientado a las empresas e industrias, por lo tanto, los empresarios van a estar dispuestos a recorrer más distancia en tiempo o precio para adquirir este servicio, dependerá de la sensibilidad de la mercancía a pesar de la fricción de la distancia.

Como hemos visto, los resultados de las encuestas con el método de las preferencias declaradas, señalan, en principio, que el empresario tratará de minimizar los costes de transporte dado que le otorgan el valor más alto, por lo tanto, los servicios de la plataforma logística más cercana. Esto implica, que el consumo del servicio de la plataforma logística estará en función del coste desde el lugar de producción del bien hasta la plataforma logística (al que se le añadirían los costes del servicio en la Terminal).

Como el coste se va a incrementar con la distancia, la demanda va a disminuir hasta hacerse nula, lo que se ejemplifica mediante el cono de Demanda. No obstante la dotación de servicios y la accesibilidad de la plataforma logística, así como las decisiones de los empresarios pueden alterar el funcionamiento del modelo en el sentido de no elegir la plataforma más cercana, porque, como han manifestado las preferencias declaradas, no siempre es el coste el factor más importante, dando más importancia a otros factores cualitativos.

También es necesario tener en cuenta que en la realidad el cono de demanda no va a ser un círculo perfecto. Este modelo sufrirá distorsiones relacionadas con el medio físico y con la accesibilidad de la plataforma logística. Señalaremos, que Niérat, mediante la búsqueda de todos los lugares donde el transporte intermodal ofrece el medio de transporte más competitivo, el área de mercado de una Terminal de ferrocarril esta definida (Niérat, 1997, p. 109). Utiliza el análisis macroeconómico y aplica conceptualmente la Teoría Espacial para construir el área de mercado, de la que señala, que es todavía pertiente (Ibidem, p. 112)[114].

Para este autor (Ibidem, pp. 113-116), los factores que influencian el área de mercado de la terminal intermodal son la tasa de camiones vacíos y el número de operciones de entrega y recogida. También el peso de las mercancías, el equilibrio del tráfico y los descuentos en los precios. Por último señala que la longitud de la longitud del recorrido por ferrocarril; sobre ello, dice que en una región industrial concentrada el transporte intermodal puede ser competitivo en las distancias cortas, por el contrario, si es dispersa, el transporte intermodal puede ser competitivo sobre las largas distancias.

Muy relacionada con el área de influencia hay otra cuestión asimismo importante, el punto de ruptura (*market break poin*t). Este punto delimita la frontera entre dos áreas de influencia. Estableciéndolo, se puede visualizar, si se da el caso, de que haya puntos que queden fuera del área de influencia de la plataforma logística considerada (ver figura 4-39). También, puede ocurrir que el punto considerado esté en límite o próximo a él, incluso que se encuentre sobre áreas de influencia superpuestas, las denominadas áreas de indiferencia.

Esta cuestión implicará para el empresario, tener que decidir si lleva sus mercancías a una determinada plataforma o bien, si las lleva a otra, que aunque esté más alejada, por ejemplo, se localice en el sentido del encaminamiento que deberán llevar las mercancías o, a causa de la especialización de los servicios de esa plataforma u otro tipo de consideraciones, le hagan tomar esa decisión.

---

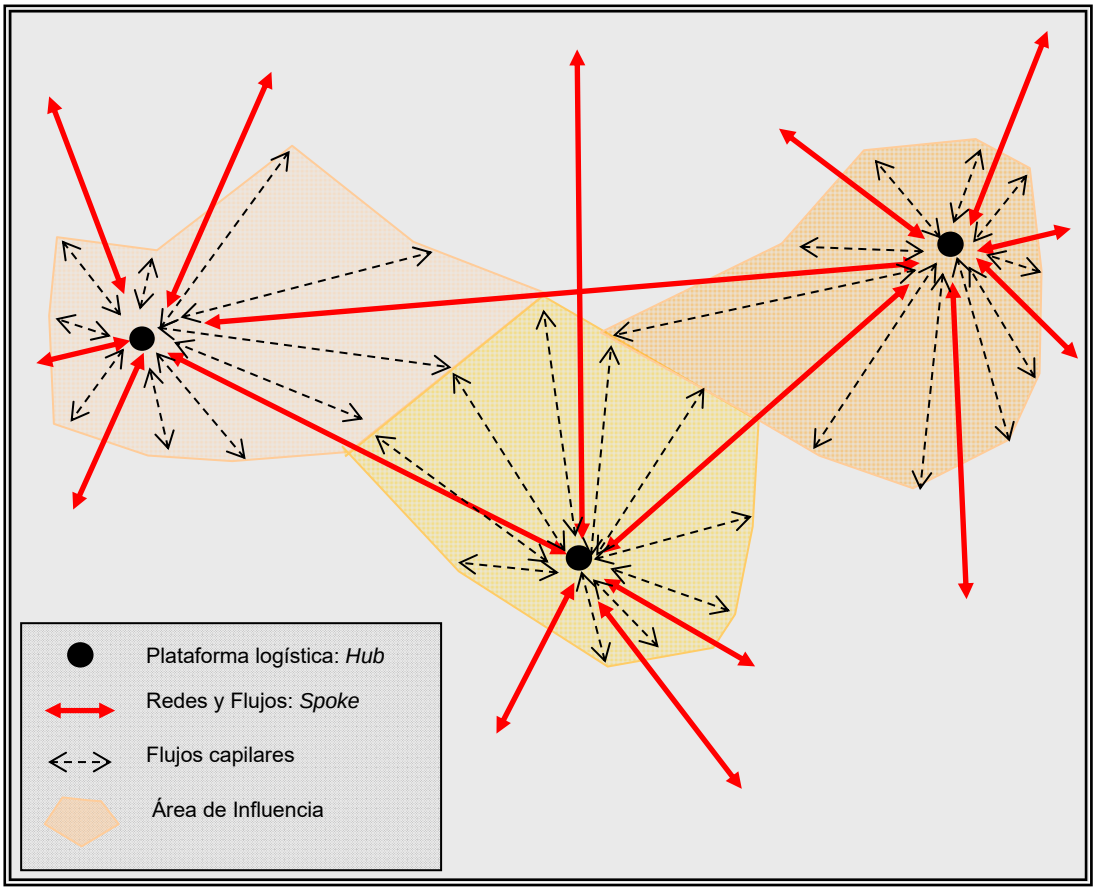
[114] Sobre la forma, general, elíptica e hiperbólica del área de influencia de las terminales y *hubs* intermodales, además del cálculo de su tamaño es interesante consultar a Limbourg, S. (2007).

En nuestro estudio no vamos a realizar una estimación del área de influencia de la plataforma logística Zaragoza Plaza, si bien, por su gran interés, se realizará en un trabajo posterior. Una primera aproximación desde los modelos gravitatorios se presenta en el anexo 5, aunque, es conveniente revisarla y dearrollarla.

Por otra parte, el origen funcional de las plataformas logísticas lo podemos encontrar en la aplicación del multimodalismo o multimodalidad a la cadena de transporte que tuvo su origen en Estados Unidos como consecuencia de la liberalización del transporte en 1981.

Se agruparon los operadores procedentes del medio marítimo, del ferrocarril y de la carretera en los "Servicios de Valor Añadido" (VAS, *Value Added Service*), que ofrecían a los clientes un conjunto de operaciones logísticas capaces de aumentar el valor de la mercancía gracias a una mejor posición frente a las evoluciones del mercado.

Figura 4-39. Área de influencia de las plataformas logísticas en una red hub and spoke



Elaboración propia

Puntualizaremos, que "En la evolución del concepto de Plataforma Logística (o infraestructura nodal de transporte de mercancías) se ha pasado de la Plataforma Monomodal (donde sólo existe un modo de transporte), a Plataforma Logística Multimodal, donde coexisten al menos dos modos de transporte. Entre ambos modos no tienen porque realizarse obligatoriamente operaciones intermodales, aunque en la mayoría de las Plataformas Logísticas europeas de última generación el concepto de intermodalidad es intrínseco al de Plataforma Logística... " . (SPIM, 1999).

En España tienen su antecedente en los Centros y Ciudades del Transporte que comenzaron a desarrollarse hace algunas décadas, en los años ochenta del pasado siglo; si bien, su funcionalidad, que no incluía la logística, y orientación al modo carretera hace que no se puedan incluir estrictamente en el concepto de plataforma logística. Será en la década de los noventa del pasado siglo cuando se implanten las primeras plataformas logísticas propiamente dichas.

Sin embargo, como ya hemos mencionado, existe en la actualidad una superposición de tipologías. Entre las dedicadas a un único modo de transporte podemos encontrar los centros de carretera o centros de servicios al transporte, los centros de distribución urbana o *city-logistics*, los parques de distribución o *distriparks y los centros de transporte*.

En cuanto a las que utilizan más de un modo de transporte, tenemos las zonas de actividad logística portuaria (ZAL), los centros de carga aérea, los puertos secos y las plataformas logísticas multimodales.

Actualmente, las plataformas logísticas son elementos del sistema económico que favorecen la competitividad de las empresas y de los territorios. Así, desde nuestro punto de vista, una de las iniciativas dentro de las políticas de desarrollo local y regional que adquiere una especial relevancia en los tiempos globalizadores actuales es la implantación de plataformas logísticas.

En ellas encontramos de forma ecléctica, en nuestra opinión, las tres generaciones de políticas de desarrollo regional y local que señala Vázquez Barquero (1999, pp. 728-729)[115], ya que son infraestructuras de apoyo al transporte y a la distribución que estimulan la localización de empresas y que fomentan el desarrollo de los recursos, entre otros, los inmateriales como, por ejemplo, la innovación tecnológica y la creación de redes de empresas, con el enriquecimiento que supone el intercambio en la experiencia de gestión y el mejor aprovechamiento de los recursos.

Los objetivos estratégicos actuales de la implantación de plataformas logísticas, hay que enmarcarlos en la política de transportes de la Unión Europea que trata, por una parte, de articular un sistema de movilidad sostenible que, según Zaragoza (2000, p. 117), se entendería como "una organización de los transportes que optimice el consumo de energía, los plazos, los trayectos y las condiciones del transporte." .Por otra parte, la ordenación del territorio, mediante el control del tráfico pesado y la liberación de suelo urbano para otros usos.

Las razones de la importancia de las plataformas logística se derivan de que son punto de encuentro entre distintas actividades económicas, empresas, administraciones, agentes económicos, instituciones, organizaciones, infraestructuras, modos de transporte y territorio. Entre estos elementos del sistema territorial se establecen relaciones complejas que dan como resultado potentes sinergias que favorecen la competitividad y la actividad económica, tanto de las empresas en ellas instaladas como del territorio en el que se asientan. Son un eficaz instrumento de ordenación del territorio.

---

[115] Siguiendo a Vázquez (1999, p. 728-729) actualmente, en los tiempos de la globalización, nos encontraríamos ante la tercera generación de estas políticas, siendo las tres generaciones las siguientes:

1ª Generación: Orientadas, sobre todo, a la creación de infraestructuras y a estimular la localización de empresas mediante incentivos.

2ª Generación: Pusieron el acento en las iniciativas que fomentan el desarrollo de los recursos inmateriales del desarrollo a través de instrumentos como las incubadoras de empresas, los centros de empresas e innovación, los institutos tecnológicos o los centros de formación.

3ª Generación: Dan preferencia a las iniciativas que favorecen el surgimiento y el desarrollo de redes entre empresas, organizaciones e instituciones radicadas en el propio territorio y en otros con los que existe cierta complementariedad estratégica. Esta orientación se basa en la idea de que la globalización está impulsando el desarrollo de las redes de empresas, de organizaciones y de ciudades. Las principales características de esta generación serían la visión policéntrica y sistémica del desarrollo, el desarrollo con objetivos múltiples, el enfoque sectorial del desarrollo y la cooperación de agentes locales y externos.

La tercera generación se diferencia nítidamente de las anteriores, cuyo objetivo era sobre todo reducir las disparidades regionales existentes en el territorio, ya que en el escenario de la economía global es imposible para las administraciones regionales y locales adoptar una orientación estratégica de ese tipo basada en la equidad del sistema.

Una segunda consideración sobre la importancia de las plataformas logísticas estaría relacionada con la tendencia actual a la concentración de las empresas de producción y de logística, para atender a la demanda de las primeras, provocado por el proceso de globalización.

El fenómeno de concentración, sin ser nuevo, es una estrategia competitiva para la gestión empresarial por ahorro en los costes de producción al aprovechar las economías externas de escala que se generan. Las economías externas de escala, como ya hemos visto, se consiguen en las plataformas logísticas mediante la consolidación de mercancías que, a partir de un cierto volumen, van a rentabilizar la contratación de un tren completo, un buque, una aeronave o un camión pesado.

Además, también habrá una reducción de costes de almacenaje, al poder utilizar un único almacén para todos los modos de transporte y, al mismo tiempo, por la existencia de aduana, la disminución de los tiempos de almacenaje y el ahorro en impuestos y tasas aduaneras.

Otro efecto beneficioso de la concentración de empresas en una plataforma logística, también relacionado directamente con el espíritu del Distrito Industrial de Marsall[116] (1980) y las economías externas de aglomeración (1919), se daría por Interaccion-cooperacion entre las empresas, lo que propiciará intercambios en la experiencia de gestión y la difusión innovaciones, constituyendo, además, un espacio, un territorio, innovador.

La localización de una empresa en una plataforma logística va a obtener una reducción de los costes de producción como se pone de manifiesto en la Teoría de los Clusters de Porter (1990). Incluso, al estar próximas a los centros urbanos, habrá ahorro en los costes administrativos.

Pero asimismo, el territorio en que se instale va a conseguir también una ventaja sobre otros territorios que no cuenten con una plataforma logística, ya que actuarán las fuerzas de crecimiento incrementándose la actividad económica y, además, se establecerán relaciones entre territorios que cuenten con ella favoreciendo también la actividad económica.

A consecuencia de los efectos señalados anteriormente, el agrupamiento de empresas e industrias en una plataforma logística puede generar una capacidad de arrastre de otras actividades económicas en su área de influencia. Esto favorecerá un crecimiento económico acumulativo por el efecto multiplicador que va a tener sobre las distintas actividades económicas. Además, generará un efecto de difusión (*spread)* sobre otras áreas cercanas, propagando la actividad económica[117].

Las retroalimentaciones positivas van a hacer que este proceso sea circular y acumulativo en el tiempo, como ya se ha visto en el apartado 3.4. Desde la perspectiva del equipamiento metropolitano, Robusté señala, que los "centros integrados de mercancías" son un concepto nuevo, que en nuestra opinión es asimilable al de plataforma logística, "…como instrumento estratégico que sirve para garantizar la competitividad de la economía local y global de un país y como eslabón clave en la cadena europea de distribución física". (Robusté, 2000, p. 36).

Existen, además, otras ventajas de carácter social en la implantación de las plataformas logísticas, entre las que se pueden citar, la disminución del tráfico de

---

[116] Para mayor profundidad ver: Marshall, A., (1977), *Principles of economics: an introductory volume*, Macmillan, 1977 (repr.), London; y Marshall, A., (1920), *Industry and Trade*, Third Edition 1920. http://socserv.mcmaster.ca/econ/ugcm/3ll3/marshall/Industry%26Trade.pdf

[117] No hay que olvidar que el proceso de acumulación en el centro puede ocasionar la detracción de las fuerzas de desarrollo de la periferia hacia ese centro. La Teoría Centro-Periferia de Friedman (1973), explica este hecho, por el efecto *backwash*. También explica que a partir del centro la intensidad y tasas de desarrollo tienden a decaer con la distancia, si bien, su potencial interno genera fuerzas centrífugas que favorecen el desarrollo de la periferia inmediata, es el llamado efecto *spread*. Para ampliar ver: Friedmann, J., (1979), *Territory and function: the evolution of regional planning,* Edward Arnold London.

vehículos pesados en el ámbito urbano, la funcionalidad en el diseño y buena urbanización, el aumento de la calidad de vida del sector, el aumento de la actividad económica local, el ahorro de costes de los trabajadores para acudir a realizar sus tareas, etc.

Pero también existen algunos efectos negativos, como señalan Méndez y Guirao (2001, pp. 106-107) el impacto visual, el riesgo de congestión y algunos impactos ambientales, como son (ver cuadro 4-5):

El impacto visual que se produciría si no se tiene un especial cuidado en el diseño de la plataforma logística ya que ésta, tendrá una fachada hacia la ciudad o hacia las grandes vías de comunicación que llegan a la ciudad; por eso es conveniente no descuidar los aspectos estéticos en el diseño.

También, un nuevo tipo de congestión, vendría derivado de concentrar en un espacio pequeño la actividad de muchas flotas de vehículos pesados. Esto podría evitarse si el viario se planifica conjuntamente con las instalaciones de la plataforma logística.

Cuadro 4-5. Efectos positivos de las Plataformas y Centros Logísticos

EFECTO	DESCRIPCIÓN	ESCALA
Productividad en transporte	Intermodalidad, jerarquización de la distribución física, especialización, menos retornos en vacío	Nacional
Empleo	Construcción y explotación del centro logístico	Nacional Local
Ahorro energético	Uso ferrocarril, menos vehículos-km	Nacional
Mejora circulación urbana	Menos pesados, menos paradas	Local
Mejor medio ambiente	Menos ruidos, vibraciones, contaminación	Local
Accidentes	Menos vehículos-km viajados, menos pesados en la ciudad	Local
Déficit público, inflación, balanza de pagos, economía	Menos gastos en sanidad y en mantenimiento de carreteras, más competitividad interior y exterior, menos costes de distribución, atracción empresas extranjeras, aumento inversión interior y exterior	Regional Local
Desarrollo económico local, racionalización gasto público en infraestructura, racionalización distribución urbana	Atracción de empresas por el centro, asignación de costes de construcción y mantenimiento, intervención regional sobre el transporte de mercancías	Regional Local
Mejora de la inversión y crecimiento de las empresas, mejora posición comercial, sinergias, productividad del personal y del servicio	Suelo equipado a precios competitivos, atracción de la demanda, complementariedad, especialización, cumplimiento legislación social, menos riesgos en la carga y menos retornos en vacío	Empresas
Modernización tecnológica	Informática, telemática	Todas

Elaboración propia

En cuanto a los impactos ambientales hay que matizar que serían menos perjudiciales para la salud al producirse fuera del núcleo urbano. La contaminación atmosférica sería intensa por la concentración de actividades, así como, el ruido, las vibraciones y la iluminación nocturna de los vehículos y las instalaciones. También podría generar problemas la eliminación de los voluminosos residuos, a veces tóxicos, resultantes de la actividad de la propia plataforma logística.

Asimismo, la localización de estas infraestructuras en un territorio demandará una serie de requisitos logísticos y de transporte, que podrán ofertar las ciudades que ocupen un cierto lugar en la jerarquía urbana, en general, a partir de las metrópolis regionales, aunque también, otras más bajas en la jerarquía. Entre estos requisitos, uno de los más importantes es una buena red de transportes[118]. Su calidad y conectividad pueden ser decisivos.

[118] Es interesante la Teoría de la Organización Empresarial elaborada por Taylor y Thritt (1982), presentada en Price y Blair (1989), porque se encuentran las claves de la deslocalización de la producción y el consecuente aumento de los flujos en el sistema de transporte a escala mundial. Incorpora el concepto de empresas en red y el posicionamiento estratégico de las empresas; se tratan los procesos de segmentación observados tanto en las empresas o industrias como en los servicios en general y las distintas pautas locacionales de los establecimientos ligados a una misma empresa en función de su posición competitiva en el mercado.

Esto genera la convergencia espacio-temporal de los puntos nodales de la red de ciudades-regiones que cuenten con una Plataforma Logística, configurando un espacio en red, como ya es manifiesto.

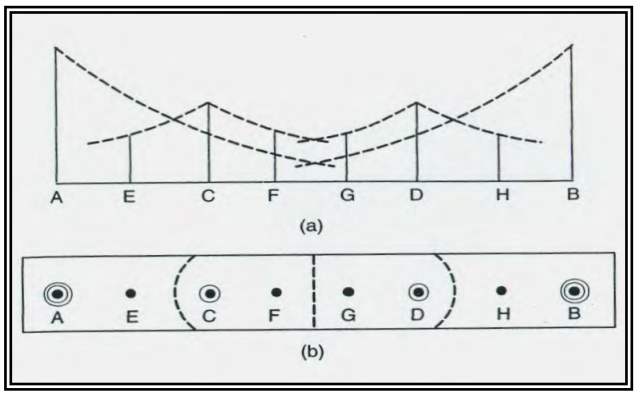
Así, entre las mejoras del sistema de transporte de mercancías y de su inserción internacional está previsto en el PEIT (2004, p. 58), desarrollar infraestructuras complementarias de apoyo al transporte intermodal, mejorando la capacidad intermodal de los puertos y de sus accesos ferroviarios, como ya se está haciendo. Otra medida es consolidar la red intermodal de plataformas logísticas y centros de mercancías en cooperación con las otras administraciones públicas, operadores y sector privado.

La proliferación de plataformas logísticas es generalizada en España y la consolidación de la red[119] sincronizada de plataformas en que participen todos los actores económicos y políticos, es fundamental para la eficiencia del sistema logístico y de transportes. Sin embargo, indicaremos que, si bien, como se ha dicho, las plataformas logísticas son un factor de competitividad y de desarrollo, es necesario señalar que un exceso de estas infraestructuras y la falta de planificación a escala nacional, puede resultar poco operativa y de una rentabilidad exigua o negativa.

Por ello es necesario obrar con cautela las inversiones que es necesario realizar en estas infraestructuras, son cuantiosas y con periodos de retorno largos, además la rentabilidad no está asegurada. Porque como señala Savy (1993, p. 130), ciertas regiones con la ayuda del estado ya han ensayado incluir plataformas logísticas es sus esfuerzos por alcanzar el desarrollo, con resultados desiguales, no obstante, a veces, muy positivos.

Añadiremos también que las áreas de influencia de los nodos intermodales y puertas de acceso (*gateways*) de mayor rango, se solaparán, capturando muchos de los tráficos que pudieran generar los de menor rango. Ello implica que su nivel de actividad se vería decrementado en alguno de los casos.

Figura 4-40. Áreas de influencia urbana



Fuente: Taaffe, E. J., Gauthier, H. L. and O'Kelly, M. E, 1996, figure. 1.23, p. 29

En la figura (ver figura 4-40) se aprecia lo dicho en el párrafo anterior; en la figura (a) se muestra la estructura del área de influencia urbana y en la figura (b) se asocia con las actividades económicas. El transporte intermodal, al ser un producto de rango elevado, corresponderá ofertarlo a las ciudades de mayor rango.

[119]El Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica, 2008-2011, otorga ayudas públicas a la ciencia y tecnología. En la Orden FOM/3864/2008, de 26 de diciembre, de resolución parcial de la convocatoria de ayudas del Programa Nacional de Cooperación público-privada, Subprograma de proyectos relativos a transporte e infraestructuras, reconcede una de ellas a la La Universidad Jaume I para el desarrollo del proyecto *Definición de una Red española de plataformas logísticas*. (BOE nº 4 del lunes 5 de enero de 2009, Sec. III. Pág. 564).

No obstante, ya se realizó un estudio en el año 1997, para el Ministerio de Fomento, para la implementación de una red de plataformas logísticas en España. (INECO y ETT, 1997, *La red Española de Plataformas logísticas, una propuesta operativa*), pero no ha sido posible localizarlo.

En la figura, por ejemplo, se podía considerar que la ciudad A es Madrid y la B Barcelona. La C podría ser Zaragoza y La D Valencia. El área de influencia de las otras ciudades E y H, de menor rango en la jerarquía para este bien, no tendrían ninguna actividad. Otra de las mejoras que establece el PEIT (Ibidem), es la estructuración del conjunto del sistema logístico y de transporte de mercancías en torno a una red de nodos regionales (ver mapa 4-3, p. 206), plenamente integrados en el territorio y que constituyen los centros de articulación logística de sus *hinterlans.*

Estos nodos se articulan a través de una serie de corredores multimodales de transporte de mercancías, que añaden algunos ejes alternativos transversales a los corredores tradicionales[120] (radiales, Eje Mediterráneo y Corredor del Ebro). Además, se mejora la relación internacional del sistema a través del desarrollo de las "autopistas del mar"[121], de la futura relación traspirenaica ferroviaria y de las conexiones con Portugal.

Asimismo, inscrito en los conceptos de Intermodalidad y Terminal intermodal, encontramos el de "Puerto Seco". Hace referencia a terminales intermodales terrestres-marítimas no situadas en el litoral costero, esto es, en el interior. Estas infraestructuras permiten captar nuevos clientes y tráficos mediante conexiones entre puertos marítimos de alto rango en la jerarquía y la apertura de nuevas rutas que facilitan la apertura de nuevos mercados. El acceso a los mismos estará condicionado por la generación volúmenes de transporte de eoso territorios que circularan a través de los flujos capilares locales y regionales de recogida y entrega.

Además, es necesario tener en cuenta que la propia dinámica de crecimiento urbano y la consiguiente falta de espacio hacen que el puerto este constreñido por la ciudad y no pueda expandirse, algo demandado por el proceso globalizador, porque incrementa, como se ha visto, los flujos de transporte y la competitividad entre todos los elementos de los sistemas urbanos, productivos y de transporte.

En la figura (ver figura 4-41), se muestran en la parte superior las relaciones convencionales bimodales y trimodales, así como, el hinterland de los nodos intermodales convencionales localizados en los centros urbanos. En la parte inferior de la figura se presenta la situación de los tres tipos de puerto seco, que señalan Woxenius, Roso y Lumsden (2004, p.13), según su situación con respecto al puerto marítimo (de izquierda a derecha): en los límites de la ciudad portuaria, a una distancia intermedia y otra distante.

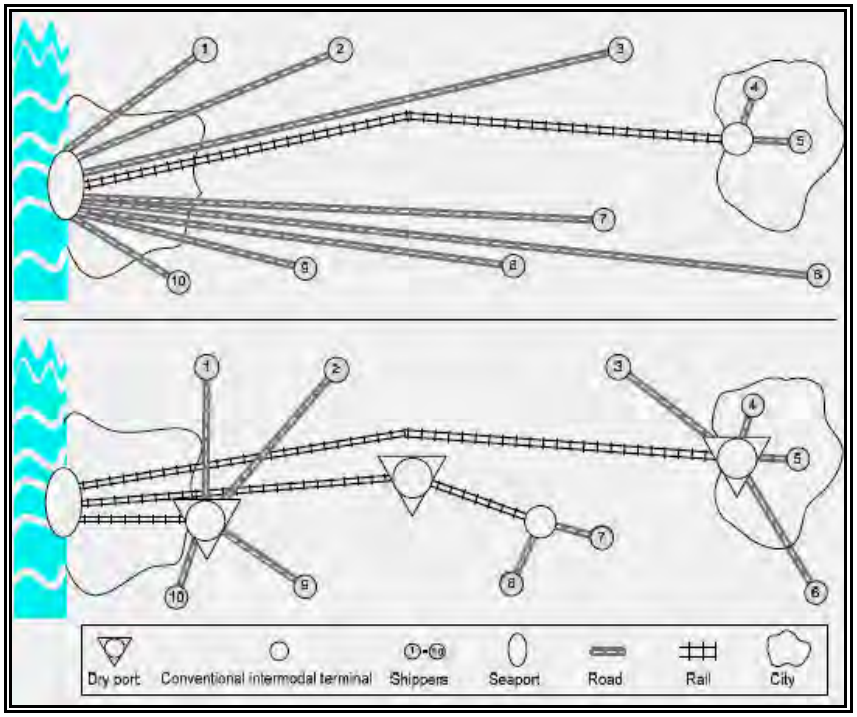
Los puertos secos, al igual que las terminales intermodales y las plataformas logísticas, están situados en los principales corredores donde se mueven grandes volúmenes de flujos de mercancías y que discurren ente los grandes centros de producción y consumo generadores de tráfico. Son también elementos del sistema de transporte concentradores de tráficos al igual que las terminales intermodales.

López López (1999, p. 113), define el puerto seco como "…la zona logística provista de terminal ferroviaria, con condiciones económicas, geográficas, logísticas y de infraestructuras adecuadas para desarrollar un proyecto de intermodalidad que pueda ser utilizado por los distintos puertos del sistema portuario, a la vez que sirve de enlace con modos y destinos terrestres nacionales o extranjeros.".

[120] Estos corredores tradicionales, en nuestra opinión, se sustentan en el concepto de eje de desarrollo económico y fundamentan, a su vez, el concepto de corredores verdes de mercancías que se están desarrollando en el marco de las Redes Transeuropeas de Transporte, como se verá un poco más adelante.

[121] El concepto de "autopistas del mar" está incluido en el concepto de corredor como se verá más adelante.

Figura 4-41. Comparación entre un hinterland convencional y el concepto aplicado de puerto seco



Fuente: Woxenius, J., Roso, V. and Lumsden, K., (2004), fig. 8, p. 13.

Este tipo de terminales, basadas en el concepto de puente terrestre o puente interior (*land-bridge*), desarrollan alguna de las funciones de un puerto marítimo y ofrecen un amplio conjunto de servicios de transporte de superficie. Ello implica la posibilidad de conectar puertos lejanos mediante corredores terrestres más favorables al ahorro de costes, económicos y/o temporales, que las rutas marítimas[122]. Las condiciones que debe reunir un puerto seco son buenas infraestructuras ferroviarias, con gran conectividad, y servicios regulares de transporte ferroviario de trenes lanzadera entre los puertos.

Asimismo, las instalaciones ferroviarias interiores, las de carga y descarga, y las playas de estocaje, deben permitir una gran capacidad de transporte de mercancías con eficiencia y calidad en las operaciones. Los accesos del modo carretera, las zonas de aparcamiento y los viales de circulación son igualmente importantes para evitar cuellos de botella.

Además, un avanzado sistema de información que cuente con tecnología de vanguardia. Señalaremos que este tipo de intermodalidad, es más compleja que la terrestre al haber más actores implicados, con trámites administrativos, aduaneros, sanitarios, etc. complicados, y una documentación de transporte, aduanera, sanitaria, etc. más abundante.

[122] El concepto de puente terrestre es desarrollado en la década de los setenta del pasado siglo por la empresa *SeatrainLines* para transportar seda desde Yokohama a Seattle. Para realizar el transporte desde Japón a New York eran precisos treinta días a través del Canal de Panamá; este tiempo podía reducirse sustancialmente utilizando un transporte intermodal a través de la Costa Oeste, combinando el transporte marítimo de los contenedores con los otros dos modos de superficie, el ferrocarril y la carretera. Se creó así, el denominado “expreso de la seda” (López López, 1999, p. 112).

Cuadro 4-6. Ventajas y desventajas de los puertos secos

	Close Dry Port	Middle Range Dry Port	Distant Dry Port
Conditions	• Transit activity dominant at the seaport • There is a need due to lack of space at the seaport	• High volume customers • Rail link between seaport and market	• Rail link between seaport and market
Location Level	• Decongestion of the city access • Reduction of pollution • Increased intermodal transportation	• Region attracts industries • Reduction of pollution • Increased intermodal transportation	• Acquiring new hinterland for the seaport in consideration • Reduction of pollution • Increased intermodal transportation
Infrastructure Level	• Reduction of road maintenance cost • Increase of rail maintenance cost • Reduction of cost for road infrastructure development • Increase of cost for rail infrastructure development	• Reduction of road maintenance cost (in case of pay roads, reduction of profits) • Increase of rail maintenance cost	• Reduction of road maintenance cost (in case of pay roads, reduction of profits) • Increase of rail maintenance cost
Transport Level	• Light reduction activity for road carriers from/to seaport • Reduction of congestion and waiting time for transport operators • Increase of transit time • Increase of handlings	• Reduction activity for road carriers from/to seaport • Reduction of waiting time for units • Decrease of transport cost • Coordination with rail passenger traffic	• Light reduction activity for road carriers from/to seaport • Reduction of waiting time for units • Decrease of transport cost • Coordination with rail passenger traffic
Logistical Level	• Increased inland access and city distribution • Invitation for the use of intermodal solutions	• Increased inland access • Decrease of costs	• Increased inland access • Possibility to choose between seaports • Decrease of costs
Customers viewpoint	• Raise of costs at the beginning • Decrease of cost in long term? • Reception of units closer to their own geographical location	• Easy access to seaport • Decrease of costs • Slight increase of transit time	• Easy access to seaport • Decrease of costs • Increase of transit time (or decrease depending on the country of interest, on its road infrastructure quality level, and on distance to cover)

Fuente: Roso, V., 2002, table 5.1., p. 52

No obstante, la existencia de aduanas interiores y la posibilidad de realizar las inspecciones también en el interior, facilita todos los trámites generando ahorros en costes y tiempos. En el cuadro anterior (ver cuadro 4-6), se muestran las principales ventajas y desventajas de los puertos secos. Se consideran las razones y condiciones para su instalación, cuestiones de localización, medioambientales, los factores de los sistemas de transporte y logístico que afectan, así como, el punto de vista de los clientes. Las ventajas y desventajas hacen referencia a los tres tipos de puerto seco, en función de su situación respecto al puerto marítimo que se vio en la figura anterior (ver figura 4-41).

4.3.3. Corredores

Por otra parte, también asociado a la intermodalidad en las mercancías encontramos el concepto de corredores. Se trata de un elemento del sistema de transporte vinculado fundamentalmente a una dimensión geográfica. Un corredor es un conjunto de itinerarios próximos los unos a los otros. Actualmente, los corredores se configuran como “pasillos” complejos de transporte intermodal que van más allá de las tradicionales líneas físicas o virtuales y que conectan las redes nacionales de los distintos modos de transporte entre los países por los que discurren.

Además, en el caso de las mercancías están también asociados a la logística de las cadenas de distribución. Conceptualmente, Whebell (1969) en su Teoría de los Corredores[123] presenta un modelo que incluye las habituales dimensiones espaciales, así como, la dimensión temporal en el desarrollo de un corredor. El concepto de corredor que propone el autor se aplica a un sistema lineal de lugares urbanos conectados por un conjunto de rutas de transporte muy desarrolladas (Whebell, 1969, p. 2).

Señalaremos que en el pasado, tanto el ferrocarril como las modernas carreteras, estructuraron el espacio de un modo nuevo, creando, según Gutiérrez Puebla (op. cit. apartado 3 p. 48), "un espacio red en el que la linealidad (efecto corredor) y jerarquías (reforzamiento de los lugares nodales) son elementos característicos." Ambos modos de transporte producen un efecto corredor a lo largo de los espacios que atraviesan, conformando corredores que destacan sobre su entorno por su mayor accesibilidad; fuera de estos corredores quedan espacios con peor accesibilidad (áreas sombra) y peor potencial de desarrollo (Ibidem).

Además, para Whebell (1969, p. 4) los corredores componen el primer sistema espacial histórico de la difusión del progreso y la innovación. Al objeto de desarrollar esta idea, el autor, indica que el espacio socioeconómico se compone de células irregulares que tienen los límites en los propios corredores de circulación y difusión. El proceso de difusión comienza en la ciudad más accesible y se extiende longitudinalmente a través del corredor; posteriormente, se desarrolla otro proceso de difusión secundaria que tiene lugar lateralmente, desde el corredor hacia las zonas situadas dentro o fuera del mismo. Su configuración secuencial, así como, los diferenciales en la expansión del proceso tienen un grado de regularidad que se denomina "gradiente de la cultura" (Ibidem).

Sin embargo, aunque en nuestra opinión el concepto de corredor que plantea Whebell, sigue teniendo plena validez en líneas generales, el proceso de difusión que señala, hoy no la tiene, a causa del desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación que ha suscitado el ya citado concepto de sociedad red y espacio de flujos desarrollado por Castells. Actualmente, con respecto a los citados conceptos, los puntos nodales unidos por los corredores hacen frente a la dialéctica oposición entre el espacio de flujos y el espacio de lugares (Castells, 1996, en Albrechts y Coppens, 2003, p. 215).

Los mencionados autores plasman en su figura (ver figura 4-42), ambos tipos de espacio. Consideramos que el modelo representado tiene gran importancia, porque los dos tipos de espacio han de tenerse en cuenta en los estudios del sistema de transporte de los territorios.

En la figura se muestra un modelo sencillo para analizar y desarrollar el fenómeno y el concepto de corredor. Puntualizaremos, que las relaciones entre los actores que intervienes, la sociedad en cuestión y el espacio por el que discurre (A), están afectadas por el contexto político, social, económico y territorial. Por lo que se refiere al espacio, podemos apreciar en la figura (B) su actual configuración, el espacio de flujos y el espacio de lugares; también otros procesos como el de desarrollo urbano, muy ligado a las redes de infraestructuras y a los lugares para el desarrollo de las distintas actividades.

---

[123] Los corredores de transporte no son un concepto nuevo. Por ejemplo, a cada una de las vías comerciales entre Europa y Asia, que conformaron la *ruta de la seda*, se les puede aplicar dicho concepto (el nombre de la ruta fue creado por el geógrafo alemán Ferdinand Freiherr von Richthofen en 1877).

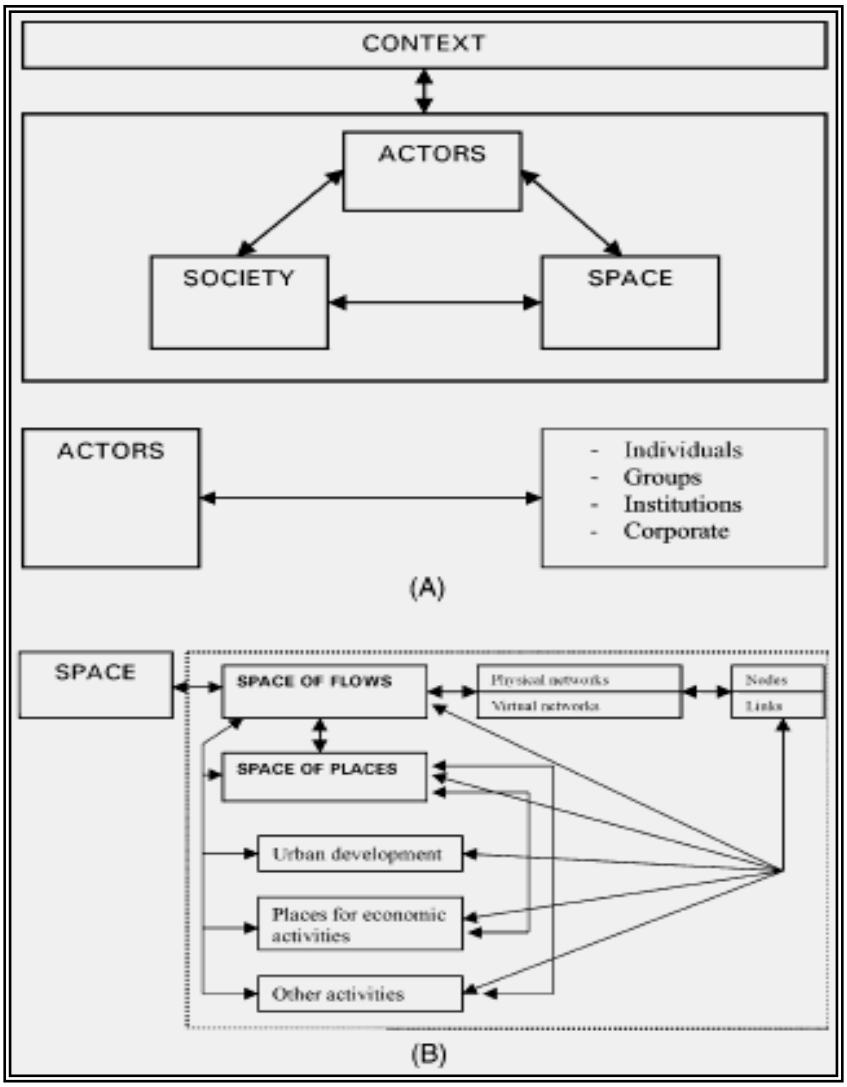
La red TRACECA (*Transport Corridor Europe Caucasus Asia*), es un proyecto de la UE que data de 1993, trata de "reconstruir" la ruta de la seda. Esta red se verá cuando hablemos de las redes euroasiáticas.

También se puede decir, que una primera aproximación al concepto de corredor a escala urbana, fue realizada por el ingeniero y urbanista Arturo Soria en 1880, en el diseño de su *Ciudad Lineal*. (Capman et al., 2003, p. 180; Priemus, H. and Zonneveld, W., 2003, p. 168).

Recientemente, el concepto de corredor se está volviendo a expandir en la Unión Europea, si bien, ahora agrupando diversos enfoques. Por eso mismo, como se señala en el estudio de 1999 sobre la *Central Capital City region* (en Priemus y Zonneveld, 2003, p. 169), el concepto espacial de los eurocorredores puede establecer conexiones entre las políticas sectoriales, como por ejemplo de transporte, de infraestructuras, desarrollo económico, urbanización y medio ambiente.

Por esta razón, los Eurocorredores no deben ser considerados solamente como elementos para la dotación de infraestructura de transporte. "Sus relaciones con la estructura urbana, la economía regional, las redes regionales de transporte y las necesidades de protección del medio ambiente y del paisaje deben ser, asimismo, tenidos en cuenta." (Ministerio de Medio Ambiente, 2000, p. 22).

Figura 4-42. Modelo conceptual para analizar el desarrollo del concepto de corredor



Fuente: Albrechts, L. and Coppens, T., 2003, fig. 2, p. 218.

Asociado con la nueva concepción de corredor también se está gestando el concepto de corredor verde, porque en nuestra opinión, expresa mejor el carácter y la voluntad de las Política Regionales y de Transportes de la Unión Europea que la de corredor, corredor de transportes o corredor logístico. La razón la podemos encontrar en que el concepto de desarrollo sostenible incluye en sus tres dimensiones a muchas de las

facetas de la nueva concepción de corredor y a todas las políticas sectoriales citadas anteriormente[124].

En cuanto al significado del concepto de los actuales corredores, está sujeto a discusión y, según Fiedler et al. (2005, p. 25), no hay una definición precisa en Europa o en otras partes del mundo, pero ha sido a menudo utilizado con el fin de señalar la concentración importante de flujos de tráfico en la red de transporte. No obstante el debate, como señalan Priemus y Zommeveld (2003, p. 173) se pueden distinguir tres puntos de vista diferentes:

- El corredor como un *eje de infraestructuras*: es definido en términos de ingeniería de tráfico cuando se desarrollan, mejoran o interconectan las modalidades de infraestructuras sobre una ruta particular.
- El corredor como un *eje de desarrollo*[125]: se dan por supuestas las relaciones, implícitas o explícitas, entre las oportunidades para el desarrollo económico y los principales ejes de tráfico. Asume que el resultado espacial de las actividades económicas funcionales está muy condicionado por la red de infraestructuras.
- El corredor como un *eje de urbanización*: las funciones de la red de infraestructuras son vistas como la base para las directrices de la futura urbanización relacionada con la actividad residencial y laboral.

Afirman los autores que las tres interpretaciones del concepto de corredor son un buen ejemplo de lo que podría ser denominada “Teoría Implícita” (Ibidem). En cuanto a las mercancías, es interesante la definición que encontramos en el proyecto REORIENT, que dice que un corredor de transporte de mercancías es un sistema espacial de producción integrada compuesto por operadores de logística y transporte así como por proveedores de infraestructura ferroviaria (Moya, coord., 2006, p. 1).

La producción del transporte es un conjunto de variables dependientes que refleja, el impacto que tiene sobre el mercado del transporte la legislación de la Unión Europea referente a la interoperabilidad, el comportamiento de los proveedores de servicios y de infraestructura ferroviaria, la calidad del transporte ferroviario y el rendimiento empresarial (Ibidem).

Por otra parte, con respecto al término eurocorredor, visto unos párrafos atrás, y al de megacorredor, también encontrado en la literatura, señalaremos que se puede considerar, en algún aspecto, como una versión modernizada del concepto de corredor desarrollado por Whebell, puesto que, asocia un conjunto de regiones a lo largo de un eje.

Matizaremos, que entre ambos términos existe una cierta diferencia en los tipos de espacio que unen. Así, como señalan Schönharting et al. (2003, p. 193), los megacorredores conectan regiones metropolitanas. Las regiones citadas son áreas con una gran dinámica espacial que están surgiendo como resultado del desarrollo económico en la parte central del noroeste de Europa a consecuencia de los procesos de globalización e integración europea.

No obstante, en nuestra opinión, los megacorredores son una clase de eurocorredores, dado que ambos tipos de corredores atraviesan espacios dentro de

---

[124] Para ampliar ver Resolución del Parlamento Europeo (2008), en referencia al transporte de mercancías en Europa e Informe Cramer, M. (2008) y la Resolución del Parlamento Europeo (2009) sobre el Libro Verde en cuanto al futuro de la política RTE-T e Informe Lichtenberger, E. (2009).

[125] Una definición elemental, pero más fácil de imaginar, como señalan Villaverde y Pérez (1996, p. 63), es la de Sáenz de Buruaga (1988), que considera a estos ejes como “grandes corredores a lo largo de rutas.

Sobre los aspectos espaciales y económicos del concepto de eje de desarrollo aplicado a España, son muy instructivos los trabajos de Sánchez Hernández (1996), Villaverde Castro y Pérez González (1996) y Pedreño Muñoz (1989),

las fronteras de la Unión Europea. Los corredores que trascienden las fronteras de la Unión Europea son los denominados Corredores Paneuropeos. Las características principales de los eurocorredores y megacorredores son la conexión de las grandes regiones europeas de producción y consumo, es decir, trascienden a las naciones, mediante la combinación de uno o más ejes importantes de infraestructuras, por ejemplo, ferrocarril y carretera en el caso del transporte terrestre o de este último con el modo marítimo en el de las autopistas del mar.

También soportan altas densidades de tráfico comercial, tienen una gran conectividad en las redes (físicas y virtuales) y son rápidos y seguros. Estos corredores se localizan en ciertos lugares del territorio europeo en función de la densidad de las infraestructuras de comunicaciones y de la conectividad a autopistas, a redes de ferrocarril, a puertos y aeropuertos. Además, los tráficos a través del corredor pueden ser cargados o descargados en centros de distribución y terminales, que a menudo, conectan las aglomeraciones interiores densas con el litoral mediante el modo ferrocarril, con servicios de transporte tales como los trenes de contenedores.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la mejora de la conectividad en las aglomeraciones densas, si ello es posible (ver Black, 2001, op. cit, p. 5), también producirá un desarrollo desigual en la jerarquía urbana dentro del corredor; se corre el riesgo de que se sigan desarrollando las principales áreas urbanas pero no lo hagan suficientemente otros lugares menos dinámicos.

Porque como afirma Whebell la competencia de escala, en cuanto a los costes de transporte y por las economías de aglomeración, se producen, principalmente, en los corredores con el desarrollo en las ciudades de orden superior a expensas de otras, que se desarrollan con relativa lentitud, a causa de las particulares relaciones espacio temporales dentro del sistema del corredor. (Whebell, 1969, p. 10)

Por último destacaremos, que el desarrollo de los corredores en el transcurso del tiempo[126], como elementos del sistema de transporte, han reflejado paralelamente los avances tecnológicos en los modos de transporte y el legado de las diferentes variedades de infraestructura que se han construido.

Además, las nuevas generaciones de infraestructuras se encuentran a menudo situadas en la vecindad de viejos sistemas y, a veces, en casos de sustitución, en la parte superior de los mismos; en otras palabras, depende mucho de los anteriores trazados (Priemus y Zonneveld, 2003, p. 167). Se llega incluso a producir una superposición de redes sobre un mismo corredor, determinada por la herencia o no, que como, afirma Pesqueux, pueden llegar hasta el apilamiento físico (2002, p. 4).

En cuanto a la importancia del modo ferrocarril en los corredores europeos señalaremos, según se afirma en la Decisión 884/2004/CE del Parlamento Europeo (2004, p. 6), que "la eficacia de la política común de transportes depende entre otras cosas de la coherencia de las medidas encaminadas a revitalizar el sector ferroviario y desarrollar la infraestructura ferroviaria."

Es necesario tener en cuenta que la a baja accesibilidad potencial, como se afirma en el documento *Update of Selected Potential Accessibility Indicators* (2007, p. 25), pone de manifiesto que el desarrollo de las infraestructuras de transporte de los últimos años no ha sido capaz de cambiar la configuración espacial europea de regiones con una accesibilidad buena, moderada y baja (ver mapa 4-4). Y no se puede esperar un cambio en el futuro porque las regiones centrales seguirán siendo centrales, mientras que las periféricas también continuarán siéndo periféricas.

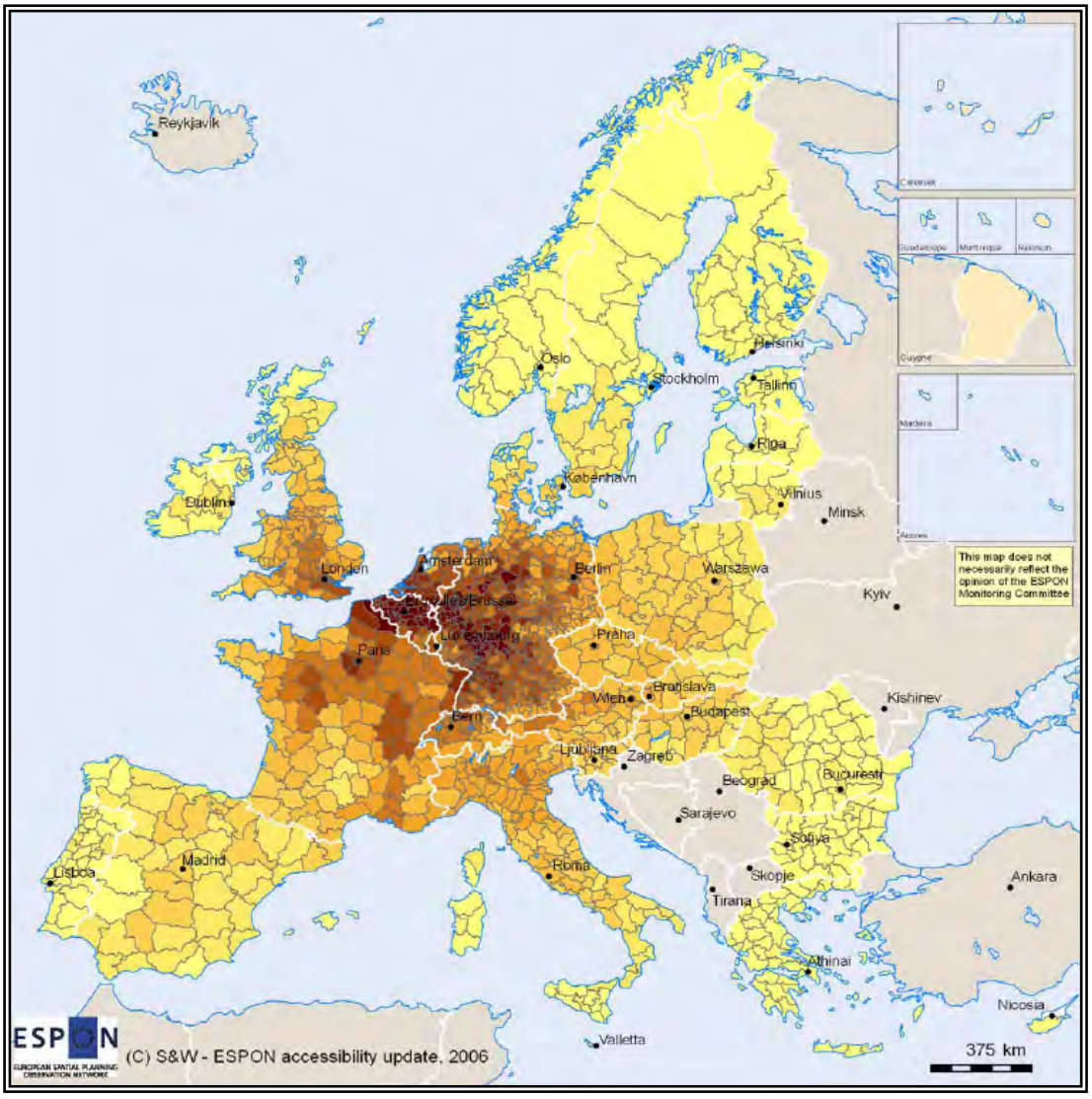
[126] El modelo del desarrollo de un corredor desde el punto de vista económico que Whebell presenta, se puede describir generalmente en cinco escenarios históricos acumulativos, lo que les confiere su carácter de persistencia: 1) ocupación inicial. 2) agricultura de subsistencia. 3) intercambio comercial. 4) el transporte por ferrocarril como modo dominante, los comienzos del transporte por carretera. 5) la circulación rápida y el desarrollo metropolitano. (1969, p. 5-6).

Más aún, con la ampliación de la Unión Europea hacia el este, si bien es cierto, que mejorará la accesibilidad por el modo carretera ocurrirá lo contrario para el modo ferrocarril.

Sin embargo, también es cierto que los proyectos de la infraestructura de transporte pueden tener impactos substanciales en el incremento de la accesibilidad potencial de las regiones, como por ejemplo la Península Ibérica, cuya posición periférica es más evidente como resultado de dicha ampliación.

Así, será necesario paliar los efectos que sobre la competitividad de algunas regiones tiene una baja accesibilidad potencial por ferrocarril; porque si no se potencia este modo, será de difícil aplicación un transporte que sustente el desarrollo sostenible que se trata de conseguir.

Mapa 4-4. Accesibilidad potencial por ferrocarril. Año 2006



Fuente: ESPON, 2007, figure 8, p. 21. Fuente de datos: RRG GIS Database, S&W Accesibility Model. http://www.mdrl.ro/espon_cd2/Project_Reports/Scientific_briefing_and_networking/MapUpdate_final_report.pdf

4.3.4. Redes, líneas y ejes prioritarios para el transporte de mercancías

Por lo tanto, en el ámbito de la ordenación del territorio europeo una buena medida, en nuestra opinión, es la planificación de corredores realizada en el marco de la Red

Transeuropea de Transporte (*Trans-European Transport Network*), si bien, como se ha visto, dicha planificación debe realizarse con prudencia para que el desarrollo de las regiones se haga de una forma equilibrada y equitativa.

Consecuentemente, la Unión Europea, dentro de sus Políticas de Desarrollo Regional y de Transporte, es consciente de las dificultades que supone la creación de una Red Transeuropea de Transporte y de su inscripción coordinada sobre el territorio, no sólo de un conjunto de corredores desorganizados sobre el mismo.

Esta red, tiene como objetivo la construcción de enlaces rápidos, tanto para viajeros como para mercancías, mediante infraestructuras de alta capacidad que mejoren la accesibilidad de las regiones europeas entre si, incluidas las periféricas y ultraperiféricas. También, mejorar la calidad de los servicios ofrecidos en los centros de tránsito y distribución localizados en los corredores, en materia de transmisión de la información, del tratamiento de la mercancía y del transporte.

El proyecto de la Red Transeuropea de Transporte comienza a desarrollarse en 1990. En este año la Comisión Europea adoptó el primer Plan de Acción para las Redes Transeuropeas de Telecomunicaciones, Transportes y Energía[127]; a partir de ahí, la Unión Europea desarrolla el proyecto, que en la actualidad, continúa en constante renovación. Indicaremos algunos de los hitos destacados sobre el desarrollo del mismo.

Como consecuencia de la firma del Tratado de Maastricht en 1992 aparecieron numerosas iniciativas para la RTE-T[128] y por ello, en los Consejos de Essen de diciembre de 1994 y diciembre de Dublín de 1996 surgieron los primeros 14 proyectos prioritarios específicos de la RTE-T[129]. Esta lista se amplió en 2004 a 30 proyectos prioritarios[130] por la adhesión a los quince Estados anteriores (UE-15) de diez nuevos en 2004 y de dos más en 2007 (ver mapa 4-5).

Sin embargo, ante la gran cantidad de proyectos presentados por los distintos países[131], "En el informe remitido a la Comisión el 30 de junio de 2003, el Grupo de alto nivel sobre la red transeuropea de transporte seleccionó un número limitado de proyectos prioritarios con arreglo a un método cuyos criterios incluían, en particular, su viabilidad económica potencial, el grado de compromiso de los Estados miembros interesados respecto al cumplimiento de un calendario previamente acordado en la programación de proyectos, su repercusión sobre la movilidad de bienes y personas entre Estados miembros, y su impacto en la cohesión y el desarrollo sostenible" (Parlamento Europeo, 2004, p. 4).

Sobre las razones para seleccionar dichos proyectos, en el reciente Libro Verde de la Comisión de las Comunidades Europeas (2009a, p.5) que revisa la política de la Red Transeuropea de Transporte, encontramos que los treinta proyectos, fueron seleccionados por su especial relevancia para los flujos de tráfico transnacionales y

---

[127] "Hacia unas redes transeuropeas. Programa de actuación comunitario" COM (90) 585 final. Del 10/12/1990, Comunicación de la Comisión Europea al Consejo y al Parlamento, Bruselas, 1991.

[128] La Decisión n° 1692/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de julio de 1996 hace referencia a las orientaciones comunitarias para el desarrollo de la Red Transeuropea de Transporte.

[129] En la Decisión nº 1346/2001/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de mayo de 2001 se modifica la Decisión nº1692/96/CE en lo que se refiere a puertos marítimos, puertos interiores y terminales intermodales, así como al proyecto nº 8.

[130] Para ampliar información sobre los 30 proyectos prioritarios ver European Comisión (2008), TEN – T. Trans-European Transport Network. Implementation of the Priority Projects Progress Report.

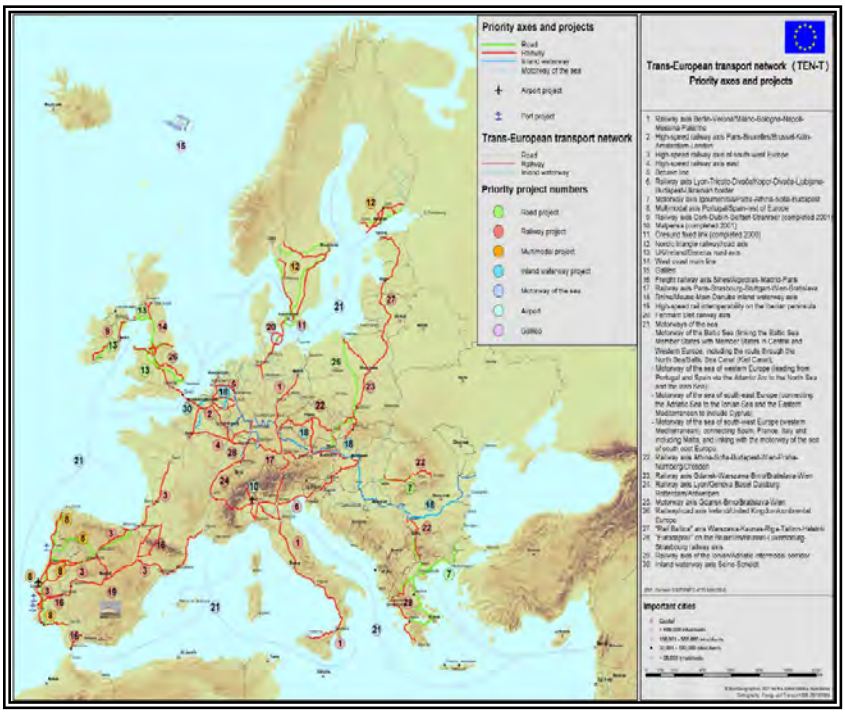
[131] En el informe Van Miert (23 de junio de 2003) se dice que el grupo examinó 100 proyectos (2003, p.5).

para la consecución de los objetivos de cohesión y desarrollo sostenible, así, de esta forma, han sido objeto de una evaluación socioeconómica común.

Sin embargo, "…se siguen debatiendo cuestiones como, por ejemplo, la validez de los métodos de selección aplicados, el potencial de interconexión y extensión (tanto en términos geográficos como modales) de los proyectos, el enfoque a seguir para unas normas coherentes de calidad y de capacidad, y la manera de estimular su finalización dentro de los plazos previstos." (Libro verde, 2009a, p. 6).

No obstante, el enfoque actual basado en proyectos prioritarios refleja los grandes flujos de tráfico entre un origen y un destino, sin tener en cuenta su continuidad, es decir, se trata de líneas o corredores que en su conjunto no forman una red europea, no consiguiendo, por lo tanto, recoger los "beneficios adicionales de la red" (Ibidem).

Mapa 4-5. Red Transeuropea de Transporte. Ejes y proyectos prioritarios



Fuente: European Commission, Map 00, Priority axes and projects. [Online] 10/05/09.

Para subsanarlo, "…y para mejorar también los aspectos económicos de los proyectos de la RTE-T de alto interés comunitario, el enfoque actual basado en proyectos prioritarios podría evolucionar hacia un enfoque basado en redes prioritarias."

Este tipo de enfoque permitiría, a la vez, una incorporación más sistemática de los nodos (que son a menudo la principal fuente de congestión y otras ineficiencias), los puertos y los aeropuertos, como puntos de entrada de la red y principales puntos de conexión intermodal que permiten una estrecha integración de la red." (Ibidem, 2009, p. 9). Así, fruto de las nuevas reflexiones y del constante proceso de mejora, la Comisión Europea baraja tres posibles opciones para el futuro desarrollo de la RTE-T, como se dice en el citado Libro Verde (2009a, pp. 16-17), que revisa la política de esta red:

- Mantener la actual estructura de dos niveles, con una red global y proyectos prioritarios (no relacionados).
- Reducir la RTE-T a un solo nivel (proyectos prioritarios, posiblemente conectados dentro de una red prioritaria).

- Estructura de dos niveles, con una red global y una red básica que comprenda una red prioritaria, definida geográficamente, y un pilar conceptual que ayude a integrar los diferentes aspectos de la política de transporte y de la infraestructura de transporte.

En referencia a la mencionada red global, se ofrecen los siguientes datos "…incluye en total: 95.700 km de enlaces por carretera, 106.000 km de enlaces ferroviarios (incluidos 32.000 km de enlaces de alta velocidad), 13.000 km de vías navegables interiores, 411 aeropuertos y 404 puertos marítimos. La mayoría de estos enlaces y nodos ya existen. No obstante, faltan por construir o modernizar sustancialmente (por un coste estimado de 500.000 millones de euros, según cálculos recientes de los Estados miembros*) casi 20.000 km de enlaces por carretera, más de 20.000 km de enlaces ferroviarios (la inmensa mayoría, líneas de alta velocidad) y 600 km de enlaces por vías navegables interiores" (Ibidem, p. 5).

Relacionado también con el proceso constante de mejora, además de los instrumentos financieros para el apoyo a la realización de la RTE-T también se están desarrollando otros instrumentos no financieros. Así, se está trabajando en un elemento fundamental en todo proceso de planificación como es la coordinación, explorando la figura de los coordinadores europeos y el nuevo concepto de "coordinación por corredores".

Como se señala en el citado Libro Verde (2009a, p. 17), los coordinadores europeos, nombrados por la Comisión para ayudar a preparar y ejecutar determinados proyectos prioritarios han resultado ser muy eficaces en algunos casos.

"La coordinación podría desempeñar un papel decisivo si se adopta un enfoque basado en una red básica. Aparte de la coordinación «tradicional» de los proyectos prioritarios por parte de los coordinadores europeos, los proyectos «ascendentes», orientados a las empresas, como el transporte de mercancías por ferrocarril y los corredores verdes, también requieren claramente una sólida coordinación transfronteriza.

Este tipo de «enfoque basado en la coordinación por corredores» debería implicar a todos los interesados pertinentes (proveedores de infraestructura, operadores, usuarios y autoridades locales y regionales) para desarrollar soluciones que sean a la vez aceptables para todos y viables desde el punto de vista técnico, económico y financiero. Para que estas soluciones sean sostenibles, deberían incluir a todos los componentes pertinentes de la infraestructura (por ejemplo, en el caso de los corredores de transporte de mercancías por ferrocarril: supresión de los puntos de estrangulamiento, creación de terminales intermodales, conexiones con los puertos, equipos ERMTS[132] y STI)." (Ibidem).

Por otra parte, de los 30 proyectos prioritarios citados, cinco afectan a las vías de comunicaciones de la Península Ibérica y sus conexiones con Europa, los números 3[133], 8[134], 15[135], 16[136] y el 19[137].

---

[132] ERMTS (*European Rail Traffic Management System)*, Sistema de Gestión de Tráfico Ferroviario Europeo. STI, Sistemas de Transporte Inteligentes.

[133] Eje ferroviario de alta velocidad del sudoeste de Europa.

[134] Eje multimodal Portugal/España resto de Europa. Comprende el ferrocarril La Coruña-Lisboa-Sines; el ferrocarril Lisboa-Valladolid; el ferrocarril Lisboa-Faro; la autopista Lisboa-Valladolid; la autopista La Coruña Lisboa; la autopista Sevilla-Lisboa (finalizada en 2001); y el nuevo aeropuerto de Lisboa. Articula el Arco Atlántico y el cuadrante noroeste peninsular.

[135] Sistema global de radionavegación y localización por satélite (Galileo).

[136] Para más información sobre los beneficios de este proyecto ver NEA *Transport research and training BV* (Cooord.) (2004), D6 deliverable I y II.

Por su importancia, al tratarse de un corredor ferroviario para mercancías, dada su situación central y el por su interés para la conexión con Francia y el continente africano, destacaremos el nº 16 (ver mapa 4-6), que corresponde al eje ferroviario de mercancías Sines/Algeciras-Madrid-París. Este corredor conectará las redes ferroviarias española, portuguesa y francesa en ancho europeo (1.435 mm), así como en un futuro con la marroquí. Se tratará de un eje ferroviario de alta capacidad y prestaciones, que tendrá una total interoperabilidad, con el mismo ancho de vía, tensión, sistema de seguridad y control, material rodante, etc.

Las ventajas de este eje, al utilizar el modo ferrocarril pueden ser grandes, como ejemplo, recordaremos algunas de las ya vistas con anterioridad. En primer lugar es uno de los modos menos contaminantes, con mayor eficiencia energética y menor consumo de energía; además de muy seguro, en cuanto a accidentes, reducirá el impacto de los costes externos al frenar el esperado crecimiento del tráfico del modo carretera.

Mapa 4-6. Eje ferroviario de mercancías Sines/Algeciras-Madrid-Paris

European Commission (2008), Priority Project N° 16, p. 28. http://ec.europa.eu/transport/infrastructure/basis_networks/guidelines/doc/pp_implementation_progress_report_may08.pdf

En segundo lugar, favorecerá la competitividad de las empresas al reducir los costes económicos y temporales. Además, podrán incrementarse y tener mayor alcance geográfico los flujos de los productos, al existir una mayor conectividad a la red europea. Así, las huertas de Almería, de la Región de Murcia y de la Comunidad Valenciana; como las factorías de fabricación y ensamblaje del sector del automóvil en Vigo (Citröen), Valladolid (Renault), Zaragoza (Opel), Valencia (Ford), Barcelona (Seat), etc.; y las grandes superficies comerciales de los grandes centros de consumo como Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Zaragoza, Málaga, etc, ampliarían sus mercados tanto en volumen como en extensión.

Por último, señalaremos que los territorios por los que atraviesa dicho eje, al hacerse más accesibles y con mejor conectividad a la red europea, generarán ventajas locacionales, lo que, a su vez, podría atraer nuevas empresas. De esta forma la competitividad de estos espacios se verá notablemente incrementada.

En cuanto a la Red Transeuropea de Transporte propiamente dicha, como se indica en la Decisión nº 884/2004/CE del Parlamento Europeo (2004, p. 9), diremos que "…las infraestructuras de transporte incluirían redes de carreteras, vías férreas y vías

[137] Interoperabilidad del ferrocarril de alta velocidad en la Península Ibérica.

navegables, las autopistas del mar, los puertos de navegación marítima e interior, los aeropuertos y otros puntos de interconexión entre redes modales.".

De los objetivos y las grandes líneas de acción[138], también se indica (Ibidem, p. 10), que las prioridades serían, entre otras citadas, "…la creación y el desarrollo de enlaces e interconexiones clave que permitan eliminar los puntos de estrangulamiento, acabar los tramos pendientes y completar los grandes ejes, especialmente sus secciones transfronterizas, franquear las barreras naturales y mejorar la interoperabilidad de los grandes ejes.".

Asimismo, "…la creación y el desarrollo de infraestructuras que fomenten la interconexión de las redes nacionales con el fin de facilitar el enlace de las regiones insulares o similares, así como de las regiones enclavadas, periféricas y ultraperiféricas con las zonas centrales de la Comunidad." (Ver mapa 4-5, p. 224).

El citado documento (Ibidem, p. 12), también dice que "La red incluirá asimismo la infraestructura de gestión de la circulación, de información a los usuarios, de actuación en caso de incidentes y emergencias y de cobro electrónico de cánones, que se basará en la cooperación activa entre los sistemas de gestión de la circulación europeos, nacionales y regionales y los proveedores de servicios de información sobre viajes y circulación y de servicios de valor añadido, y garantizará la necesaria complementariedad con las aplicaciones cuya implantación se facilita con el programa de redes transeuropeas de telecomunicaciones."

En cuanto a la red de ferrocarriles, está formada por la red ferroviaria de alta velocidad y la red ferroviaria convencional (sólo haremos referencia a esta última). Como se indica en el citado documento (Ibidem, p. 13), "La red ferroviaria convencional constará de líneas para el transporte ferroviario convencional de pasajeros y mercancías, incluidos los tramos ferroviarios de la red transeuropea de transporte combinado,…, los enlaces de acceso a los puertos marítimos y de navegación interior de interés común y a las terminales de carga accesibles a todos los operadores."

Asimismo, se dice en el documento que "La red ferroviaria comprenderá las infraestructuras y equipos necesarios para la integración de los servicios de transporte ferroviario y por carretera, y cuando proceda de los servicios de transporte marítimo y aéreo. En este sentido, se prestará particular atención a la interconexión de los aeropuertos regionales con la red." (Ibidem).

También, que "La red ferroviaria ofrecerá a los usuarios un elevado nivel de calidad y seguridad, gracias a su continuidad y al desarrollo progresivo de su interoperabilidad, en particular mediante la armonización técnica y el sistema armonizado de mando y control ERTMS recomendado para la red ferroviaria europea. Con este fin, la Comisión establecerá, en consulta con los Estados miembros, un plan de implantación coordinado con los planes nacionales." (Ibidem, p.14).

Por otra parte, el documento de la Comisión de las Comunidades Europeas, *Redes Transeuropeas: Hacia un enfoque integrado*, señala que "Las redes transeuropeas (RTE) contribuyen también al aumento de la competitividad de la Unión, a través de grandes programas industriales de importancia estratégica para la independencia de la Unión, como GALILEO, ERTMS y SESAR[139] (2007, p. 3). Con respecto al párrafo

[138] Los objetivos enunciados (artículo 2) y las grandes líneas de acción (artículo 4), hacen referencia a la Decisión nº 1692/96/CE a la que modifica la nº 884/2004/CE y no aparecen expuestos en esta última.

[139] GALILEO, Sistema global de navegación por satélite (GNSS) desarrollado por la Unión Europea (UE); ERTMS, Sistema de Gestión de Tráfico Ferroviario Europeo (*European Rail*

anterior, señalaremos, que es necesario tener en cuenta que la infraestructura de transporte, incluidos los Sistemas Inteligentes de Transporte y el sector de los vehículos presentan un considerable potencial de innovación.

Además, en el documento se dice que "…la utilización sostenible de los recursos es un elemento esencial de la política de las RTE, ya que los métodos más respetuosos del medio ambiente gozan de una posición privilegiada entre los proyectos prioritarios." (Ibidem, p.3). Por último, citaremos de este documento que "La combinación entre el ferrocarril y la carretera lo ha demostrado: menor utilización del espacio, obras de construcción comunes, menor impacto visual y parcelación de los paisajes, medidas comunes de reducción del impacto de las infraestructuras (protección antirruido, viaductos para animales).".

Existen posibilidades reales de que "…las infraestructuras combinadas reduzcan los costes y el impacto ambiental." (Ibidem, p. 8).Otra cuestión importante, relacionada con la Red Transeuropea de Transporte, son los corredores paneuropeos, porque son la prolongación fuera de las fronteras de la Unión Europea de alguno de sus ejes a los países no miembros.

Las tres primeras conferencias paneuropeas de transporte, celebradas respectivamente, en Praga (octubre de 1991), Creta (marzo de 1994) y Helsinki (junio de 1997), definieron como prioritarias cuatro áreas paneuropeas (los mares de Barents, Negro, Jónico y Mediterráneo) y diez corredores de transporte paneuropeos (ver mapa 4-7), que tienen el acrónimo ACPE.

En 1996 la Comisión Europea puso en marcha un proceso de evaluación de las necesidades en infraestructuras de transporte (TINA– *Transport Infrastructure Needs Assessment*) para supervisar y coordinar el desarrollo de una red de transporte integrada en los once países candidatos.La idea fue asegurar que los proyectos de infraestructura en estos países candidatos estuvieran coordinados con los proyectos dentro de las fronteras de la UE, con el objetivo de la extensión de la RTE-T a los futuros Estados Miembros.

Dado que el concepto de corredor no satisface adecuadamente las necesidades de infraestructuras en estas áreas, y con el propósito de corregir las debilidades de los corredores paneuropeos y áreas, se identificó la Red TINA. Como señalan Kartal y Transport Studies Unit of University of Oxford (2007, p. 4), los dos criterios utilizados para su identificación fueron:

- Establecimiento de una red troncal: la Comisión Europea propuso 10 corredores paneuropeos de transporte como punto de partida del proceso TINA.
- Establecimiento de los componentes adicionales de la red troncal: enlaces propuestos por los tres subgrupos regionales de TINA, después de evaluar las propuestas de los países TINA de acuerdo con el concepto de la RTE-T y sobre la base de estimaciones de costes.

Traffic Management System) es el futuro sistema común para la gestión del tráfico de las líneas de ferrocarril en el territorio de la Unión Europea (ya implantado en el trayecto en funcionamiento de la red AVE Madrid-Figueres); SESAR es el programa de modernización de la infraestructura de control del tráfico aéreo de la Comunidad Europea para los próximos años.

Mapa 4-7. Corredores Paneuropeos de transporte

Fuente: Kartal and Transport Studies Unit, University of Oxford, 2007, p.3
http://www.tsu.ox.ac.uk/pubs/1021-kartal.pdf

En el informe final de junio de 1999 del grupo TINA, que identificó dicha red, se dice que esta red, comprende "…18.030 km de carreteras, 20.290 km de vías de ferrocarril, 38 aeropuertos, 13 puertos marítimos y 49 puertos fluviales." (Cetmo, 2002, p. 1).

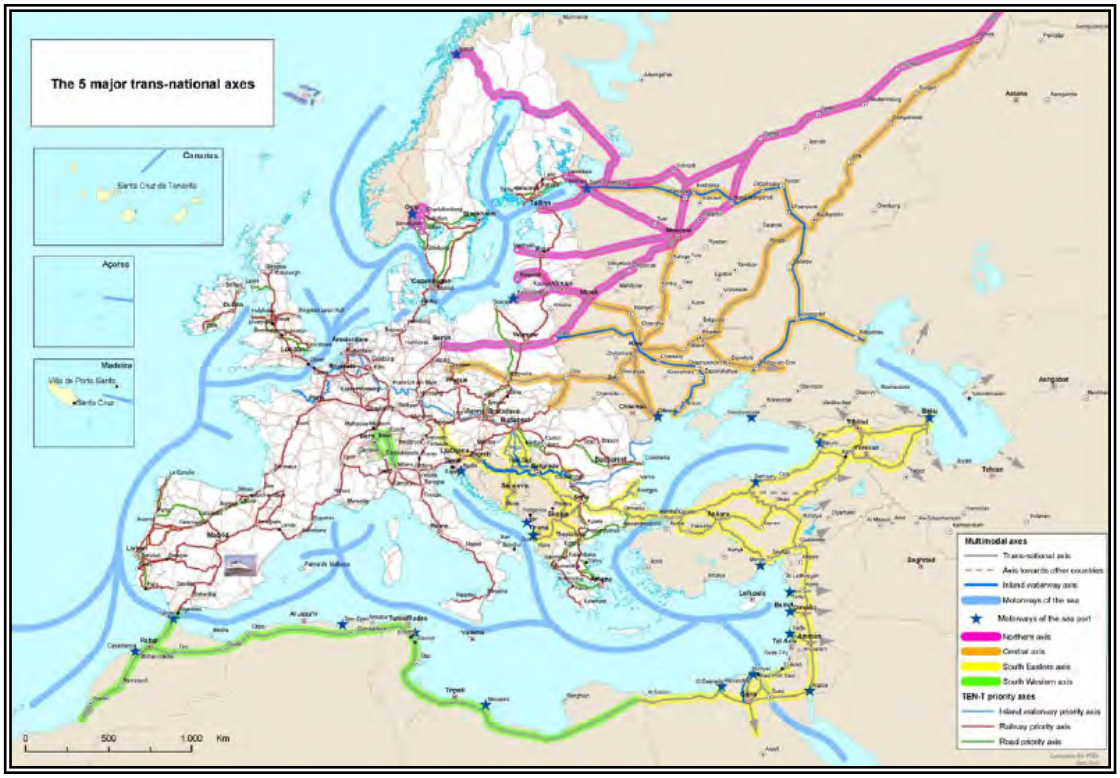
Más actualmente, en el año 2007, la Comisión Europea, recomendó actualizar el alcance del concepto de áreas y corredores paneuropeos para reflejar el nuevo contexto geopolítico tras la ampliación de la UE y conectar mejor los ejes principales de las redes transeuropeas con los de los países vecinos. Además, cabe señalar que al conectarse las distintas redes, se producirán economías de red y al incrementarse el volumen de flujos también se generarán economías de escala.

Como se señala en la Comunicación de la Unión Europea (COM (2007) 32 final, p. 8), la revisión se realizará como sigue:

- Ampliar la cobertura geográfica del concepto de ACPE teniendo plenamente en cuenta la política revisada sobre la red transeuropea y los objetivos del marco de la adhesión y la Política Europea de Vecindad.
- Ampliar las normas y los principios pertinentes sobre el mercado interior a los países vecinos, teniendo en cuenta la sostenibilidad y haciendo hincapié en la importancia de las medidas no relacionadas con la infraestructura para facilitar los flujos comerciales y de transporte a lo largo de los ejes principales.

- Reforzar la coordinación y los marcos de supervisión, con el fin de asegurar el pleno compromiso de los países afectados, y permitir la puesta en común de los recursos hacia el desarrollo sostenible de la infraestructura y que permite la proyección de las políticas de la Unión Europea incluida la dimensión social. Según estos objetivos, la Comisión Europea propone que se adopten los cinco ejes transnacionales siguientes (ver mapa 4-8):
- Autopistas de los mares: enlazar las zonas del Mar Báltico, el Mar de Barents, el Océano Atlántico (incluidas las regiones ultraperiféricas), el Mar Mediterráneo, el Mar Negro y el Mar Caspio, así como los países ribereños, con una prolongación a través del Canal de Suez al Mar Rojo.
- Eje septentrional: conectar la Unión Europea septentrional con Noruega al norte y con Bielorrusia y Rusia al este. También se prevé una conexión a la región de Barents entre Noruega y Rusia a través de Suecia y Finlandia.
- Eje central: enlazar el centro de la Unión Europea con Ucrania y el Mar Negro y, a través de una vía navegable, el Mar Caspio. También se incluyen una conexión directa de Ucrania con el ferrocarril transiberiano y un enlace de las vías navegables del Don y el Volga con el Mar Báltico.
- Eje sudoriental: enlazar la Unión Europea con los Balcanes y Turquía, y luego con el Cáucaso meridional y el Mar Caspio, así como, con Oriente Próximo hasta Egipto y el Mar Rojo.
- Eje sudoccidental: conectar la región sudoccidental de la Unión Europea con Suiza y Marruecos, incluido el enlace transmagrebí entre Marruecos, Argelia y Túnez y su prolongación a Egipto.

Mapa 4-8. Distribución de los cinco Ejes Transnacionales

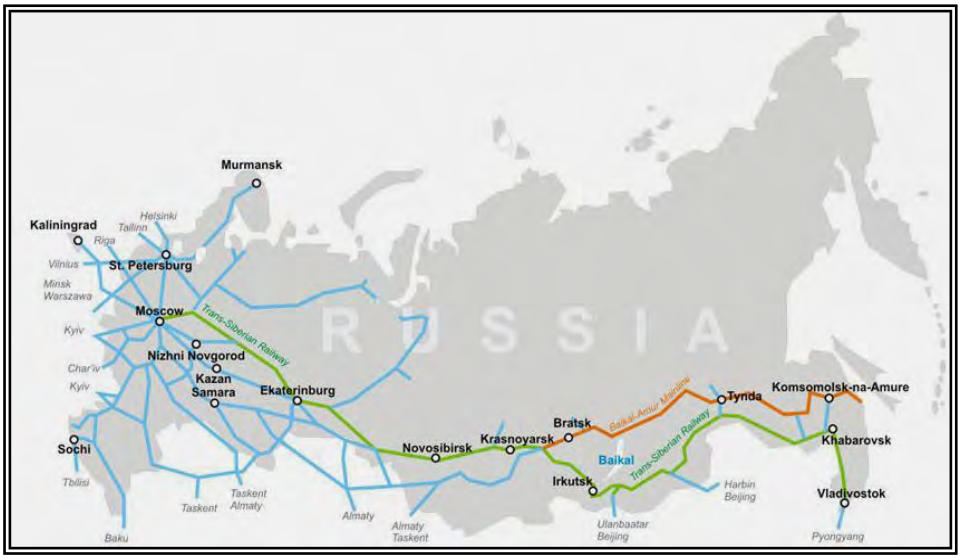


Fuente: European Commission, 2007, annex, p. 13.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0032:FIN:EN:PDF

Consideramos conveniente ampliar brevemente la descripción de alguno de estos ejes, por el alto crecimiento económico previsto en de algunos países del continente asiático, como China e India, y los recursos potenciales del continente africano. Así, estos ejes transnacionales son fundamentales para la Península Ibérica por la situación en el eje sudoccidental, que permitirán la circulación de los flujos procedentes de los dos continentes americanos a través de la conexión intermodal de la red de ferrocarril entre la fachada atlántica europea, los Océanos Pacífico e Índico a través de Eurasia y el paso al continente africano cruzando el estrecho de Gibraltar por el túnel del estrecho en estudio.

Obviamente, no sólo se tratará de mercancías en tránsito, sino que los nodos intermedios de estos ejes al estar conectados a otros ejes y redes de transporte de grandes centros de producción y consumo, contribuirán al incremento de los flujos y al alargamiento de las cadenas de distribución hacia otros puntos potenciales de consumo. Los ferrocarriles rusos en las fronteras occidentales de el país, unen su red a la de los países limítrofes, Finlandia (UE), Estonia (UE), Letonia (UE), Bielorrusia, Ucrania y Turquía (ver mapa 4-9, líneas azules). De esta forma, se conecta con alguno de los ejes de los proyectos prioritarios de la RTE-T (por ejemplo los números 12, 27, 22, 23, 25 y 18), corredores Paneuropeos (I, II y IX) y Ejes Transnacionales (septentrional, central y sudoriental).

Mapa 4-9. Mapa de la Red de Ferrocarriles Rusos



Fuente: Ferrocarriles Rusos (RZD), 2009, [en línea], [30 de mayo de 2009] http://eng.rzd.ru/isvp/public/rzdeng?STRUCTURE_ID=168

Con respecto a los ejes transnacionales, hacia el este, el septentrional, conecta desde San Petesburgo al Mar Negro, a través de Moscú, y siguiendo el eje dibujado por el Ferrocarril Transiberiano y su rama Baikal-Amur, Vladivostok y Sovetskaya Gavan, ambas ciudades situadas en el Océano Pacífico, la primera frente al archipiélago japonés.

El eje central se une al anterior en Omsk, en la Llanura Occidental de Siberia, enlazando con el Ferrocarril Transiberiano. A partir aproximadamente de los 70º de latitud este del meridiano de Greenwich, se separan ambas ramas, constituyendo, el eje Baikal-Amur, el más septentrional de los que cruzan Rusia. Si bien, existen otras líneas en latitudes más altas como la que llegan a Murmanks (en el Círculo Polar Artico), Arcángel, Vorkuta y Serguino (en el Círculo Polar Artico y poco más al este de los Montes Urales).

Hacia el sur el Ferrocarril Transiberiano (y el eje ruso norte-sur) conecta con las redes de Kazajstán (en Yekaterinburg), de China (en Novosibirsk) y de Mongolia (en Ulan-

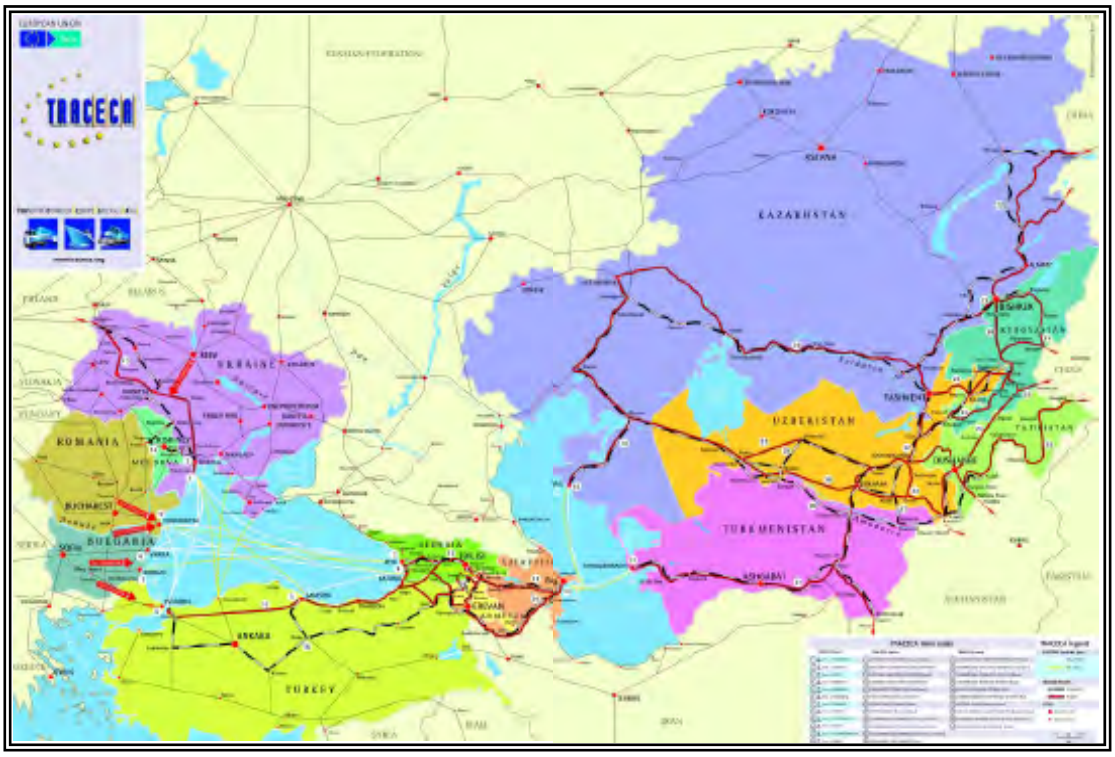
Ude). El Ferrocarril Transmongol cruza este territorio enlazando su capital, Ulan-Bator, con la red de ferrocarriles chinos hasta Pekín.

Por el sureste está en construcción, la conexión del Ferrocarril Transiberiano con Corea del Norte y Corea del Sur mediante el denominado Ferrocarril Transcoreano, desde Vladivostok hasta Pyongyang y Seúl, cruzando la frontera en Khasan-Tumangan. El trazado de la línea de ferrocarril llegaría hasta Pekín y, más hacia el sur, hasta Hanoi (Vietnam).

Por su parte, el eje transnacional central, desde Kiev (Ucrania) llega al Mar Negro y hacia el sureste, atravesando Volvogrado, se alcanza la ciudad de Astrakán en el Mar Caspio, donde se une al eje transnacional sudoriental en Bakú por vía marítima. Señalaremos que en este eje ruso de transporte norte-sur, el ferrocarril ruso llega hasta Irán, uniendo Teherán con el golfo Pérsico (Bandar Khomeiny) y el Golfo de Omán (Bandar Abbas).

En cuanto al eje transnacional sudoriental, a través del corredor TRACECA (ver mapa 4-10), ya citado anteriormente, y cuyo objetivo es la restauración de la Ruta de la Seda, enlaza Europa con la frontera China donde se conecta a la red de este país. El corredor se inicia en Europa Oriental (Bulgaria, Rumania, Ucrania), un eje del corredor atraviesa Turquía por su ruta terrestre y otro, por su ruta marítima, cruza el Mar Negro hasta a los puertos de Poti y Batumi en Georgia.

Mapa 4-10. Corredor de Transporte Europa-Cáucaso-Asia (TRACECA)

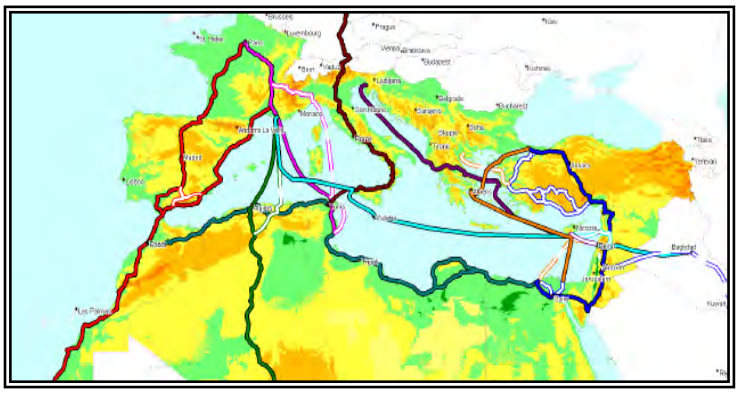


Fuente: TRACECA, 2002, p. 8-9.
http://www.traceca-org.org/rep/broshure/broshure.pdf

Continúa por el sur de la región del Cáucaso hasta Azerbaiyán y mediante los transbordadores del Mar Caspio (Bakú - Turkmenbashi, Bakú - Aktau) conecta con las redes ferroviarias de los estados de Asia Central de Turkmenistán y Kazajstán. A su vez, estas redes están conectadas a distintos puntos en Uzbekistán, Kirguistán, Tayikistán, llegando a las fronteras de Afganistán y de China (Región Autónoma de Xinjiang).

Una vez conectado el eje prioritario nº 16 a la red marroquí, el eje transnacional sudoeste se bifurca, continuando hacia el suroeste por Mauritania hasta Senegal, y hacia el este[140] por Argelia, Túnez y Libia , bifurcándose también desde Argelia hacia el sur, atravesando el Desierto del Sahara hacia Níger.

Mapa 4-11. Corredores mediterráneos



Fuente: Nestear (Coord.), 2005, p. 9. http://www.euromedtransport.org/fileadmin/download/maincontract/f5/f5_medaten_t.pdf

Continúa el corredor desde Libia hacia el este por Egipto, Israel, Jordania y Líbano[141]. Una vez en Beirut, dicho eje se bifurca hacia el este hasta Irak y hacia el norte hasta Turquía enlazando con el eje transacional sudoriental transeuropeo.

En el mapa (ver mapa 4 -11) se pueden apreciar los dos ejes que bordean la cuenca mediterránea.

El primero, el corredor multimodal transmagrebí que comprende un componente ferroviario (el tren transmagrebí) y un componente vial (la autopista de la UMA) que conecta las principales ciudades de Marruecos, Argelia y Túnez y que integra las posibilidades de conexiones marítimas y aéreas con los principales centros económicos de la orilla septentrional de la cuenca mediterránea (el Arco Latino).

El segundo, el corredor doble del Mediterráneo oriental situado en el eje natural de los intercambios comerciales entre la Unión Europea, los Balcanes y los países del Mediterráneo oriental. Este corredor comprende ejes de carreteras y ferrocarriles que comunican los principales puertos y aeropuertos de la región. El corredor parte de Bulgaria, atraviesa Turquía y se divide en dos ramas, una paralela a la costa a través de Siria, Líbano, Israel y Egipto, y otra, que atraviesa las mesetas Siria y jordana.

El desarrollo de estos ejes podría servir para fomentar la integración regional y la coherencia de las redes de los socios mediterráneos con la red transeuropea. En cuanto a la parte ibérica del eje suoccidental destacaremos que el citado eje, se articula en dirección norte-sur con el actual corredor del proyecto prioritario nº 16 de la RTE-T, *Sinés y Lisboa-Madrid*, que conecta la Península con Europa, atravesando el macizo pirenaico a través de túnel de base por el Pirineo Central (Travesía Central del Pirineo), y Africa, cruzando el estrecho de Gibraltar por un túnel del que ya se han realizado estudios.

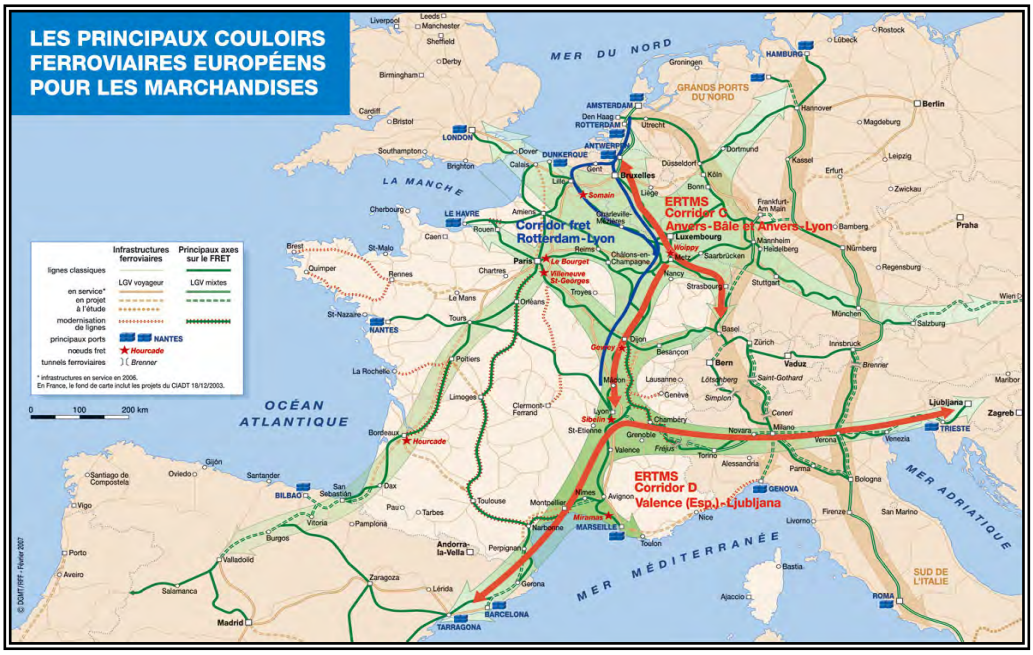
---

[140] La cooperación de la Unión Europea en la región mediterránea en el sector transporte se puso en marcha en 1995 con motivo del Proceso de Barcelona, en que se creó la Asociación Euromediterránea. El objetivo de esta cooperación es la elaboración de un sistema de transporte regional integrado.

La primera conferencia ministerial euromediterránea de transportes se celebró en Marrakech en 2005. Los debates ministeriales se basaron en las conclusiones del Libro Azul sobre Transportes en el Mediterráneo (elaborado por el Fórum euromediterráneo de Transportes) y el Informe final del Grupo de Alto Nivel sobre la extensión de la red transeuropea de transportes en los países vecinos.

[141] La Unión Europea se refiere al Mashrek formado por Egipto, Jordania, Líbano, la Autoridad Palestina y Siria.

Mapa 4-12. Principales corredores europeos para las mercancías



Fuente: Ministeré de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, Le réseau ferroviaire - cartes et projets, principaux couloirs ferroviaires européenes pour les marchandises. http://www.transports.equipement.gouv.fr/ affiche article.php3?id article=7486

Como se puede apreciar en el mapa anterior (ver mapa 4-12), los actuales corredores cruzan la barrera pirenáica por sus extremos occidental (Irún-Hendaya) y oriental (Portbou-Cerbère). Sin embargo, se trata de dos pasos fronterizos saturados y, a pesar de los proyectos en curso para mejorar esta situación, serán insuficientes para atender la demanda inmediata.

El estudio informativo para la construcción del túnel de baja cota que atraviese los Pirineos ha realizado la valoración de once alternativas para su trazado[142]. La conexión uniría Zaragoza con Europa, al estar considerada esta ciudad como un nodo ideal por su situación geográfica, en el centro del hexágono formado por Bordeaux, Toulouse, Bilbao, Barcelona, Madrid y Valencia.

Con el centro de Europa, Zaragoza, se uniría a través del Macizo Central francés hasta París, vía Orleáns, pasando por Rotterdam, utilizando la parte final del corredor que une Lyon con este puerto y, desde allí, hasta el puerto de Hamburgo (Alemania), en la desembocadura del río Elba, por la nueva línea de ferrocarril dedicado al transporte de mercancías entre ambos puertos (Línea de Betuwe)[143].

En dicho estudio de las once alternativas se ha realizado un análisis multicriterio de las mismas y se ha considerado que el eje Zaragoza-Huesca-Tarbes-Agen como el más adecuado (ver mapa 4-13) para responder a los distintos retos (Alternativas, 2005, p. 30)[144]. Se señala en la citada revista Alterntivas (Ibidem) que los motivos de esta elección han sido las menores dificultades en el medio natural y humano, las mejores

[142] Puede consultarse el informe informativo de la travesía completo en la página web de la Fundación Transpirenáica. http://www.transpirenaica.org/comun/documentos/Estudio.asp

Señalaremos, que este proyecto no es excluyente con el de la reapertura de la línea Zaragoza-Canfranc-Olorón-Pau con el que comparte un tramo del trazado. El estudio *Posibilidades y viabilidad para la reapertura del Canfranc* del Consejo Económico y Social de Aragón se presentó el mes de noviembre de 2009.

[143] La línea se inauguró en 2007. Ver proyecto prioritario nº 5.

[144] La alternativa tiene un trazado por Zaragoza-Huesca-Pierrefitte-Nestalas-Tarbes-Vic-Bigorre-Auch-Agen (Alternativas, 2005, p.32).

potencialidades de la infraestructura en cuanto al reparto del tráfico y las posibilidades de desarrollo para ciudades medianas como Zaragoza, Huesca, Agen, Pau, Tarbes y Lourdes.

No obstante, señalaremos que el proyecto no está exento de una gran oposición por parte de los habitantes de los valles que atraviesa. El túnel de base atravesaría el macizo del Vignemale (3.298 m) a una baja cota (alrededor de 920 m) y tendría una montera mínima de aproximadamente 2.000 m. Comenzaría en su parte española en el municipio oscense de Biescas y terminaría en el municipio francés de Pierrefitte Nestalas (la localización de esta boca podría modificarse ligeramente).

De los 41,7 km de túnel, 20,9 km corresponderían a la parte española del subsuelo del macizo y el resto a Francia. Su pendiente sería ascendente en los primeros 12 kilómetros, donde presentaría una rampa del 5,1‰, y descendente en el resto con una pendiente del 11,5‰[145]. Las curvas tendrían una longitud mínima de 360 metros. (Fundación Transpirenáica, 2002d).

Mapa 4-13. Alternativa seleccionada para la TCP. Valle del Gállego

Fuente: Fundación Transpirenáica, 2002c, trazado alternativa Gállego http://www.transpirenaica.org/ESP/Documentos/pdf/2003/Estudio06ES.pdf

También, señalaremos que existen diversos estudios, a ambos lados de la cordillera pirenaica, sobre la estructura y funcionamiento de la logística en esos territorios. Es significativo el que esta realizando el Zaragoza Logistic Center *Impacto desde el punto de vista logístico de la Travesía Central de los Pirineos en las principales infraestructuras e industrias del Sudoeste europeo*. Otro estudio interesante, en nuestra opinión, es el del *Institut Cerdá* y la *Direction Régionale de l'Equipement Midi-Pyrénées* (2007).

Lo es tanto por su escala -todo el espacio transpirenaico- como por el enfoque territorial que se utiliza (ver mapa 4-14). Para alcanzar una visión precisa de la realidad logística de dicho espacio transpirenaico en el estudio se consideran necesarias las siguientes cuestiones (Institut Cerdá et Direction Régionale de l'Equipement Midi-Pyrénées, 2007a, p. 7):

- La identificación y caracterización de los flujos y de los lugares generadores de los mismos.
- La identificación, la caracterización y la comprensión de los principales actores de la logística.
- La comprensión de las lógicas logísticas y de intercambio que se producen sobre el territorio.
- Una apreciación de la dinámica logística territorial.

[145] http://www.transpirenaica.org/ESP/Documentos/pdf/2003/Estudio10ES.pdf

- Una visión clara de los polos y zonas con vocación logística que se estructuran en estrecha interrelación con el sistema de infraestructuras de transporte.

Mediante el análisis de las anteriores cuestiones el estudio proporcionará en su conjunto tres elementos distintos y complementarios (Ibidem): el primero, un inventario de lugares que será un observatorio logístico territorial dotado con elementos de conocimiento y de comprensión de la situación, de los actores y de los flujos, incorporando abundantes gráficos y cartografía.

El segundo, un análisis logístico para la comprensión territorial de las lógicas y las dinámicas geoeconómicas de las empresas, de los sectores y de las cadenas de suministro, así como de las dinámicas territoriales y de los agentes públicos.

Por último, un enfoque estratégico y de acción para proporcionar herramientas de intervención a los actores del espacio transpirenaico para organizar y estructurar el desarrollo de la función de logística, su inicio y para optimizar las relaciones materiales e inmateriales que se derivan.

En cuanto a la conexión con el continente africano -en el otro extremo del eje- el eje trasnacional sudocidental enlazaría con el trazado del proyecto prioritario nº 16 hasta el sur de España, desde donde, mediante el citado túnel subterráneo se conectaría a la red ferroviaria marroquí[146].

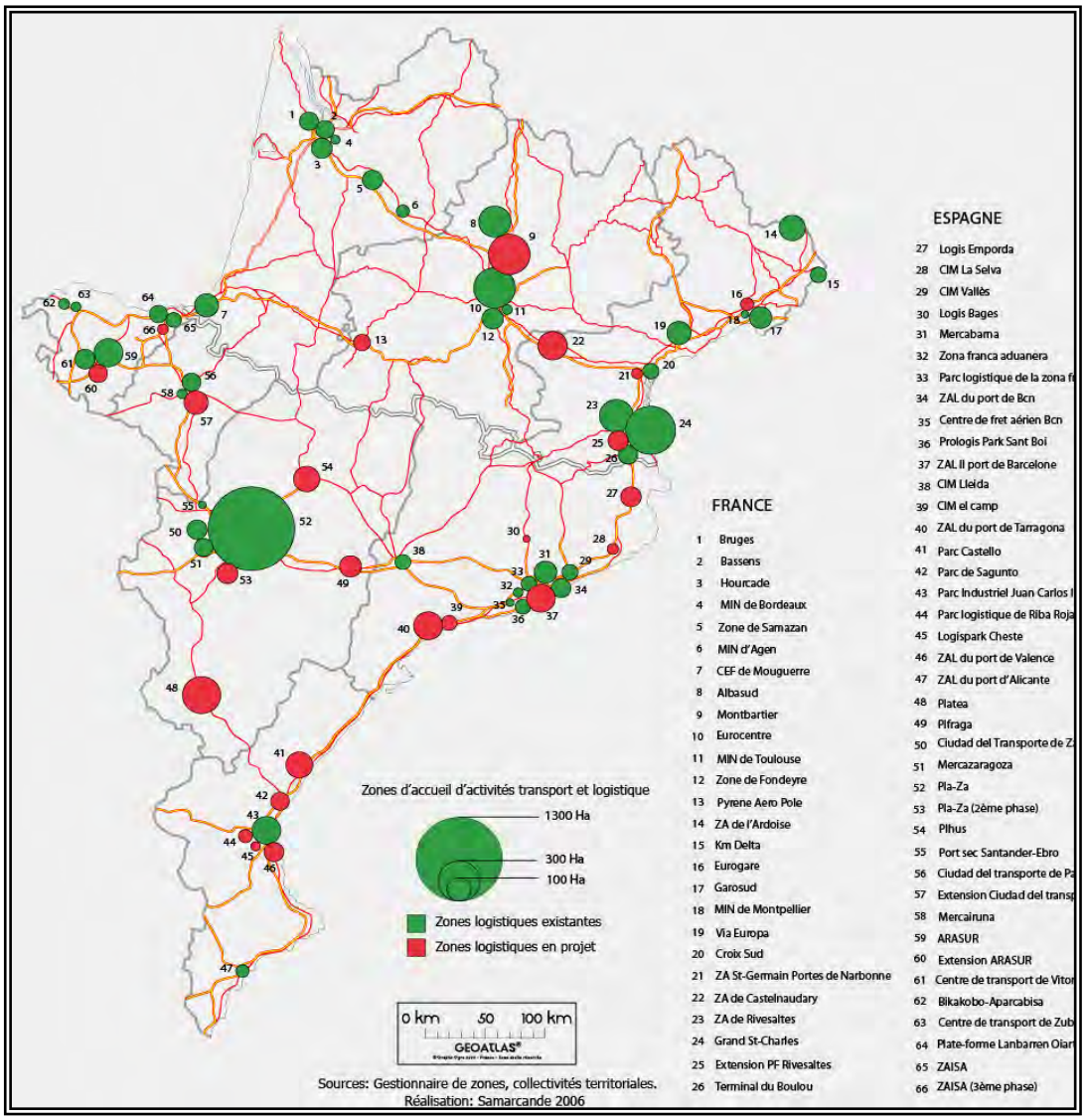
Los estudios permitieron en 1996 la elección como solución de un túnel ferroviario subterráneo, fundamentado en el análisis multicriterio entre las diferentes alternativas estudiadas como son puentes sobre apoyos fijos, puente sobre apoyos flotantes, túnel apoyado sobre el fondo, túnel flotante, túnel excavado.

Las razones para la elección del túnel como solución base fueron la accesibilidad a las técnicas de construcción, la ausencia de interferencia con la navegación marítima y riesgos de colisión, y la compatibilidad con la realización por fases según la evolución del tráfico futuro (SNED y SEGED, 2007, p. 8). Por otra parte, como se dice en Nota Informativa (SNED y SEGED, 2006, p. 3), la configuración del Estrecho es bien conocida. Destacan dos corredores característicos de gran importancia para el Proyecto:

- El “Cañón del Estrecho”, entre Punta Cires y Punta Canales, con una anchura de 14 km entre orillas y hasta 900 m de profundidad; constituye la ruta más corta entre África y Europa.
- El “Umbral del Estrecho”, entre Punta Malabata y Punta Paloma, con un ancho de 28 km entre orillas y del orden de 300 m de profundidad; es la ruta menos profunda entre ambos continentes.

[146] El lanzamiento oficial de los estudios del Proyecto de enlace fijo a través del Estrecho de Gibraltar se realizó conjuntamente por Sus Majestades Hassan II de Marruecos y Juan Carlos I de España en junio de 1979. Esta decisión Real se materializó el 24 de octubre de 1980, con la firma de un acuerdo entre ambos gobiernos, creando, por una parte, un Comité Mixto Hispano-Marroquí, que constituye el órgano de dirección del proyecto y, por otra parte, dos Sociedades de estudios estatales, la Société Nationale d’Etudes du Détroit (SNED) en Rabat y la Sociedad Española de Estudios para la Comunicación Fija a través del Estrecho de Gibraltar, S.A. (SECEGSA) en Madrid. Para ampliar la sobre este proyecto información ver http://www.secegsa.com

Mapa 4-14. Zonas de centros de actividades de transporte y logística



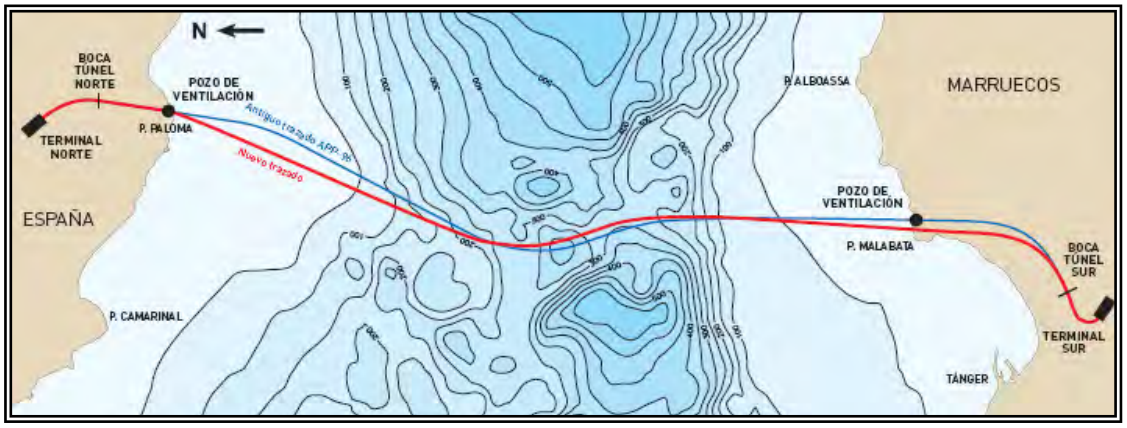
Fuente: Institut Cerdá y Direction Régionale de l'Equipement Midi-Pyrénées (2007b), p. 128. http://www3.midi-pyrenees.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_final_2eme_partieJanv_2007_cle5397f5-1.pdf

A lo largo de la historia del Proyecto del túnel, todos los trazados de las soluciones de cruce que se han planteado han discurrido por alguno de estos dos corredores; si bien, finalmente se ha optado por el Umbral del Estrecho, solución que consiste en un sistema de transporte análogo al del Túnel de la Mancha (ver mapa 4-15). La boca norte se situaría en Punta Paloma (Cádiz), cerca de Tarifa, y la boca sur en Punta Malabata, cerca de Tánger, en Marruecos.

El trazado propuesto inicialmente (Trazado B0) discurría a -400 m bajo el nivel del mar en su punto más profundo y disponía de una montera mínima de terreno de 100 m. Sin embargo se está estudiando otro trazado a -400 a -500 metros de profundidad que atraviesa las brechas y evita las arenas bioclásticas[147].

[147] Granulométricamente suelen ser arenas gruesas o muy gruesas de forma dominante, aunque puede aparecer esta litología con granulometría más fina. Son generalmente facies no bioturbadas.

Mapa 4-15. Trazado en planta del Túnel del Estrecho



Fuente: SNED y SEGED, 2007, p. 8.

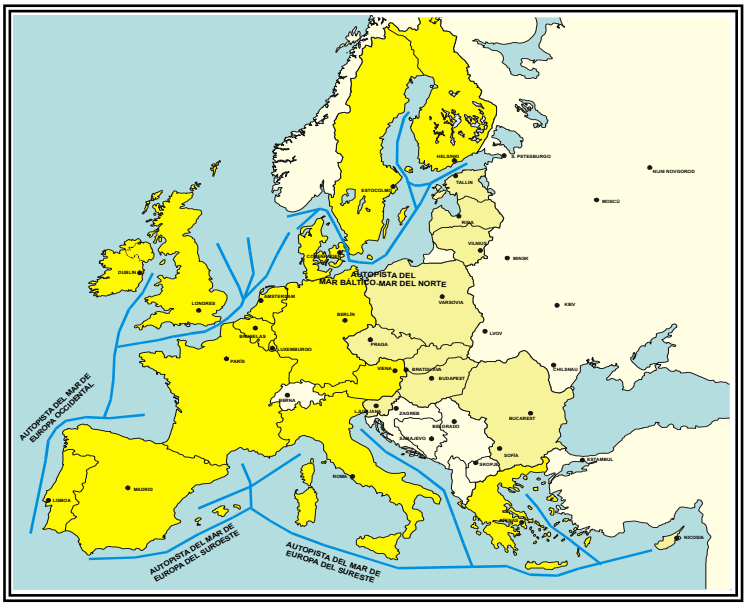
En cuanto a la longitud del trazado, la distancia entre estaciones terminales sería de 42 km, la longitud total del túnel de 38,7 km y la longitud del túnel submarino de 27,7 km. Además, según los estudios disponibles las pendientes resultantes del 20 ‰ al 30 ‰, seguirían siendo en todo caso compatibles con un enlace ferroviario y con los parámetros de explotación previstos en la alternativa base, a condición de incrementar la potencia de tracción de los trenes de mercancías y de los trenes-lanzadera mediante una o dos locomotoras adicionales. (SNED y SEGED, 2006, p. 7).

Señalaremos por último, sobre este proyecto, que las condiciones para la conexión del enlace fijo a las redes norte y sur presentan una asimetría. Del lado sur, el acceso al túnel se encuentra situado muy próximo a un nudo carretero y ferroviario de primer orden, como lo es Tánger; sin embargo, el acceso del lado Norte se encuentra relativamente alejado de todo nudo importante, lo que hace necesaria la construcción de considerables obras de conexión, en particular para la conexión ferroviaria, como son las de la línea ferroviaria entre Cádiz y Algeciras prevista en el PEIT (SNED y SEGED, 2006, p. 5).

Por otra parte, una categoría diferente de corredor, pero incluido en la RTE-T y en los ejes transnacionales, son las líneas de transporte marítimo de corta distancia (*Short See Shipping*) que conformarían las “autopistas del mar” (ver mapas 4-5, 4-8 y 4-16). El Transporte Marítimo de Corta Distancia (TMCD) es para la Unión Europea “…el transporte de mercancías y pasajeros entre puertos de la Unión o entre éstos y puertos no europeos de países ribereños del mar Mediterráneo, Negro y Báltico y de Noruega e Islandia. El SSS incluye tráfico nacional e internacional a lo largo de la costa y hacia y desde las islas, los ríos y los lagos” (Uniport Bilbao et al., 2005, p. 7).

Por su parte, el concepto de TMCD como se desprende del párrafo anterior, queda muy vinculado al de Autopista del Mar. En la declaración de Nápoles de julio de 2003, se define este concepto “…como el segmento marítimo que conecta dos puertos, (o cualquier combinación de puertos como conjunto de dichos segmentos) interconectados a su vez con las redes transeuropeas y los corredores intermodales, que salvaguardando la cohesión social, configuran un sistema intermodal eficiente donde las mercancías son rápidamente transferidas entre modos a través de la optimización de las operaciones portuarias, superando barreras naturales y áreas sensibles así como otros obstáculos geográficos.” (Ibidem).

Mapa 4-16. Las Autopistas del Mar



Fuente: López Corral, A. M. (2003), diapositiva 20.

Aunque, como señala la Comisión de las Comunidades Europeas (2004, p. 4), el transporte marítimo de corta distancia sería el modo que utilizaría las autopistas del mar, el concepto en el que se basa es más amplio, ya que, además de los enlaces internacionales entre los Estados miembros la Unión Europea, el transporte marítimo de corta distancia establece conexiones con terceros países cercanos, conexiones nacionales y conexiones entre el continente y las islas.

La red transeuropea de autopistas del mar tendrá por objeto concentrar flujos de mercancías en itinerarios logísticos de base marítima, con objeto de mejorar las actuales conexiones marítimas o establecer nuevas conexiones viables, regulares y frecuentes para el transporte de mercancías entre Estados miembros, a fin de reducir la congestión vial o mejorar el acceso a las regiones y los Estados insulares y periféricos. Como consecuencia de la toma en consideración de la importancia de las Autopistas del Mar, en la revisión de las Orientaciones Comunitarias para el desarrollo de la RTE-T de 2003[148], se establece el proyecto prioritario nº 21 para el desarrollo de las mismas.

Son cuatro las autopistas del mar que se han incluido en ese proyecto (Ibidem, p. 7):

- Autopista del mar Báltico (conecta los Estados miembros del mar Báltico con los de Europa Central y Oriental, incluida la ruta a través del mar del Norte/Canal del mar Báltico).
- Autopista del mar de Europa Occidental (de Portugal y España a través del Arco Atlántico al mar del Norte y el mar de Irlanda).
- Autopista del mar de Europa Sudoriental (une el mar Adriático con el mar Jónico y el Mediterráneo Oriental incluido Chipre).
- Autopista del mar de Europa Sudoccidental (Mediterráneo Occidental, que conecta España, Francia e Italia, incluida Malta, así como la autopista del mar de Europa Sudoriental, incluidos los enlaces con el mar Negro).

[148] COM (2003) 564 final, de 1 de octubre de 2003, por la que se modifica la Decisión 1692/96/CE sobre las Orientaciones Comunitarias para el desarrollo de la RTE-T. Ver también, el Programa de Fomento del Transporte Marítimo de Corta Distancia COM (2003) 155 final, de 7 de abril de 2003. Este programa establece 14 medidas con el objetivo de mejorar el transporte marítimo de corta distancia y eliminar los obstáculos que impiden su desarrollo.

En el mapa anterior (ver mapa 4-16) están rotuladas la autopista del mar de Europa Occidental, la del mar de Europa Sudoccidental y la del mar de Europa Sudoriental. De lo dicho hasta ahora sobre las autopistas del mar podemos extraer cuatro características fundamentales. Son rutas marítimas que conectan preferentemente puertos situados en ejes transeuropeos, favorecen la superación de barreras geográficas (Pirineos, Alpes, Mar Báltico…), fomentan la formación de cadenas logísticas y eliminan el tránsito de camiones en carreteras congestionadas.

Sobre el Transporte Marítimo de Corta Distancia señalaremos que la Comisión Europea afirma que hay tres razones principales para promoverlo (Comisión Europea, 1999b, p. 4):

- Fomentar la sostenibilidad general del transporte. En este contexto, se debería hacer hincapié en el transporte marítimo de corta distancia como alternativa segura y favorable para el medio ambiente, en especial, ante la congestión del tráfico por carretera.
- Reforzar la cohesión de la Comunidad, facilitar las comunicaciones entre los Estados miembros y entre las regiones europeas, y en revitalizar las regiones periféricas.
- Incrementar la eficiencia del transporte para responder a la demanda actual y futura generada por el crecimiento económico. Con este fin, el transporte marítimo de corta distancia se convertiría en parte integrante de la cadena logística de transporte y en un auténtico servicio puerta a puerta.

Como se ha señalado en numerosas ocasiones, uno de los objetivos de la intermodalidad es integrar mejor el transporte en la logística y la gestión de la cadena de abastecimiento. La capacidad de interconexión y la interoperabilidad son elementos fundamentales de la intermodalidad porque son requisitos indispensables para el buen funcionamiento de las operaciones logísticas.

Por esta razón, entre otras, la intermodalidad entre los modos de transporte de superficie, bien de forma bimodal o trimodal, es un fuerte elemento estratégico que es necesario potenciar. En cuanto a las conexiones entre los distintos modos de superficie, nodos intermodales y puertas de enlace, también se ha hablado, así como, de la RTE-T y los enlaces a los ejes transnacionales. Queda pues referirnos, si bien de forma breve a las líneas para el transporte de mercancías y al desarrollo de otros ejes o corredores que, conectados a dicha RTE-T y a los citados ejes, tienen un alcance espacial mucho más distante conectando el lejano oriente a través de Eurasia.

Con respecto a este tipo de líneas, a nivel estratégico, la Unión Europea en la Directiva 2001/12/CE[149] "…contempla una red transeuropea de transporte de mercancías por ferrocarril." (Parlamento Europeo, 2004, p.6). Se hace referencia, a la citada directiva (2001, p. 1) en la que se hace alusión a "…la denominada Red Transeuropea de Transporte Ferroviario de Mercancías…" para el transporte internacional de mercancías.

En su comunicación *Hacia una red ferroviaria con prioridad para las mercancías* (2007c), se dice que, además, de otras acciones ya emprendidas, como la creación de un mercado del transporte de mercancías a escala europea (mediante los paquetes ferroviarios), el desarrollo de la interoperatividad técnica y de normas de seguridad comunes y el establecimiento de una red ferroviaria dentro del marco de la Red Transeuropea de Transportes, la Unión Europea "…retoma el proyecto de promoción de «una red de transporte ferroviario de mercancías»." (Comisión de las Comunidades Europeas, 2007c, p. 3). El objetivo es la creación de una red ferroviaria europea que estructure una parte de la RTE-T, donde el transporte de mercancías sea más fiable y eficaz, ofreciendo una mejor calidad de servicio en cuanto a los tiempos de recorrido, la fiabilidad y la capacidad.

[149] Directiva 2001/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2001 por la que se modifica la Directiva 91/440/CEE del Consejo sobre el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios.

Las acciones propuestas serían las siguientes (Ibidem, pp. 7-9):

- Creación de un corredor orientado al transporte de mercancías: ante una gestión demasiado fragmentada, siguiendo lógicas nacionales, que limita la eficacia de las inversiones financieras y la gestión operativa del tráfico nacional. La comisión propondrá una definición jurídica de la estructura del corredor, animará a los Estados miembros y a los gestores de infraestructuras a crear corredores transnacionales orientados al transporte de mercancías y estudiará las posibles fuentes de financiación.
- Medición de la calidad del servicio de un corredor: ya que la calidad sigue siendo un punto débil del transporte ferroviario de mercancías; para ello propondrá una medida legislativa relativa a la publicación de índices de calidad.
- Capacidad de la infraestructura de un corredor: puesto que hay determinados tramos que se encuentran saturados, sobre todo en algunas zonas centrales de la Unión Europea, y aparecerán nuevos puntos de congestión que serán problemáticos hacia 2020. Además de mejorar la capacidad de la infraestructura en cuanto a la longitud de los trenes, el gálibo, la carga por eje y la velocidad máxima. La competitividad de la carga también puede mejorarse aumentando los volúmenes que puede transportar cada tren.
- Asignación de franjas: más coordinación y prioridad al transporte internacional de mercancías. Actualmente la asignación de franjas corresponde a los gestores de infraestructuras y que lo hacen según normas que varían de un Estado a otro. Por ello es útil la armonización de normas para la asignación de franjas dentro de cada corredor, organizando la distribución de la capacidad para que el transporte de mercancías, sobre todo para el tráfico internacional, utilice franjas eficaces y fiables.
- Normas sobre la prioridad en caso de perturbación del tráfico para los puntos que se saturan regularmente: estableciendo legislación sobre la jerarquización del tráfico en caso de que existan esas perturbaciones en la línea.
- Servicios ferroviarios anexos: completar las medidas de los puntos anteriores con iniciativas que desarrollen las capacidades de las terminales y zonas de maniobras en toda la red, puesto que son eslabones esenciales de la cadena moderna de producción del transporte ferroviario.

Las razones para el desarrollo de esta red orientada a las mercancías, como ya se ha mencionado, están relacionadas con la saturación de algunas zonas centrales de la Unión Europea, a consecuencia de los intercambios entre las áreas industriales más importantes de dichas zonas.

Cuadro 4-7. Red ferroviaria orientada a las mercancías: Fiabilidad-Prestaciones-Competitividad

	Situación actual 2005	Situación meta de la red orientada al transporte de mercancías para el 2015
Fiabilidad	Puntualidad (retrasos < 30 minutos) 60 %[2]	90 %
Prestaciones	Velocidad comercial media 20-50 km/h	60 km/h (debe adaptarse de acuerdo con el tipo de servicios)
Competitividad	Participación modal[3] 10 % - 20 %	30 % - 40 %

Fuente: Comisión Europea, 2006, p. 2.

En cuanto a las características que deberá tener esta red orientada al transporte de mercancías señalaremos, que estarán encaminadas a mejorar la fiabilidad y las prestaciones para conseguir una mayor fluidez del tráfico de mercancías.

A continuación, indicamos algunas de las características más concretas, en nuestra opinión, del conjunto que se citan en el documento Red Básica de Transporte de Mercancías por ferrocarril de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles y ADIF, que a su vez contiene tres documentos de diversas fuentes[150].

En el cuadro (ver cuadro 4-7), se indican los valores meta para el año 2015. Como se puede apreciar, los valores de los tres parámetros fueron muy bajos en el año 2005 y continúan sin mejorarse en la actualidad. La velocidad comercial media hace referencia a trenes de mercancías en un itinerario internacional y está en función del tipo de de servicio y productos transportados.

Con respecto a los porcentajes de participación modal del ferrocarril, se considera el volumen de mercancías total transportado en todos los modos y se afirma que varían en los diferentes corredores (Comisión Europea, 2006a, pp. 3-7).

Sobre las bajas velocidades medias añadiremos que las causas principales se pueden encontrar en los importantes retrasos que sufren los trenes en los procedimientos de cruce de fronteras, en la capacidad limitada debido a la insuficiencia cualitativa y cuantitativa de vías y equipos, y en los tiempos de espera en las terminales y estaciones de clasificación (Ibidem).

En cuanto al desarrollo de dicha red, se contemplan tres alternativas (Ibidem, p. 10):

- Opción A: *statu quo*. Consiste en que los administradores de infraestructuras y operadoras de transporte mejoren la red y los servicios de acuerdo con un calendario determinado por sus propias prioridades.
- Opción B: red orientada al transporte de mercancías por ferrocarril. Promover una serie de medidas como un paquete para la paulatina creación de una red orientada al transporte al ferrocarril como anticipación de una red dedicada exclusivamente a dicho transporte.
- Opción C: Promoción del desarrollo de una auténtica red dedicada exclusivamente al tráfico de mercancías por ferrocarril.

[150] Los tres documentos que reúne el citado documento son: 1) *Documento de Consulta* de la Dirección de Transportes Interiores de la Dirección General para la Energía y el Transporte de la Comisión Europea (2006). 2) *Documento de posición de EIM (European Rail Infrastructure Managers,* Asociación Europea de Administradores de Infraestructuras Ferroviarias) (2006) sobre el documento anterior. 3) Documento de posición del CER (*Community of European Railway and Infrastructure Companies,* Comunidad de Ferrocarriles y Empresas de Infraestructura Europeos) (2006).

Cuadro 4-8. Red orientada al transporte de mercancías por ferrocarril

Medidas relacionadas con las operaciones del sistema ferroviario	
Medida B1	**Optimizar los criterios de prioridad en caso de retrasos**
Medida B2	**Optimizar el proceso de asignación de surcos horarios**
Medida B3	**Generalizar los centros de operaciones bilaterales o multilaterales**
Medida B4	**Simplificar las operaciones del tráfico transfronterizo**
Medida B5	**Mejorar la circulación de la información y la gestión de datos**
Medida B6	**Optimizar las operaciones en las terminales**
Medida B7	**Generalizar las cláusulas de calidad y las compensaciones económicas por el incumplimiento de los contratos firmados entre los grupos de interés**
Medida B8	**Asegurar una tarificación coherente de la infraestructura sobre la base del coste marginal**
Medida B9	**Asegurar una gestión / seguimiento de las operaciones en la red, estableciendo una "organización común de los corredores"**
Medida B10	**Fomentar la aparición de nuevos modelos de negocio**
Medidas relacionadas con las infraestructuras del sistema ferroviario y el material rodante	
Medida B11	**Concentrar las obras de infraestructura y terminales en las secciones prioritarias, y coordinarlas a nivel de todo el corredor**
Medida B12	**Fomentar la implementación de sistemas interoperables y tecnologías altamente eficientes**

Fuente: Comisión Europea, 2006a, p. 11.

Si bien, dado que esta es la opción seleccionada, presentamos únicamente las medidas propuestas de la opción B en el cuadro 4-8. Como se dice en el documento citado (Ibidem, p. 11), la red identificada esta basada en la red ferroviaria transeuropea, tal y como se especifica en la Decisión 884/2004/CE, y en la red transeuropea de mercancías, descrita en la Directiva 2001/12/CE. Incluye o es totalmente coherente con los corredores definidos en los programas RTD de la Unión Europea, tales como Trend, Reorient, NEW OPERA y con la red definida en la Especificación Técnica de Interoperabilidad relativa al Mando y Control, Señalización y Telecomunicación definida como red ETCS (*European Train Control System*[151]). Continúa diciendo el documento (Ibidem) que los criterios aplicados para la selección de los corredores son:

- En interés del Mercado Único, por lo menos una conexión ferroviaria que funcione bien con cada Estado miembro para asegurar la interconexión total y el desarrollo de los negocios transeuropeos.
- Para evitar la dilución de esfuerzos e inversiones se ha definido una red central como una aproximación gradual.
- Para asegurar la máxima eficiencia se han elegido las líneas de acuerdo con su alto potencial comercial.
- Para tener en cuenta la perspectiva global se han considerado las posibles conexiones con los ejes identificados para la ampliación de la red transeuropea a los países vecinos.

[151] Para ampliar la información sobre dicha red ETCS ver la Comunicación de la Comisión de las Comunidades Europeas sobre el despliegue del sistema europeo de señalización ferroviaria ERTMS/ETCS, COM (2005) 298 final, de 4 de julio de 2005.

Según el Informe final del Grupo Estratégico de Expertos (2008, p. 20)[152], estos criterios comunes a todos los corredores se han basado en:

- El análisis flujo/volumen/capacidad actuales.
- El análisis del crecimiento potencial de flujo/volumen/capacidad.
- El análisis coste-beneficio de inversiones (modernización o reducción de cuellos de botella).
- La coherencia y adecuación con las redes existentes (TEN-T, ETCS-net, corredores de ERTMS). Estos corredores (ver cuadro 4-9) deben cumplir todas las características, excepto cuando los rasgos geográficos o las peculiaridades de la red hagan imposible alcanzar el objetivo.

Cuadro 4-9. Características de los corredores para cumplir a medio plazo (2015)

Características técnicas de las infraestructuras	Características que se deben alcanzar en los corredores a medio plazo[20]
Vías	Líneas de doble vía
Electrificación	No más de 4 tipos de corriente diferentes (15 15 kV AC, 25 kV AC, 1500 V DC, 3000 V DC)
Gálibo de carga mínimo	Gálibo de carga C
Sistemas de mando y control, señalización y telecomunicación	ERTMS con sus dos aspectos (ETCS y GSM-R)
Máxima carga por eje	25 t/eje
Máxima carga del tren	3000 t
Longitud	750 m
Máxima velocidad del tren[21]	120 km/h

Fuente: Comisión Europea, 2006a, p. 18.

La Asociación Europea de Administradores de Infraestructuras Ferroviarias (EIM) apoya la Opción B (una red ferroviaria orientada al transporte de mercancías), que podría, cuando y donde sea necesario, evolucionar hacia secciones, líneas y, finalmente, hacia una red dedicada de transporte de mercancías por ferrocarril (opción C) (EIM, 2006, p. 24). Sin embargo, esta Asociación cree que la Comisión debería reconocer y declarar expresamente en su Comunicación que los objetivos del Plan de Acción deben ser motivados tanto por las necesidades comerciales y de negocio como por las necesidades operacionales (Ibidem).

Por su parte, La Comunidad de Empresas Ferroviarias y de Infraestructuras Europeas (CER) afirma, que dentro de la comunidad ferroviaria existe un consenso global respecto a que la idea de una red completamente dedicada no es realista a corto y medio plazo. Por eso, la posición a la que se da preferencia es la "Red básica para el

[152] Fue creado por los servicios de la Comisión Europea para llevar a cabo un análisis en profundidad de los problemas de las infraestructuras ferroviarias a los que se enfrenta el transporte de mercancías. También para valorar las propuestas de la Comisión referentes a la creación de la Red Ferroviaria Europea Orientada al Transporte de Mercancías, basada en corredores de mercancías. Está compuesto por representantes de los Estados Miembros, Administradores de Infraestructuras y Operadores Ferroviarios, transportistas, puertos y Organismos Reguladores. (Grupo Estratégico de Expertos, 2008, p. 19).

transporte de mercancías por ferrocarril"[153] (Red semidedicada el transporte de mercancías por ferrocarril). (CER, 2006, p. 31). Esta red, que "…tiene su origen en los seis corredores del ERTMS."[154] (CER, 2007b, p.7), "…estaría compuesta por un cierto número de líneas dedicadas al transporte de mercancías (alrededor o a lo largo de puntos nodales y secciones congestionadas), junto con unas líneas de tráfico mixto, con una capacidad planificada para el transporte de mercancías." (CER, 2006, p.31).

CER (2007b, p. 7), asimismo dice, que "…una red ferroviaria básica de líneas transeuropeas dedicadas de transporte de mercancías y de tráfico mixto puede definirse como la columna vertebral de una red de abastecimiento más amplia para las necesidades del transporte de mercancías por ferrocarril."

En el documento (CER, 2007b, p.9), se señala también, que ni la red básica de transporte de mercancías por ferrocarril ni la red dedicada tienen por qué incluir todas las líneas de transporte de mercancías; formarían como una "cuadrícula" hecha con las líneas/corredores internacionales más importantes (tomando en consideración los flujos de transporte actuales y previsibles). Además, podrían incluir algunas líneas de alimentación, como las que enlazan, por ejemplo, con puertos u otras importantes terminales de mercancías. Para el desarrollo de la red básica a nivel práctico, CER (2006, p. 31) argumenta a favor de un proceso dinámico que comience con un número limitado de secciones dedicadas a las mercancías (o con prioridad para las mercancías).

La red está pensada para aligerar las secciones y puntos nodales más congestionados de la red europea y, posteriormente, avanzar hacia un creciente número de secciones dedicadas o con prioridad para las mercancías a medida que el tráfico vaya aumentando (en un plazo de tiempo que llega hasta el año 2040). Para la identificación de dichas secciones CER recomienda realizar un estudio geográfico específico para los corredores (o áreas geográficas) transeuropeos más importantes del transporte de mercancías (2006, p. 31).

El proceso dinámico que señala CER, es un enfoque "corredor por corredor" que, en nuestra opinión, estaría relacionado con la idea de la Comisión Europea de la "coordinación por corredores" (Libro verde 2009a, p. 17). Según el enfoque de CER, "…los planes de inversión se desarrollarían atendiendo a la situación particular del mercado en cada uno de ellos.

El tipo de mercado atendido por el corredor y los volúmenes de tráfico que se quieren atraer hacia él "…condicionarán las inversiones necesarias en infraestructura en términos de longitud de los trenes, eliminación de los cuellos de botella, inversiones en terminales y adaptaciones del ERTMS." (CER, 2007b, p.24).

Las ventajas de una estrategia de implantación de este tipo serían las siguientes (CER, 2007b, p.25):

- Las inversiones se planifican en secuencias lógicas (permitiendo un aumento gradual de los tráficos): los enlaces y puntos nodales congestionados son lo primero que se atiende y, en la medida de lo posible, con la vista puesta en satisfacer las características definidas como meta final. De este modo se pueden obtener beneficios iniciales en términos de puntualidad, velocidad y volúmenes adicionales.
- Desde el principio se construyen líneas de contorno dedicadas que circunvalan las áreas urbanas, limitando al mínimo las molestias a los vecinos (ruido,

[153] En el documento *Hacia una red básica europea de transporte de mercancías por ferrocarril*. La propuesta de CER, octubre 2007, para esta red básica se utiliza el acrónimo PERFN (*Primary European Rail Freight Network*), (CER, 2007b, p. 7.).

[154] Corredores: 1) Rotterdam-Génova. 2) Nápoles-Estocolmo. 3) Amberes-Basilea/Lyon + extensiones. 4) Valencia-Liubliana+extensiones. 5) Dresden-Praga-Budapest+extensiones. 6) Duisburgo-Belín-Varsovia.

emisiones), incrementando la prevención y la seguridad, liberando capacidad para servicios de viajeros y buscando el apoyo de la opinión pública para la continuidad de las inversiones en el futuro.

- La capacidad de la red en su conjunto para dar cabida al tráfico de mercancías aumentará de forma gradual para satisfacer la demanda de transporte ferroviario de mercancías, tanto en volumen como en calidad, para 2020 (y después).
- En el estudio de CER, utilizando dicho enfoque corredor por corredor, se analizarían caso a caso los corredores transeuropeos -o áreas geográficas- principales para determinar qué parámetro o parámetros de la infraestructura y de la producción -el gálibo de carga, la longitud del tren, la carga por eje, etc.-, deben mejorarse para obtener la máxima rentabilidad de la inversión realizada, dependiendo de la situación específica del mercado de este corredor o área geográfica (2006, p. 31).El propósito de la red básica, además del incremento de la capacidad de la red[155] para permitir el tráfico de mayores flujos de mercancías sería, como señala CER (Ibidem, p. 36), "…mejorar la competitividad del ferrocarril con respecto a la carretera, por medio de la mejora de la calidad, las prestaciones y los costes del sistema".

Sobre estos parámetros, CER (Ibidem, p. 37) considera que calidad significa prestar el servicio prometido al cliente, en términos de puntualidad, principalmente, velocidad e información. Se indica también que los niveles de calidad de una red básica de transporte de mercancías por ferrocarril se deberían establecer tomando la carretera como referencia para la comparación, permitiendo un transporte punto a punto, es decir, más allá de ella misma, incluyendo líneas secundarias que no son parte integrante de ella.

En cuanto a las prestaciones (o comportamiento) del sistema, CER dice que es la combinación de la capacidad de tonelaje, el número máximo de trenes que pueden circular por la red, la velocidad de diseño[156] y la puntualidad técnica[157] de la red. Finalmente, señala que el coste de una tonelada-kilómetro por ferrocarril no debería exceder del coste de una tonelada-kilómetro por carretera.

---

[155] CAPACIDAD se define como el volumen total (en términos de toneladas-kilómetro) que la existencia de la "red básica europea de transporte de mercancías" debe generar en la red ferroviaria completa de la Unión Europea (con 25 miembros). La densidad de tráfico (medida en toneladas-kilómetro por kilómetro de ruta) proporciona un indicador común de la utilización, distribuida a lo largo de cada kilómetro de ruta (CER, 2006, p. 47).

Señalaremos que en términos de ingeniería de tráfico, la unidades de los parámetros capacidad y densidad en un determinado tramo o trayecto de una red viene dada por el número de circulaciones por unidad de tiempo (hora o día), dado que en determinadas ventanas horarias la densidad de circulación puede ser baja y en otras alta, incluso, en niveles de saturación de la capacidad. Asimismo, también indicaremos que la unidad tonedadas-kilómetro mide la productividad de la red, si bien, en nuestra opinión, debería considerarse por unidad de tiempo para conocer la estructura temporal de determinados flujos en ciertas áreas de interés.

[156] VELOCIDAD DE DISEÑO: se define como la máxima velocidad que la red básica/dedicada debería permitir (y no como una velocidad mínima o una normal). En la práctica, la velocidad máxima real sólo se aplicaría a los trenes más ligeros (CER, 2006, p.37).

VELOCIDAD COMERCIAL: es la velocidad tal como la observa efectivamente el usuario después de haber tenido en cuenta todas las paradas y marchas lentas (CER, 2007b, p. 15).

[157] PUNTUALIDAD TÉCNICA DE LA RED: es la puntualidad observada entre dos puntos cualquiera de la "Red básica o dedicada de transporte de mercancías" en sí misma, es decir, excluyendo toda línea secundaria que no forme parte de ella. (CER, 2006, p.37).

PUNTUALIDAD COMERCIAL: es la puntualidad efectivamente percibida por el cliente, independientemente de que los puntos de origen y destino estén o no situados dentro de la llamada "Red básica europea de transporte de mercancías". Por lo tanto, esto incluye el trayecto completo, teniendo también en cuenta las líneas secundarias (que oficialmente pueden no ser parte integrante de la red básica) (Ibidem).

Mapa 4-17. Posibles itinerarios a incluir en una red básica de mercancías

Fuente: CER, 2006, p. 38

Los itinerarios posibles de una Red básica de mercancías para Europa que propone CER, se pueden ver en el mapa (ver mapa 4-17), si bien, como señala CER (2006, p. 47), están inspirados, en el estudio ERIM[158] de la UIC. Asimismo, se indica que no deben considerarse como una "reproducción" de las vías actuales o futuras, sino más bien como una indicación de las "rutas" ferroviarias transeuropeas más importantes, que son las más relevantes para las mercancías desde el punto de vista de los clientes y del mercado.

A este respecto, subrayaremos la afirmación de CER (2007b, p. 14) en la cual manifiesta que la evidencia empírica confirma, cómo la tendencia general apunta hacia un incremento fuerte y continuo del transporte de productos manufacturados ligeros que junto con el transporte combinado tienen el potencial de crecimiento más alto. También, afirma que la misma muestra un incremento mucho más débil, pero nada despreciable, del transporte de mercancía a granel, especialmente, en los itinerarios Este-Oeste.

En cuanto a las características de la red (ver tabla 4-8) que figuran en la tabla, deben ser consideradas como recomendaciones o sugerencias. El objetivo que se persigue es optimizar la eficiencia empresarial y medioambiental del transporte ferroviario de mercancías, esto es, mayor interoperabilidad combinada con trenes más largos, pesados y rápidos, e incrementar la capacidad pero limitando los costes globales de la inversión.

Tabla 4-8. Características potenciales de la red básica de mercancías

Característica	**Valores que se deben examinar / investigar en los estudios de impacto**	**Valores medios posibles (sugerencias)**
TÉCNICA		
Gálibo de carga	Perfil B, B+, C, D, doble nivel de apilado	¿Perfil C, D?
Carga por eje	22,5 t; 25 t; 30 t; 35 t (45 t)	¿22,5 t? ¿25 t?
Clasificación de la línea[12]	E1, E2, E3, E4 y más	¿E4 o mejor?
Sistema de Señalización	ETCS	¿ETCS?
Telecomunicación	GSM-R	¿GSM-R?
Electrificación	15 kV AC; 25 kV AC; 1.500 V DC; 3000 V DC, etc.	No más de cuatro tipos de corriente (¿15 kV AC; 25 kV AC; 1.500 V DC; 3.000 V DC?)
OPERATIVA		
Velocidad máxima del tren	80 km/h; 100 km/h; 120 km/h; 160 km/h	¿120 km/h (para 22,5 t por eje)? ¿100 km/h (para 25 t por eje)?
Longitud máxima del tren	750 m; 1.500 m; 3.000 m; 4.500 m; 6.000 m	750 m
Carga máxima del tren	1.200 t; 1.500 t; 3.000 t; 6.000t; 9.000 t	¿3.000 t?
Pendientes	Máximo: 12,5‰ (excepto en zonas montañosas)	¿Máximo: 12,5‰ (excepto en zonas montañosas)?
Capacidad diaria	100 trenes/día (en cada dirección de una línea de doble vía)	100 trenes/día (en cada dirección de una línea de doble vía)
Equipamiento	- doble vía - ¿ancho de vía estándar?	- ¿doble vía? - ¿ancho de vía estándar?
Regla de prioridad	Ventana temporal: 60%, 80% o dedicación plena	¿60%, 80%, 100%?

Fuente: CER, 2006, p. 39.

[158] ERIM, *European Rail Infrastructure Masterplan* (Plan Maestro de las Infraestructuras Ferroviarias Europeas), informe final de 2005 del Paquete de Trabajo 1 sobre "Análisis de los corredores de alto nivel", 31 de marzo de 2006, UIC (*International Union of Railways*).

Sin embargo, como se señala en el documento de posición de CER (2006, p. 39-40), los operadores deberían adaptar los vagones para que puedan resistir trenes más pesados (enganches más sólidos, sistemas de frenado que no se basen en aire comprimido, etc.).

También, tendrán que adaptar las características o la utilización de las locomotoras para que puedan traccionar trenes más largos y pesados.

Asimismo, existirá la necesidad ya sea de mejorar las líneas secundarias y los apartaderos de los clientes para recibir trenes más largos, o bien de construir "estaciones de clasificación nodales" (o *hubs*) para descomponer y componer trenes, con el fin de acceder a las líneas secundarias y los apartaderos de clientes. Para ello, será necesaria una mejora específica de las líneas secundarias y de los apartaderos de los clientes para adaptarlos a los nuevos anchos de eje y gálibos de carga, inclus,o adaptar la red de estaciones de clasificación existente para que se ajusten a las características de los nuevos trenes.

No obstante, en nuestra opinión, existen una serie de inconvenientes como consecuencia de que la inversión en nuevas infraestructuras sea muy elevada -incluso que su construcción sea inviable en algunos puntos-. Un gálibo de carga adaptado para permitir el paso de todo tipo de unidades de transporte -gálibo de carga C (GC)[159]- requerirá, según las características de las líneas existentes, modificar las obras de fábrica (ampliar los túneles, elevar los puentes, etc.).

Además, para poder operar en el tráfico de trenes de contenedores con vagones cargados en doble apilamiento (*double stack*), habitual en los ferrocarriles estadounidenses, sería necesario bajar la cota de las vías y/o la plataforma y/o aumentar la altura de la catenaria.

También, la construcción de nuevas infraestructuras de acceso a los puertos o el aumento de la superficie de las terminales para acoger mayores volúmenes de tráfico y trenes de 750 metros de longitud, como mínimo, será difícil por la falta de espacio.

Con respecto al ancho de vía estándar[160], caso de no realizarse, haría necesario dotar a los vagones de bogies que puedan ajustarse a diferentes anchos de vía mediante sistemas de rodadura desplazables. Se están investigando este tipo de sistemas para

---

[159] Gálibo: contorno poligonal que debe quedar libre por encima de las vías para el paso de material rodante con carga; sección transversal de referencia que permite determinar el contorno máximo del material motor y remolcado, vacío o en carga, y la posición relativa de las obras de fábrica y los obstáculos respecto a la vía. Los tipos de gálibo ferroviario son: gálibo para puentes con o sin balasto, gálibo de túnel para vía sencilla en recta, en curva, en vía doble o en vía doble en curva, gálibo de andenes, gálibo de muelles, gálibo bajo, gálibo para pasos superiores y gálibo para casos no especificados. (Fuente: Diccionario de Términos Ferroviarios, s.f.. http://www.renfe.es/comunicacion/mundotren/prensa/dicciona.html#g.

La UIC definió en 1973 tres tipos de gálibo de carga ferroviaria, gálibo A, B y C. Posteriormente, el año 1985/86, los ferrocarriles franceses definieron el gálibo B+, que con relación al gálibo B, permitía el transporte de cajas móviles de 2,6 m. de ancho por 3 m. de alto y semiremolques sobre vagones poche de 2,6 m. de ancho por 3,6 m. de alto. El ferrocarril español, al tener un ancho de vía distinto, definió una adaptación del gálibo C. (López Pita , A., 2006, p. 97).

El gálibo UIC B+ corresponde aproximadamente al gálibo UIC B1 (estándar intermodal europeo de la Unión Europea), tiene una altura de 4,18 m. y una anchura de 2, 72 m. Permite la circulación de cualquier tipo de UTI no normalizada (Fundación Cetmo, 2004, cap. 1, p. 23).

Para ampliar información y ver cálculos consultar fichas U.I.C. 505-1 y 506.

[160] El ancho europeo o ancho internacional, se conoce como ancho de vía estándar, según la Conferencia de Berna del año 1887 y corresponde a 1.435 mm.

los vagones, puesto que, la pérdida de tiempo y el coste económico de transbordar la caja del vagón a los bogies de ancho estándar es bastante elevado.

Sobre el incremento de la velocidad, en los seis corredores estudiados se ha visto que las ventajas de incrementar la velocidad técnica de las líneas por encima de los 100 km/h (que es la norma en el 93% de la longitud de los corredores) serían mínimas desde el punto de vista del mercado y ciertamente no compensarían los costes que tales incrementos llevarían aparejados. (CER, 2007b, p.18).

Además, el objetivo (CER, 2007b, figura 8, p. 15) para la red básica de mercancías que se señala, aumentar la velocidad comercial de los trenes completos de 60 km/h (10 km/h más que los camiones), con las mejoras en la gestión de tráfico y en las operaciones en las terminales (incluidas las fronterizas), entre otras medidas, no parece aventurado. Por ejemplo en el caso de la red española, la velocidad comercial media de los trenes de mercancías de Renfe Operadora fue de 54,49 km/h y de 53,09 km/h para otros operadores, lo que no está muy alejado de ese objetivo[161].

En cuanto al aumento de la carga por eje, CER (2007b, p. 18), estima que mejorar la infraestructura en estos corredores para elevar los valores de la carga por eje o, simplemente, armonizar las cargas por eje en 22,5 toneladas no parece absolutamente fundamental.

Basa su afirmación al considerar las actuales combinaciones de productos observadas en los seis corredores estudiados y las tendencias previstas del mercado hacia un crecimiento más rápido de las mercancías ligeras.

Sin embargo, sería necesario considerar en todos los corredores de la red otras dos afirmaciones anteriores de CER, "…en un corredor utilizado principalmente para transportar mercancías pesadas, el parámetro que puede ser más apropiado incrementar de un modo significativo es, tal vez, la carga por eje." (2007b, p. 11). Especialmente en los itinerarios Este-Oeste, porque se está incrementando el transporte de mercancía pesada a granel. Con respecto al peso por eje, recordaremos que está en función de las características de la infraestructura de la línea[162], las cuales determinarán el peso por eje y el peso por metro lineal.

Las líneas se clasifican generalmente de acuerdo con la Ficha 700 de la UIC, que además de definir una carga máxima por eje, también define la máxima carga equivalente distribuida longitudinalmente que resulta admisible.

De dichos parámetros se deriva la clasificación que se recoge en la tabla (ver tabla 4-9). Además, esto influye sobre el tipo de material rodante que puede ser aceptado en la ruta en cuestión, puesto que, define la distancia entre ejes para asegurar que los valores de la carga distribuida longitudinalmente no se exceden en ningún vagón ni en ninguna unidad de tracción de la composición de tren.

---

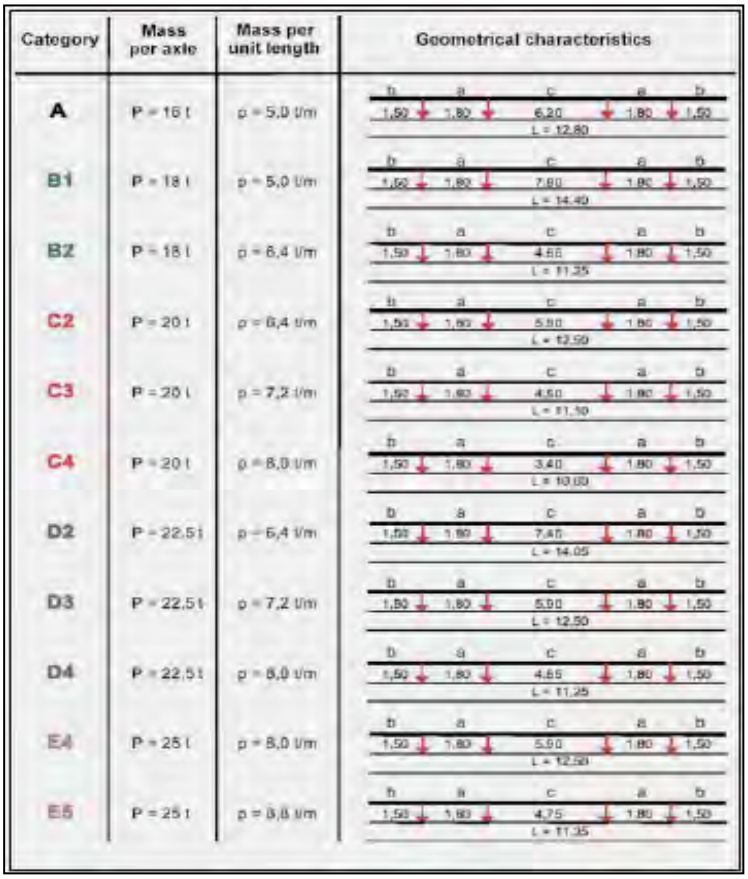
[161] Documento interno de ADIF (Control de Tráfico, 2008, p. 6)

[162] Con respecto al peso por eje, recordaremos que está en función de las características de la infraestructura de la línea, las cuales determinarán el peso por eje y el peso por metro lineal.

La infraestructura es el terreno base sobre el que se asienta la vía (plataforma). 1) Trazado: 1a) perfil en planta: rectas, curvas y curvas de transición. 1b) perfil logitudinal: rasantes, con rampas y pendientes. 1c) perfil transversal: obras de defensa como taludes y terraplenes, muros de contención, drenajes, saneamientos, etc. 2) Obras de fábrica como túneles, puentes, viaductos, pasos a distinto nivel, etc.

La superestructura es la vía propiamente dicha y también las instalaciones necesarias para que la circulación de los trenes se realice con eficacia y seguridad. 1) la vía: carriles, traviesas, balasto, tirafondos y elementos de asiento. 2) Aparatos de vía: agujas y desvíos. 3) Cambios de agujas: eléctrico y manuales. 4) Señales: fijas y portátiles. 5) Electrificación: subestaciones y columnas de electrificación.

Tabla 4-9. Clasificación de las líneas



Category	Mass per axle	Mass per unit length	Geometrical characteristics
A	P = 16 t	p = 5,0 t/m	b 1,50 a 1,80 c 6,20 a 1,80 b 1,50 L = 12,80
B1	P = 18 t	p = 5,0 t/m	b 1,50 a 1,80 c 7,80 a 1,80 b 1,50 L = 14,40
B2	P = 18 t	p = 6,4 t/m	b 1,50 a 1,80 c 4,65 a 1,80 b 1,50 L = 11,25
C2	P = 20 t	p = 6,4 t/m	b 1,50 a 1,80 c 5,90 a 1,80 b 1,50 L = 12,50
C3	P = 20 t	p = 7,2 t/m	b 1,50 a 1,80 c 4,50 a 1,80 b 1,50 L = 11,10
C4	P = 20 t	p = 8,0 t/m	b 1,50 a 1,80 c 3,40 a 1,80 b 1,50 L = 10,00
D2	P = 22,5 t	p = 6,4 t/m	b 1,50 a 1,80 c 7,40 a 1,80 b 1,50 L = 14,05
D3	P = 22,5 t	p = 7,2 t/m	b 1,50 a 1,80 c 5,90 a 1,80 b 1,50 L = 12,50
D4	P = 22,5 t	p = 8,0 t/m	b 1,50 a 1,80 c 4,65 a 1,80 b 1,50 L = 11,25
E4	P = 25 t	p = 8,0 t/m	b 1,50 a 1,80 c 5,90 a 1,80 b 1,50 L = 12,50
E5	P = 25 t	p = 8,8 t/m	b 1,50 a 1,80 c 4,75 a 1,80 b 1,50 L = 11,35

Fuente: Comunidad de Ferrocarriles y Empresas de Infraestructura Europeos, 2006, anexo 1, p. 44. http://www.docutren.com/archivos/doc_internacionales/doc17.htm

No obstante, añadiremos, que como consecuencia de los avances tecnológicos se desarrollan nuevas líneas de investigación que buscan la innovación a través de las técnicas constructivas y nuevos materiales.

Se construyen vagones cada vez con menor tara, "utilizando aceros especiales y aluminio." (Albadalejo y Font, 2004, p. 1.496), para que el peso máximo por eje permitido en una línea sea aprovechado para poder incrementar la carga máxima neta de las mercancías transportadas en las unidades de cargamento.

Por otra parte, se ha dicho (Comisión Europea, 2006a, p. 11) que la red básica propuesta incluye o es totalmente coherente con los corredores definidos en los programas europeos *Research and Technological Development* (RTD). Dichos proyectos analizan las capacidades y cuellos de botella de los principales corredores europeos, señalando las actuaciones e inversiones a realizar sobre los mismos y sus parámetros técnicos y operativos para asegurar la interoperabilidad y la competitividad con la carretera.

A modo de ejemplo, nos parece adecuado hacer una breve referencia a alguno de estos proyectos por el interés suscitado para las líneas dedicadas a las mercancías y para poder apreciar la cobertura geográfica de los corredores que se estudian. No se valorarán los aspectos, técnicos, socioeconómicos o geográficos, nos limitaremos a describir los proyectos, ya que ir más allá no es objeto de esta tesis.

Citaremos en primer lugar el proyecto Eufranet (*European freight network*) dentro del 4º Marco de Trabajo del programa RTD y posteriormente, TREND (*Towards new Rail freight quality and concepts in the European Network in respect to market Demand*) y NEW OPERA (*Operating Project for an European Rail Network)*[163], que se

[163] Otro proyecto interesante, ya citado, es REORIENT (2005/2007), explora cómo afecta la liberalización del mercado europeo y la armonización en la mejora de la competencia interna y externa del ferrocarril y al comportamiento de mercado de los operadores ferroviarios. Más específicamente, revisa cómo utilizan las compañías ferroviarias situadas a lo largo de un corredor intermodal que une los países nórdicos con el centro y el sudeste de Europa. También, la apertura del mercado y una infraestructura más interoperable, así como, que factores pueden explicar las diferencias entre países a la hora de eliminar las barreras para las operaciones internacionales. El equipo de trabajo contó con 10 miembros y 25 participantes de Europa, Rusia y los Estados Unidos para proporcionar una base amplia de conocimientos

desarrollaron en el 6º Marco de Trabajo del programa RTD. También haremos referencia fuera del Programa RTD, aunque financiado en parte por el Comité de la RTE-T, al *Estudio Global* FERRMED (Gran Eje Ferroviario de Mercancías Escandinavia-Mediterráneo Occidental). Todos ellos tienen en común el objetivo de una red de ferrocarril dedicada al transporte de mercancías.

El proyecto Eufranet (1997/1999)[164] lo realizó un consorcio formado por algunos grandes institutos de investigación de Francia, Alemania, Países Bajos y España (INRETS, BVU, IVE, UPM), así como por importantes compañías de ferrocarriles, SNCF (Francia), DB (Alemania) y SJ (Suecia). Este proyecto desarrolla el concepto de red europea principalmente dedicada al transporte de mercancías, es decir, con prioridad para los trenes de mercancías y ha servido como referencia a los otros proyectos citados.

La metodología utilizada incluye cinco elementos: el estudio de los requerimientos de la demanda. Realiza encuestas (1) a los remitentes europeos y realiza un modelo de demanda (2) que incluye la estimación de la demanda y el reparto modal. También incorpora un modelo de la oferta (3) que simula la forma y el flujo de los trenes en función del volumen de demanda estimado, evaluando el proceso dinámico de equilibrio entre oferta y demanda (4). Por ultimo, evalúa el método para poner en práctica el proyecto y platea escenarios e hipótesis (5).

La red Eufranet dedicada no sólo implica cambios en los componentes de la infraestructura ferroviaria, sino también un sistema de operaciones ferroviarias destinado a mejorar la utilización de los recursos de transporte. Esto significa un uso más eficiente de la infraestructura de transporte europeo, un mejor servicio, más comodidad y servicios más amplios para los usuarios. La red de Eufranet dedicada a las mercancías se subdivide en tres subredes (INREST, 2001, p. 5):

- Red principal: atravesaría las regiones industriales desarrolladas de Europa central. Esta red estaría firmemente dedicada al transporte de mercancías y, en principio, ningún tren de viajeros sería autorizado a circular por ella. En algunos enlaces, en particular, se asignarán surcos especiales a los trenes de mercancías, de lo que resultará una alta capacidad para dichos trenes, debido a su circulación con una velocidad más uniforme. La calidad del transporte en términos de fiabilidad y tiempo de transporte también mejorarían porque habrá menos conflictos con otros trenes y mayor regularidad que en la red básica.
- Red intermedia: se extendería hacia el exterior a los países de la periferia de Europa. Se dedicaría principalmente al transporte de mercancías, si bien, los trenes locales de pasajeros también estarían autorizados, pero los trenes de carga tendrían en general prioridad, aunque no absoluta. La calidad de los servicios se incrementará también pero menos que en la red principal.
- Red difusa: proporcionará acceso a todas las regiones de Europa. Podrá ser utilizada por los trenes de mercancías, pero los trenes de pasajeros tendrán prioridad generalmente. La calidad del transporte será, por lo tanto, menor que en las anteriores y habrá poca mejora en su situación actual.

En el mapa (ver mapa 4-18) se muestra la interrelación entre la red básica y puntos negros en la red dedicada que fueron señalados por las empresas ferroviarias incluidas en el proyecto. El acrónimo en inglés del proyecto TREND (2005/2006) significa "*hacia nuevos conceptos y calidad del transporte de mercancías por ferrocarril en la red europea con respecto a la demanda del mercado*".

De él diremos que analiza el establecimiento de una Zona Ferroviaria Europea y que recomienda medidas innovadoras y específicas para los corredores (Planes de Acción).

---

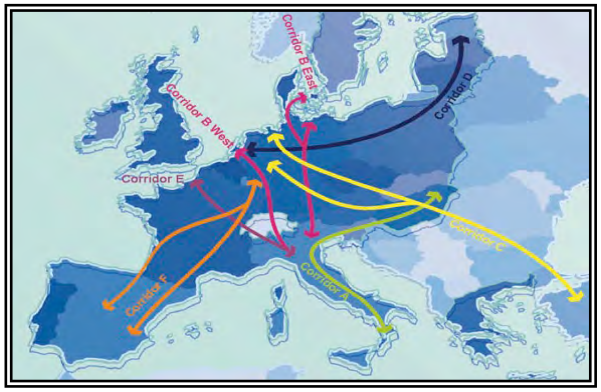
especializados. No nos extenderemos ya que la situación geográfica de los dos corredores estudiados no tiene relación directa con España.

[164] INRETS (Coord.) (2001), *Eufranet*, *final report for publication*, January 2001.

Mapa 4-18. Cuellos de botella y red dedicada

Fuente: INRETS, 2001, figure 6.3., p. 114
http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200310/eufranet.pdf

Mapa 4-19. Corredores de la red TREND



Fuente: Hacon ingenieurgesellschaft mbH et al., 2007, figure V.1, p. 15.
http://www.trend-project.com/dmdocuments/B2/Trend_B2-brochure_20070206.pdf

En el mismo se refleja la situación y las acciones necesarias para los corredores, en opinión de los representantes de unas treinta empresas ferroviarias, entre operadores de transporte ferroviario y administradores de infraestructuras (entre ellas ADIF) y un grupo de expertos.

Utiliza un enfoque orientado al negocio que implica a los clientes y a los operadores de nuevo acceso, así como a los estándares de calidad y a los modelos de cooperación.

En el proyecto también se ha llevado a cabo un análisis de la congestión de la red en el año 2020. La selección de los

corredores se basó principalmente en los siguientes criterios (Hacon ingenieurgesellschaft mbH et al., 2007, p. 13):

- El volumen de los flujos de mercancías existentes (carretera, ferrocarril y fluviales).
- El desarrollo futuro potencial de mercado (crecimiento del ferrocarril y el potencial de transferencia modal).
- Los problemas existentes y previsibles de capacidad.
- Potencial de mejoras rápidas.
- Capacidad de las iniciativas de mejora ya en marcha.
- El compromiso y la motivación de los interesados.
- Cohesión con corredores ERTMS.
- Integración de los nuevos Estados miembros de la Unión Europea.

De la red TREND[165] destacaremos el corredor F, de 2.200-2.500 km, que incluye a la Península Ibérica (ver mapa 19). En la Península el corredor tiene dos ramas, la norte o Atlántica y la mediterránea (ver mapa 20).

La rama norte comienza en Madrid, y continúa por Valladolid y Burgos hasta la frontera francesa en Irún/Hendaya. El flujo de tráfico es bastante equilibrado entre el sur (Francia hacia España) y hacia el norte (España hacia Francia).

Mapa 4-20. Red TREND. Corredor F en España

Fuente: Hacon ingenieurgesellschaft mbH et al., 2007, figure 7.1.1-2, p. 125. http://www.trend-project.com/dmdocuments/B2/Trend_B2-brochure20070206.pdf

La rama mediterránea se inicia en Valencia, continúa por Tarragona y Barcelona hasta la frontera francesa en Portbou/Cerbere. El tráfico hacia España supera al que va hacia el norte en términos de toneladas (64% vs 36%, según datos del año 2003).

Señalaremos, que la rama mediterránea tiene más volumen de tráfico que la Atlántica. Además, la estructura de los flujos de mercancías en la rama mediterránea es diferente a la atlántica. En la mediterránea está claramente dominado por el transporte de contenedores en trenes completos (un 75% del volumen de tráfico, según datos del año 2003).

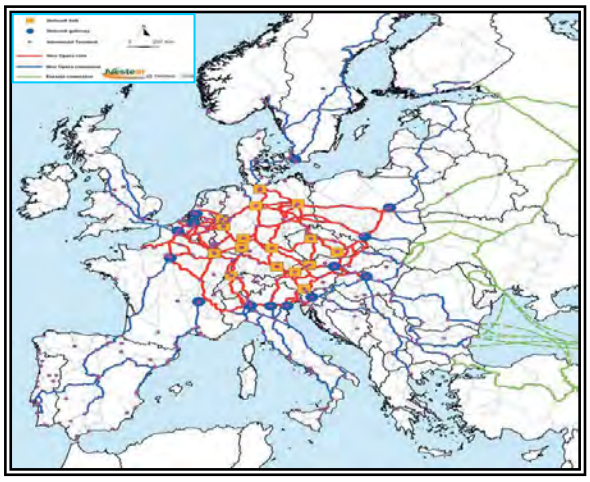
Por su parte, el proyecto NEW OPERA (2005/2008)166 ha estudiado los cambios necesarios que habría que realizar en las redes ferroviarias europeas para lograr una red ferroviaria principal predominantemente dedicada al transporte de mercancías en un escenario a largo plazo (2020). Este proyecto fue concebido para aumentar la cuota de mercado del ferrocarril creando las condiciones para el cambio modal.

[165] Para conocer los impedimentos infraestructurales, de interoperabilidad, operacionales, los planes de acción, así como las características técnicas en el corredor F, ver Hacon ingenieurgesellschaft mbH et al., 2007, pp. 125-167.

[166] Para conocer más profundamente los objetivos ver http://www.newopera.org/wp-objectives.

En un principio, el proyecto planteó una red de 15.000 km de líneas ferroviarias, entre las nuevas y las ya existentes, suponemos que en referencia a la red principal. Sin embargo, en la presentación correspondiente a la *NEWOPERA Final Conference* (septiembre de 2008) se dice que la red NEW OPERA de mercancías comprendería 39.000 km (35.000 km, sin contar las extensiones hacia el este), esto es, el 17,73% (15,91%) de la red ferroviaria de la Unión Europea, 220.000 km, según fuentes de EUROSTAT (Overall NEW OPERA presentation, 2008, diap. 61).

Mapa 4-21. Red NEW OPERA



Fuente: Castagnetti, F., (2008), fig. 74, p. 75
http://www.newopera.org/newopera

En el mapa (ver mapa 4-21) se muestran elementos puntuales de la red, como los hubs (cuadrados amarillos), las puertas de enlace (círculos azules) y las terminales intermodales (puntos rosas); también elementos lineales, como la red principal (líneas rojas), las conexiones europeas a la red (líneas azules) y la conexión euroasiática (línea verde).

La conexión euroasiática de la red NEW OPERA se muestra en toda su extensión en el mapa (ver mapa 4-22). Apreciamos la red principal NEW OPERA (líneas rojas), la conexión europea NEW OPERA (líneas azules), la red transiberiana y alguna de sus conexiones (líneas rosas), la red TRACECA (línea verde) y las otras conexiones por ferrocarril (líneas amarillas).

El enfoque que se ha realizado en el proyecto es realista y pragmático; esta basado en evaluaciones de mercado y económicas aplicadas a los corredores de tráfico ferroviario de mercancías. Así, se han tenido en cuenta las tendencias del mercado y los requerimientos de los clientes, nuevos productos en cuanto a servicios, la perspectiva de red, nuevos aspectos técnicos y procedimientos operacionales, y enfoques socioeconómicos en la definición de los escenarios.

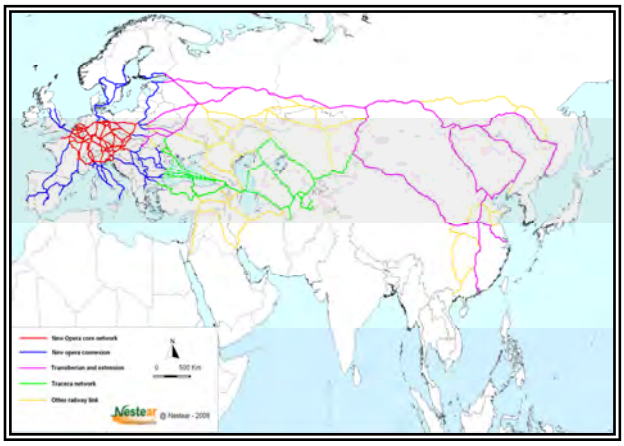
De esta forma, se han identificado en la investigación nuevos parámetros de transporte de mercancías por ferrocarril. Hacen referencia (Castagnetti, 2008, pp. 45-48), a factores exógenos (nueva cultura de negocio, nuevos procesos de organización empresarial, nuevas investigaciones y legislación europea, nuevos entornos de negocio, nueva evolución tecnológica y nuevas inversiones ferroviarias). También a factores endógenos (orientación hacia el mercado), a la evaluación del servicio (competitividad) y a los requerimientos del servicio (Precio, en función de la competitividad de los costes/servicio).

Asimismo, fruto de los valores científicos, basados en la cooperación con las instituciones académicas para la comparación teórica y de los resultados empíricos que emanan de la aplicación práctica, se estableció, un acuerdo de cooperación, entre el proyecto NEW OPERA y el proyecto TREND. Como consecuencia de la colaboración se descubrieron unos campos de interés común que se muestran a continuación (Ibidem, p. 155):

- Mejora de los servicios en los terminales.
- Eficiente interface entre modos de transporte.
- Transporte marítimo continental.
- Nueva generación de trenes de mercancías en Europa.
- Comodalidad del transporte mediante soluciones de tecnologías de la información.

- Corredores verdes.
- Procesos de innovación en el transporte de superficie.
- Paquetes de políticas y mejores prácticas para el transporte.

Mapa 4-22. Red NEW OPERA y conexión euroasiática



Fuente: Reynaud, C., 2008, diap. 60
http://www.newopera.org/sites/default/files/newopera/new_opera_overall_presentations.ppt

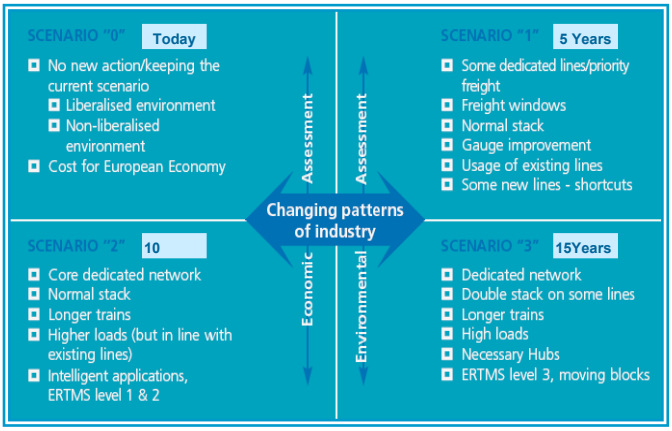
Destacaremos, asimismo, que la proyección y la distribución modal en el modelo de generación y reparto de los flujos de tráfico se ha llevado cabo mediante la discriminación de los productos en dieciséis tipos. También, otras cuestiones más técnicas desde el punto de vista del ferrocarril de este proyecto, como son la implantación del ERTMS nivel 3, que los apartaderos sean diseñados para trenes de al menos 1.500 m y que exista un gálibo mínimo del tipo B +, para los corredores de un reconocido nivel. Además, en todos los corredores de la red NEW OPERA la carga portante de la vía tenrá un límite mínimo de 22,5 toneladas por eje

En cuanto a la distribución de los productos a los clientes, se deberá basar en la intermodalidad y desarrollarse de acuerdo a unos factores determinantes básicos (Ibidem, p. 112):

- Ámbito geográfico (espacio).
- Calidad del servicio (tiempo).
- Intermodal/interindustrial (integrado en el programa de producción).
- Trenes intermodales convencionales y trenes lanzadera.
- Innovaciones técnicas (tecnología).
- Logística verde (medio ambiente).
- Web Star (Internet y las distancias virtuales).

Señalaremos, asimismo, que la evolución de la red actual a la que se propone en el proyecto se ha planificado en función de diversos escenarios (actual, 2010, 2015 y 2020).

Cuadro 4-10. Ruta de migración de NEW OPERA



Fuente: Castagnetti, F., (2008), fig. 4, p. 7
http://www.newopera.org/newopera

La planificación se ha previsto según un proceso de migración por etapas, mediante el cual se aplicarán gradualmente los cambios estructurales y de gestión que permitan el tránsito del sistema antiguo al nuevo (ver cuadro 4-10).

Se han realizado distintos análisis de la red con diferentes metodologías y también se ha implementado un SIG (Sistema de Información Geográfica) para

realizar las distintas evaluaciones, como por ejemplo, la de impacto ambiental, que mediante las diferentes capas describe el contexto territorial y la red de transporte[167].

En esta línea, para evaluar y verificar la evolución de los volúmenes de tráfico en los distintos los escenarios, ha sido seleccionado el corredor Madrid-Berlín porque el tráfico ferroviario internacional es bastante bajo, a pesar de que en este corredor encontramos importante volumen de tráfico de mercancías por carretera (susceptible del cambio modal). Afecta a España, a Francia, a Italia, al Benelux y a Alemania. Más concretamente, el itinerario es Madrid-Zaragoza-Barcelona-Perpignan-Lyon-Metz-Mannheim-Frankfurt-Hannover-Berlín, continúa por Varsovia hasta Brest (Bielorrusia). Desde Frankfurt sale otra rama, Leipzig-Dresden-Wroclaw-Katowice (en Polonia), hasta la frontera con Ucrania.

Dicho corredor, según se dice en el informe final de NEW OPERA (Castagnetti, 2008, p. 137), por sus peculiaridades podría proporcionar información suficiente para extrapolar los resultados a todos los corredores de transporte de mercancías de toda la red NEW OPERA[168].

El último proyecto (estudio) de los citados es el Estudio Global, Técnico, Socioeconómico, de Oferta y Demanda de Transporte del Gran Eje Ferroviario de Mercancías FERRMED (Escandinavia-Rhin-Ródano-Mediterráneo Occidental) y de su zona de influencia. Afirma esta asociación (actuando como un *lobby*) que el Estudio se lleva a cabo desde una óptica regional pero con visión europea, analizando todas las regiones involucradas en el Gran Eje FERRMED y en particular las localizadas en Alemania, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Holanda, Italia, Luxemburgo, Suecia, Gran Bretaña, Suiza y Norte de África[169]. Según se indica en su página web (FERRMED, Objetivos, en línea, 2009), los objetivos principales de FERRMED serían:

- Fomentar la implantación de los “estándares FERRMED” en los principales ejes ferroviarios de mercancías de la Unión Europea.
- Mejorar las conexiones de los puertos y aeropuertos con sus respectivos hinterlands en la Unión Europea y en los países vecinos.
- Impulsar el desarrollo de las infraestructuras ferroviarias para mercancías en la red principal del Gran Eje FERRMED.
- Obtener la declaración de “Eje prioritario” por parte de la Comisión Europea para los ramales más importantes del Gran Eje FERRMED.
- Estimular la mejora de los sistemas de explotación y la libre competencia en la red ferroviaria de mercancías de la Unión Europea.

---

[167] En cuanto a nuestra área de trabajo y Aragón en su conjunto, sería de extraordinaria importancia implementar un SIG que incluyese el sistema de transporte, el sistema logístico, el sistema urbano y el sistema productivo. Esta herramienta mejoraría la planificación y la toma de decisiones, la gestión de los actores de los distintos sistemas, la competitividad territorial y empresarial, así como, el conocimiento académico.

En un futuro trabajo se realizará una primera aproximación para su desarrollo.

Obviamente, podría encuadrarse en un proyecto más amplio que contemplase todo el sistema territorial, si bien los recursos económicos y de tiempo serían mucho más importantes.

[168] Las razones para la selección de este corredor se pueden consulta en el informe final del proyecto NEW OPERA (Castagnetti, 2008, p. 139).

[169] Según consta en su página web, en FERRMED news 2 a propuesta de la DG TREN de la Comisión Europea, el Comité TENT-T de la misma, acordó dar apoyo a la financiación del Estudio Global. [en línea] consultada el 10 de Octubre del 2006.

http://www.FERRMED.com/news/pdf/FERRMED%20NEWS%202%20-%20ES.pdf).

- Promover nuevos procedimientos "de utilización" de las infraestructuras para optimizar el transporte ferroviario y el transporte combinado / intermodal de mercancías usando el ferrocarril.
- Mejorar la competitividad general de la Unión Europea a través de la cadena global del valor añadido, particularmente, en lo que concierne al transporte ferroviario y multimodal de mercancías, mediante la aplicación de los principios "R+D+4i"[170]
- Contribuir a un desarrollo económico más sostenible a través de la reducción de la polución y de las emisiones de gases que afectan al cambio climático.
- El Estudio, consta de tres partes (FERRMED, Documentos, FERRMED News 2, [en línea], consulta 2 septiembre de 2009):

Análisis de la Oferta y la Demanda

Contemplando las actividades económicas y oportunidades se analizarán los diferentes modos de transporte para el período 2007-2025. Asimismo, se prestará especial atención para los años 2010, 2015, 2020 y 2025 a la evolución esperada de la distribución del tráfico entre los diferentes modos de transporte, incrementando el transporte por ferrocarril hasta un 35% del total terrestre.

Estudio Técnico

Analizando el transporte ferroviario y su relación con otros medios, con el objeto de determinar que hacer en las infraestructuras y sistemas de explotación para nivelar y ajustar la Oferta con la Demanda Para ello se tendrá en cuenta:

- Los resultados que progresivamente se vayan obteniendo del Análisis del Mercado.
- La implantación de los Estándares FERRMED en los principales ramales del Gran Eje.

Análisis Socioeconómico

Teniendo en cuenta la factibilidad, en función de:

- los progresivos resultados de los Análisis de mercados.
- los progresivos resultados del Estudio Técnico anteriormente mencionado.

En el Estudio también se considerarán tres alternativas concernientes a la aplicación de los Planes de Acción (mínimo, medio y completo). En cada caso, determinando costes, inversión y expectativas de rentabilidad.

Por lo que respecta al eje, propiamente dicho, la red ferroviaria estaría diseñada "…en forma de malla reticular policéntrica de alta incidencia socioeconómica y medioambiental." (FERRMED, Estándares FERRMED, en [en línea], 2 de septiembre de 2009).

La descripción de la red FERRMED (ver mapa 4-23), se puede encontrar también en la página web de la Asociación FERRMED, El Gran Eje FERRMED, [en línea], consultada el 2 de septiembre de 2009: el tronco principal de la red del eje FERRMED.

[170] El propósito de la I + D +4 i del proyecto es responder a los desafíos que la globalización plantea a la Unión Europea (UE) la economía. El proyecto tiene como objetivo fomentar el progreso en la UE a través de la promoción de la I + D +4i, factores de excelencia, que son: Investigación, Desarrollo, Innovación, Identidad (cultura de empresa), Impacto (en los mercados) e Infraestructura.

http://www.rd4i-project.com/en/content/view/78/121/

Mapa 4-23. Gran Eje FERRMED

Fuente: Cámara, J. (2007), p. 10.
http://www.castello.es/archivos/575/juan_camara.pdf

Si bien conecta previamente el norte de Suecia, Finlandia, Rusia y los Estados Bálticos, se inicia en Stockholm atravesando los estrechos de Öresund y Fehmarn. Conecta en abanico todos los puertos del oeste del Mar Báltico y del Mar del Norte, además, de de los de Gran Bretaña; asimismo une os principales puertos fluviales. El tronco principal, de 3.500 km, se subdivide en dos ramales desde Koblenz (Alemania).

El primero, el ramal principal Oeste, que transcurre a través de los valles del Rhin y del Ródano pasando del uno al otro a través de Luxemburgo y Metz, discurre por toda la costa mediterránea más occidental desde Marsella y Génova hasta Algeciras, se aproxima a Marruecos y Argelia e interconecta los ejes Este-Oeste más importantes de la Unión Europea.

El segundo, el ramal principal Este, transcurre hacia el sur por el valle del Rhin desde Koblenz hasta Basel y Berna, y desde aquí, cruzando los Alpes Suizos, hasta Milán, Turino y Génova. Además, se toman en consideración todas las líneas incluidas en la red inherente al Gran Eje FERRMED, especialmente de los dos ramales paralelos adicionales. Un ramal que comienza en Saint Petersburg y se dirige a Tallin, Riga, Klaipeda, Kaliningrado, Gdansk, Szczein, Berlin, Nuremberg, Munich, Innsbruck, Verona, Bolonia, Livorno y Civitavechia. Otro ramal que empieza en Duisburg (Alemania) y continúa hacia Ámsterdam y Rotterdam y de allí hacia Amberes, Bruselas, París, Limoges, Toulouse y Barcelona (y posible conexión adicional hasta Lleida y Zaragoza).

También se tienen en cuenta todas las interconexiones Este-Oeste que están situadas en el área de influencia del Gran Eje FERRMED.

En dirección Este:

-Desde Suecia hacia Finlandia y el Norte de Rusia.

-Desde Holanda, Bélgica, Luxemburgo y Francia hacia Alemania.

-Desde Francia hacia Suiza e Italia.

-Desde Alemania, Suiza e Italia hacia los países del Este de la UE.

-Desde Algeciras/Tánger hacia Argelia.

En dirección Oeste:

-Desde Suecia hacia Noruega.

-Desde Francia hacia el Reino Unido.

-Desde la costa mediterránea occidental hacia la costa atlántica francesa, la parte central de España y Portugal.

-Desde Tánger hacia Rabat y Casablanca.

Así, el "concepto Gran Eje FERRMED" incorpora las áreas que van desde San Petersburgo en Rusia, pasando por el sur de Finlandia, Estonia, la mayor parte de Letonia, y la parte occidental de Lituania, la ciudad de Kaliningrado en Rusia, la mitad sur de Suecia, el área de la ciudad de Oslo en Noruega, Dinamarca, la mayor parte de Alemania, una fracción del noroeste de Polonia, los Países Bajos, Bélgica, Luxemburgo, el sector suroriental de la Gran Bretaña, la mayor parte de Francia, Suiza, Lichtensein, el ángulo occidental de Austria, el noroeste de Italia, Andorra, la parte este y meridional de España y finalmente el norte de Marruecos y de Argelia.

En cuanto a los estándares que FERRMED quiere implantar serían los siguientes (FERRMED, Los Estándares FERRMED, [en línea], consulta 2 de septiembrre de 2009):

- En los ramales principales de los grandes Ejes disponer de:

  -Líneas convencionales con doble vía completa, electrificadas (tensión recomendable: 25.000) y con dedicación preferente o exclusiva para el tráfico general de mercancías, aptas para trenes de 22,5÷25 toneladas por eje.

  -Líneas paralelas de altas prestaciones de uso exclusivo o preferencial para el transporte de pasajeros y de mercancías ligeras a gran velocidad, conectadas con los principales aeropuertos.

    - Ancho de vía UIC.
    - Gálibo de carga UIC C.
    - Trenes de hasta 1.500 metros de longitud y 3.600-5.000 toneladas útiles.
    - Pendiente máxima de 12 milésimas, limitando la longitud de las rampas.

- Disponibilidad de una red de terminales intermodales, polivalentes y flexibles con altos niveles de prestaciones y de competitividad, ubicadas en los puertos y en los principales nodos logísticos de los grandes ejes.
- Longitud útil de apartaderos y terminales para trenes de 1.500 metros.
- Sistema de gestión y de control unificado a nivel de gran eje.
- Sistema ERTMS y banalización total.
- Disponabilidad de horarios y de capacidad para circulación de trenes de mercancías las 24 horas del día y 7 días por semana.
- Armonización de las formalidades administrativas y de la legislación social.
- Gestión del sistema de transporte compartido entre diversos operadores ferroviarios (libre competencia).
- Costes favorables para la utilización de las infraestructuras teniendo en cuenta las ventajas socioeconómicas y ambientales del ferrocarril.
- Filosofía de gestión de mejora de la competitividad basada en los principios R+D+4i en la red ferroviaria de mercancías, como parte integrante de la cadena global de valor añadido.
- Reducir el impacto medioambiental del sistema de transporte de mercancías (particularmente ruido, vibraciones y emisiones de CO2) como resultado de la reposición/reconversión de viejo parque móvil ferroviario, de soluciones

infraestructurales donde sea necesario y de un incremento de la proporción del uso del ferrocarril de hasta el 30-35 % del total del tráfico terrestre de larga distancia.

- Nuevos conceptos de locomotora y vagón de carga adaptados a los estándares FERRMED

Mapa 4-24. Red de ferrocarril del Eje FERRMED Objetivo horizonte 2025

Fuente: FERRMED, 2009c, p. 174
http://www.vialibre.org/PDF/FERRMED_GLOBAL_STUDY

En el mapa (ver mapa 4-24) se muestra la red ferroviaria resultante del proyecto una vez desarrollado al completo en el horizonte 2025. La línea roja corresponde al Eje propiamente dicho, la línea azul a las líneas alimentadoras del Eje y las líneas discontinuas a las rutas de ferry.

En un mapa anterior (FERRMED, 2009c, p. 173), que también corresponde al mismo horizonte del año 2025, se señala Barcelona para el tramo español como el único cuello de botella que quedaría en dicho tramo, después de la corrección de los mismos en el transcurso del desarrollo del Eje, si bien, aún permanecerían unos pocos más en algunos puntos del centro de Europa.

Para finalizar la descripción de este proyecto, señalaremos que la Asociación FERRMED, un potente *lobby*, como ya se ha dicho, está tratando de obtener la declaración de "Eje prioritario" por parte de la Comisión Europea para los ramales más importantes del Gran Eje FERRMED.

A este respecto, indicaremos que los días 21 y 22 de octubre de 2009 se celebró en Nápoles la *TEN-T Days 2009*, la conferencia anual sobre las redes transeuropeas de transporte, a la que asistieron algunos Ministros de Transporte de la Unión Europea.

En dicha conferencia, el Ministro de Transportes de España, "…ha apostado ante varios de sus homólogos europeos por dar continuidad a los actuales proyectos transeuropeos prioritarios y, al mismo tiempo, impulsar la atención a nuevos proyectos estratégicos de transporte como el Corredor Mediterráneo ferroviario, que conectará Algeciras con la frontera francesa, a través del levante español."[171]. Es de esperar que durante la Presidencia Española de la Unión Europea, en el primer semestre de 2010, se refuerce esta posición.

Más aún, si tenemos en cuenta que una de las principales propuestas legislativas planificadas, a modo de continuación de la revisión iniciada con el Libro Verde (Comisión de las Comunidades Europeas, 2009a, p. 3), es la revisión periódica, por parte la Comunidad Europea de las Directrices para el desarrollo de una red transeuropea de transporte. No obstante, destacaremos en alusión a la RTE-T que "…La planificación de la futura infraestructura de transporte está estrechamente ligada a las previsiones de la demanda…" (Ibidem, p. 7) y, como ya es conocido, se esperan fuertes incrementos en los próximos años. Por lo tanto, si que son necesarias nuevas infraestructuras en un futuro próximo.

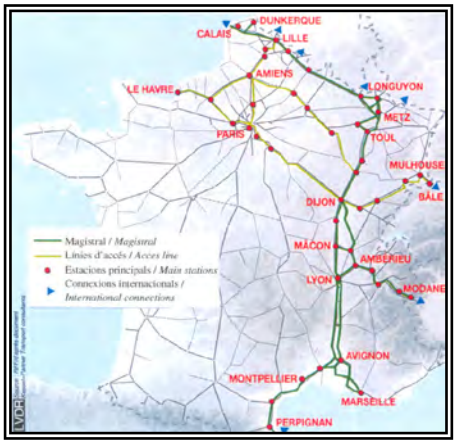
Sin embargo, esta poco claro, en nuestra opinión, que no haya interferencias del eje FERRMED con el proyecto prioritario nº 16 y la Travesía Central del Pirineo. En referencia al último párrafo, en el documento *Informe sobre la Consulta Pública de la política de revisión de la RTE-T* (Comisión Europea, 2009b, p. 7) se plantea una pregunta.

Es la número 3, que interroga si será mejor el nuevo enfoque de red que el de proyectos prioritarios que ha habido hasta ahora. Este informe pretende ser un reflejo de lo recibido en forma de respuestas a cuestionarios y las cartas.

Parece ser, según la respuesta, que hay cierta polémica sobre si el nuevo enfoque puede poner en peligro alguno de los proyectos prioritarios. La respuesta no es categórica, pero señala que una nueva prioridad basada en la red no debe poner en cuestión los actuales 30 proyectos prioritarios (Ibidem, p. 8).

En cualquier caso, como ya hemos mencionado, no se realizará ninguna valoración de las redes prioritarias para las mercancías que hemos descrito, al no ser objetivo de la tesis, si bien, podrían estudiarse los efectos de algunas redes o ejes sobre ciertos territorios en un breve plazo, por la importancia del tema, su actualidad y la polémica suscitada.

Mapa 4-25. Magistral ECO FRET



Fuente: López Pita, A., 2004, fig. 66,

Por el contrario, si señalaremos que en todas las redes vistas (incluido el eje FERRMED), hay tramos en común. Sin ir más lejos en esta afirmación y sin entrar en los distintos trayectos coincidentes en otros puntos de Francia y Alemania, destacaremos Metz (Francia) en la Magistral ECO FRET (corredor norte-sur para mercancías en Francia). Este podría considerarse como nodo común de todas ellas (ver mapa 4-25), y donde se separan las ramas españolas norte y mediterránea de la red TREND.

Ya en la Península Ibérica, señalaremos, en cuanto al corredor mediterráneo que la red New OPERA se bifurca en Barcelona hacia Madrid, la red TREND se bifurca en Reus llegando hasta Zaragoza y Valencia, y el Eje FERRMED continúa hasta Algeciras.

[171]http://www.la-moncloa.es/ServiciosdePrensa/NotasPrensa/MFOM/_2009/ntpr20091022_Napoles.htm

La rama mediterránea de la Eufranet (la Atlántica, que proviene de París, coincide con la homónima de la red TREND hasta Miranda de Ebro), llega hasta Reus y continúa hasta Casetas (Zaragoza) conde converge con la rama Atlántica y continúa hasta Madrid.

Por otro lado, y para completar la imagen de los corredores en España, terminaremos el apartado refiriéndonos a dos ejes transversales en el cuadrante noreste de la Península, si bien no son ejes exclusivos para las mercancías, por la importancia del citado cuadrante en la articulación territorial con Francia y con el resto de la Península Ibérica.No obstante lo dicho en el párrafo anterior, también señalaremos que están surgiendo presiones para abrir el corredor ferroviario norte-sur entre Gijón y Sevilla, *Ruta de la Plata*[172], que se cerró al tráfico ferroviario de viajeros el 1 de enero de 1985, produciéndose poco después el cierre total.

Volviendo al cuadrante noreste, el primer corredor transversal, el cantábrico-mediterráneo, es una de las actuaciones previstas en el PEIT (2005-2020) y fue presentado el 4 de noviembre de 2009 por el Ministro de Fomento[173]. Se trata de un eje transversal de primer nivel que tiene una gran importancia estratégica al unir el Arco Mediterráneo y el Arco Atlántico, y conectar los dos ejes definidos en los proyectos prioritarios nº8 (Portugal/España-resto de Europa) y nº 16 (Sines/Algeciras-Madrid-Zaragoza-París), mediante una línea de altas prestaciones y tráfico mixto, electrificada (25 Kv. 50 Hz.), con vía doble y ancho europeo (UIC).

Mapa 4-26. Corredor Cantábrico-Mediterráneo

El trazado discurrirá por Valencia/Sagunto (Castellón), Teruel/Zaragoza, Tudela de Navarra, Calahorra/Logroño, Miranda de Ebro (Burgos), Vitoria//Bilbao y Santander. Un ramal se bifurcará desde Tudela de Navarra por Pamplona hasta San Sebastián, estando esta capital unida también con Bilbao (ver mapa 4-26).

Asimismo, los puertos[174] de Valencia (1º, 48,32 M. Tm), Sagunto (7º, 7,5 M. Tm), Castellón (14º, 1,75 M. Tm), Bilbao (5º, 9,66 M. Tm), Pasajes (12º, 2,37 M. Tm) y Santander (18º, 1,37 M. Tm), de importancia internacional, estarán conectados a través del corredor. Los antecedentes del corredor se pueden encontrar en el fallido proyecto de unir Santander con Valencia (ver mapa 4-27).

Fuente: Ministerio de Fomento, 2009, p. 16. http://www.vialibre-ffe.com/pdf/4400_Presentacion_corredor.pdf

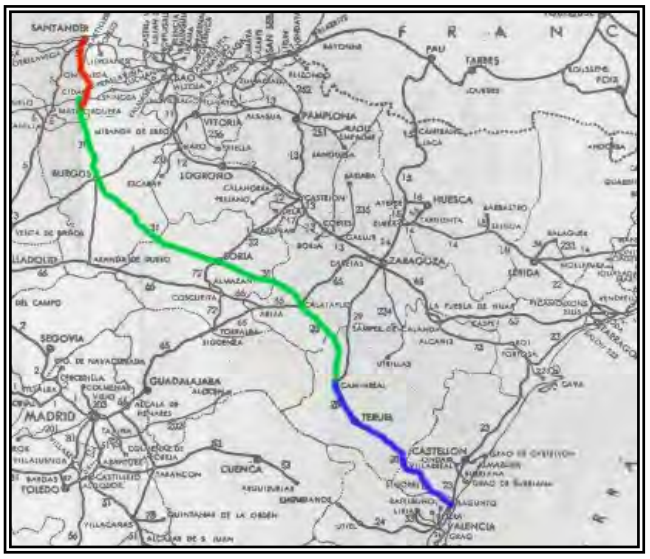
[172] La Vía de la Plata es una antigua vía de comunicación romana que atraviesa de sur a norte parte del oeste de España, desde Mérida hasta Astorga. La actual Ruta de la Plata, si bien, con la línea de ferrocarril cerrada y reconvertida a tramos en Vía Verde, continúa siendo un importante eje vertebrador del occidente de la Península Ibérica.

En España existen más de 1.700 kilómetros de infraestructuras ferroviarias en desuso que han sido reconvertidas en itinerarios cicloturistas y senderistas en el marco del Programa Vías Verdes, coordinado por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles.

[173] Concretamente se presentó en Zaragoza el denominado *Estudio Funcional* de dicho corredor.

[174] Los datos de “mercancía en general” en toneladas, exceptuando los del puerto de Sagunto, son de Puertos del Estado (Estadísticas de Tráfico Portuario, Estadística Mensual, diciembre 2008 acumulada). http://www.puertos.es/es/estadisticas/estadistica_mensual/index.html. Los datos de tráfico del año 2000 del puerto de Sagunto son de la Autoridad Portuaria de Valencia. http://www.valenciaport.com/es-ES/ValenciaportEntorno/ValenciaportCifras/Trafico/Paginas/Trafico.aspx

Mapa 4-27. Ferrocarril Santander-Mediterráneo



El tramo Caminreal-Sagunto (en el mapa 27, línea azul), correspondía al Ferrocarril Central de Aragón. Enlazaba con Calatayud para conectar con la línea Madrid-Zaragoza de la compañía MZA (Madrid-Zaragoza-Alicante).

En 1901 la conexión Sagunto-Calatayud estuvo abierta al tráfico.

Fuente: http://www.santander-mediterraneo.net/, [en línea], [consulta 5 feb 2008].

Por su parte, el tramo Caltayud-Cidad Dosante (Burgos) quedó totalmente abierto al tráfico en 1930 (Trespaderne-Cidad Dosante, noviembre de 1930). No obstante, los 63 km que separaban Cidad Dosante de Santander, construidos, pero no terminados (mapa 4-27, línea roja), dejaron la línea en el olvido. El 1 de enero de 1985 se cerró definitivamente todo el tramo Cidad Dosante-Caminreal (421 km).

Por su parte, el tramo Caminreal-Zaragoza, inaugurado en 1933, fue construido por la compañía Ferrocarril Central de Aragón y sustituyo al ferrocarril de vía estrecha Zaragoza-Cariñena. Alguno de los objetivos que promovieron la conexión con Valencia, hoy más ambiciosos que entonces, siguen siendo válidos.

Sin embargo, otro de los objetivos, la conexión con Francia como consecuencia de la construcción por la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España de la línea de Ferrocarril Zaragoza-Canfranc, inaugurada en 1928 y cerrada su conexión con Francia en 1973, sigue pendiente, bien hasta la reapertura de dicha línea o bien hasta la construcción de la Travesía Central del Pirineo. Actualmente, la línea Valencia-Caminreal-Zaragoza, sigue en uso, con la vía y las estaciones renovadas para acoger los trenes a 220 km/h del nuevo corredor. En Zaragoza conecta con las otras cinco líneas que confieren a esta ciudad su carácter de punto nodal de primer orden[175].

El trazado del nuevo corredor utilizará tramos de la línea Zaragoza-Alsasua y Castejón de Ebro-Bilbao, como se refleja en el mapa (ver mapa 26)[176]. No abundaremos más, pero, en cualquier caso, como se puede apreciar en los mapas (ver mapas 26 y 27), el trazado no coincide con la línea original, ya que se desvía en Caminreal hacia Zaragoza, continuando por el corredor del Ebro hasta Miranda de Ebro y, desde allí, a Vitoria y Bilbao. La otra rama se desvía en Tudela de Navarra hacia Pamplona.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el trazado antiguo es de principios del siglo pasado y que los principales corredores de tráfico intermodal nacional, en el que se enfatiza hoy en día, como se indica en el PEIT (2004, p. 112) se sitúan en el Eje

[175] Ejes ferroviarios que confluyen en Zaragoza: 1) Zaragoza-Madrid. 2) Zaragoza-Pamplona/Bilbao. 3) Zaragoza-Canfranc. 4) Zaragoza-Lérida/Barcelona. 5) Zaragoza-Tarragona. 6) Zaragoza-Valencia.

[176] La línea Zaragoza-Alsasua, contruida por la Compañía del Ferrocarril de Zaragoza a Pamplona y se concluyó en 1865 (tramo Irurzun-Alsasua). La línea Castejón de Ebro-Bilbao, fue construida por la Compañía Ferrocarril de Tudela a Bilbao, se concluyó en 1863 (tramo Haro-Castejón). En 1878 pasan a la Compañía del los Caminos de Hierro del Norte de España.

Mediterráneo, el Corredor Central (Asturias-Madrid, País Vasco-Madrid y de aquí a Andalucía por Sevilla) y el Eje del Ebro, si bien el eje Madrid-Levante presenta un importante nivel de tráfico.

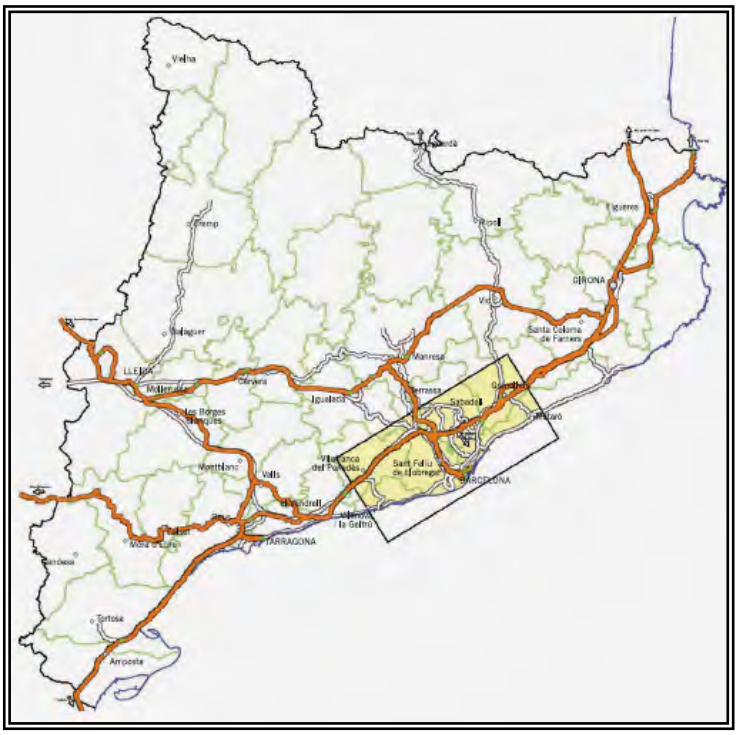
Señalaremos por último, que en la actualidad, la conexión entre Bilbao y Santander por ferrocarril la realiza únicamente el ferrocarril de vía estrecha (FEVE), posteriormente, estará servida por la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG) de la que es administrador ADIF.

El segundo eje transversal al que hacemos referencia, es el Lérida-Gerona, proyectado por la Generalitat de Cataluña y que actualmente esta en estudio por el Ministerio de Fomento.

Este eje, denominado Eje Transversal Ferroviario (ETF), cruza Cataluña rompiendo la radialidad de Barcelona (ver mapa 4-28, en gris las líneas actuales).

El proyecto, con un plazo de construcción entre 10 y 15 años (año 2025), prevé conectar toda la Catalunya central con la provincia de Girona a través de una doble vía de ancho europeo mixta para mercancías y pasajeros, y de esta forma no sobrecargar el corredor mediterráneo.

Mapa 4-28. Red ferroviaria catalana de mercancías: Horizonte 2025



Fuente: Generalitat de Calalunya, 2006, p. 63.
http://www.ietcat.org/htmls04/MAPA_CTP/documentos/CATALUNYA/PITC_1.pdf

El eje establece la conexión de todas las ciudades importantes de la Catalunya Central, Lleida, Tárrega, Cervera, Igualada, Manresa, Vic (principales estaciones de mercancías, puntos verdes). Se mantiene la duda de si continuar por Figueres o Girona. Asimismo, se preve un ramal Manresa-Castellbisbal que conectará el Eje con el puerto de Barcelona.

Finalizaremos, diciendo que el objetivo perseguido por todos los agentes, como hemos podido apreciar de lo dicho en este apartado, es el establecimiento de un sistema de transporte que incluya tanto infraestructuras como instalaciones y equipos (entre ellos, los sistemas de transporte inteligentes) y que permitan un tráfico seguro, eficiente y

medioambientalmente sostenible. Subrayaremos que los treinta proyectos prioritarios de la red transeuropea de transporte son, en su gran mayoría, proyectos que dan preferencia a los medios de transporte más favorables para el medio ambiente y menos consumidores de energía, como el ferrocarril o las vías navegables. Asimismo, se hace cada vez más necesario la implantación de sistemas innovadores que, además de las ventajas que pueden aportar al transporte encierran un potencial importante de innovación industrial.

La innovación tecnológica ferroviaria y la interoperabilidad, en el caso de las mercancías (y los viajeros), reviste una especial importancia, porque el modo ferrocarril es uno de los ejes sobre los que se organizará la intermodalidad en un corto plazo de tiempo, cuando estén en marcha la red multimodal europea y sus conexiones extracomunitarias (con líneas dedicadas al transporte de mercancías o de tráfico mixto).

Pero para lograr esos fines, como también hemos visto, es necesario que se potencien las capacidades intermodales de todo el sistema, especialmente del modo ferrocarril, y la cooperación de todos los agentes implicados. También, la logística del transporte de mercancías resulta crucial para responder a las necesidades de transporte de la economía de una manera eficiente y sostenible. Basándose en el principio de que cada modo se utiliza en función de sus ventajas comparables en cadenas eficientes de transporte comodal, la logística desempeña un papel fundamental para ayudar a las empresas y los territorios, a lograr los objetivos de establecer cadenas de suministro de calidad y en la lucha contra el cambio climático.

En el siguiente capítulo desarrollaremos un modelo para facilitar la identificación de los puntos de estrangulamiento del sistema de transporte y plantear las posibles soluciones que mejoren la eficiencia del mismo.

5. DESARROLLO Y PROPUESTA DE UN MODELO DE SISTEMA DE TRANSPORTE

Comenzaremos el capítulo diciendo que estamos totalmente de acuerdo con la afirmación de Cooley (1974, p. 15), de que el carácter del transporte como un todo y también en detalle, en cualquier tiempo y a lo largo de su historia, está totalmente determinado por sus interrelaciones con las fuerzas físicas y sociales, y con sus condiciones. Comprender el transporte significa, simplemente, analizar esas interrelaciones (Eliot Hurts, 1974, p. 2), pero debe realizarse en términos de sus relaciones con otros elementos dentro de un sistema general (Ibidem, p. 7).

Por lo tanto, señalaremos, que lo inferido de ambas afirmaciones, muy claras y concisas, en nuestra opinión, es que el sistema de transporte de mercancías por ferrocarril es un sistema complejo y que forma parte de la estructura de otros sistemas más complejos, como el sistema de transporte, que está incluido en el sistema económico y, que es, a su vez, un elemento estructural del sistema territorial. El sistema territorial se situaría en el primer nivel de la jerarquía, resultando el sistema de mayor complejidad, si bien, aunque no es el caso de esta tesis se podrían alcanzar niveles de mayor integración y complejidad en el análisis.

Sobre la complejidad del sistema, recordaremos que el campo de análisis de los sistemas de transporte, como ya apuntamos en el apartado 2.2, para Manheim (1979, p.3), tiene las siguientes características:

- Es multimodal, ya que cubre todos los modos de transporte de viajeros y mercancías.
- Es multisectorial, abarcando el problema desde los distintos puntos de vista del gobierno, la empresa privada y la empresa pública.
- Es multiproblema, recorriendo una amplia gama de temas que incluyen la política nacional e internacional, la planificación del sistema regional, el diseño y localización de instalaciones específicas, operativa, etc.
- Es multidisciplinar, se basa en teorías y métodos de la ingeniería, economía, investigación de operaciones, ciencia política, sicología, otras ciencias naturales y sociales, gestión y derecho.

Además de estas características, hay que añadir, en nuestra opinión, la espacialidad, ya que, como se ha mencionado con anterioridad, el sistema de transporte se encuentra sobre, y en un espacio concreto, porque se trata de una red que posee conjuntamente elementos físicos implantados sobre el territorio, como terminales, vías, rutas y corredores, y elementos virtuales como elementos de información y financieros.También para Sussman (2000, p.6), el sistema de transporte es un ejemplo de una amplia clase de sistemas que denomina *CLIOS* (***C****omplex,* ***L****arge-scale,* ***I****ntegrated,* ***O****pen* ***S****ystems*), Sistemas Abiertos Integrados Amplios y Complejos.

También visto en el apartado 2.2., que para Dodder, Sussman y McConnell (op. cit. p. 46), el proceso CLIOS es un marco flexible que pretende representar cualitativamente un sistema. Una motivación clave detrás de la necesidad del proceso es la presencia de la "complejidades anidadas", que se producen cuando un sistema físico está anidado dentro de un sistema político, donde ambos son complejos e interdependientes. En nuestra opinión, ese tipo de complejidades también existen en el sistema de transporte, dado que es un elemento del sistema territorial y está totalmente interrelacionado con otros sistemas.

Para los mencionados autores (2004, p. 5), si bien, hay una larga y creciente lista de diferentes tipos de complejidad que caracterizan a los sistemas, aquí nos resulta útil pensar en la complejidad a lo largo de las tres dimensiones:

- La complejidad interna, referida al número de componentes del sistema y a la red de interconexiones entre ellos.
- La complejidad del comportamiento, es decir, el tipo de comportamiento que surge debido a la forma en que grupos de componentes interactúan.
- La complejidad de evaluación, en otras palabras, la perspectiva de la competencia de los tomadores de decisiones y los interesados en el sistema que tienen puntos de vista alternativos del "buen" desempeño del sistema.

De forma más concreta, Richardson (2005, p. 29) dice, que cada sistema de transporte es complejo, y esta complejidad se deriva de la pluralidad de su hardware (infraestructura y vehículos) y de la gente y organizaciones involucradas. La complejidad se multiplica por la existencia y las funciones de los distintos modos, de reglamentación y los órganos legislativos, los proveedores de servicios, la construcción, la financiación sistemas, tecnologías, patrones de uso de la tierra y, más importante, el comportamiento humano (Ibidem).

En cuanto a dicho comportamiento, como se ha dicho anteriormente, el sistema de transporte está relacionado con otros sistemas del sistema territorial. Uno de estos sistemas es el sistema social, del que el hombre forma parte, tanto en lo que a la demanda se refiere, comportamiento y elección, como a los recursos humanos necesarios para su funcionamiento. Por esta razón, el nivel de complejidad del sistema se incrementa todavía más.

Por otra parte, como se ha visto también en el apartado 2.1., desde el punto de vista geográfico, según Dauphiné (2003, p. 45 y ss.), encontramos cuatro formas distintas de complejidad, debidas al número de componentes del sistema, a la superposición de las escalas espaciales, a la superposición de los niveles de organización y a un comportamiento caótico relacionado en el tiempo.

En el sistema de transporte son evidentes, en nuestra opinión, las cuatro formas de complejidad citadas, porque se trata de un sistema del cual forman parte otros subsistemas con numerosos elementos relacionados, que operan en distintas escalas espaciales y temporales, y que tiene niveles organizativos imbricados en los propios elementos del sistema, incluso de otros sistemas.

Por lo tanto, en nuestra opinión, es necesario tener en cuenta las distintas complejidades señaladas por los autores citados (Manheim; Dodder, Sussman y McConnell; Richardson; Dauphiné), porque además, el nivel de complejidad se incrementa con las relaciones entre todas ellas, dado que cada una tiene naturaleza diferente y actúan simultáneamente a diversos niveles y escalas.

De ahí, que en conclusión, digamos que nos parece adecuada la utilización del enfoque de sistemas para el estudio del sistema de transportes de mercancías por ferrocarril, mediante los pasos establecidos para dicho estudio en el apartado 2.2. de la adaptación metodológica.

5.1. MODELOS ANTECEDENTES

Antes de abordar el análisis del sistema de transporte, en primer lugar, es necesario situar el punto de partida conceptual del modelo que se propondrá para tratar de penetrar en dichas complejidades. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica, centrándonos en la literatura de la Geografía del Transporte y, en menor medida, en la de otras disciplinas.

Se consultaron libros y revistas especializadas tanto en formato papel como digital, así mismo, se exploraron páginas web de distintas universidades e institutos tecnológicos y de investigación de diversos países.

Señalaremos, que hubo documentos digitales a los que no se tuvo acceso por distintos motivos, pero para los objetivos que pretendemos en este punto, consideramos que la información es suficiente. El modelo conceptual que se muestra en primer lugar, es el planteado por M.E. Eliot Hurts (1974, pp. 6-15). Presentamos las principales características de este modelo siguiendo el texto citado del mencionado autor.

Puntualizaremos, contextualizando a este autor, como ya se ha dicho en el apartado 1.4., que perteneció a la corriente cuantitativa de la geografía de los transportes anglosajona. Fue, en el plano filosófico y metodológico, uno de los primeros críticos a este paradigma geográfico dirigida contra una geografía de los transportes deshumanizada que no tiene en cuenta el medio socioeconómico. A partir de esta corriente crítica surgió la geografía social del transporte.

Es un modelo general, del que señala el autor que no es exhaustivo, pero que los principios son aplicables al estudio de muchos aspectos del sistema considerado como un todo. También indica, que el enfoque intenta tener en cuenta las realidades operativas de la sociedad, así como, reflejar las relaciones entre áreas geográficas, basadas en conceptos geográficos. Por ello, la presentación en el modelo de la demanda y la oferta como resultado de la interacción espacial, que no es un planteamiento estrictamente económico, es en esencia, lo que le confiere su carácter espacial.

Además, insiste el autor en el medio operacional socioeconómico y lo contextualiza en un marco social. Es un planteamiento desde enfoques sociales, lo cual es de absoluta actualidad, puesto que el sistema de transporte es un producto socioeconómico de las sociedades, como ya se ha dicho.

En cuanto al modelo, si se desagrega el concepto de estructura del transporte o circulación[177], desde un enfoque funcional, los siguientes elementos o componentes del sistema, deberían ser identificados y estudiados como:

- Un inventario: un conjunto de kilómetros de rutas, número de vehículos, etc.
- Una red: la estructura geométrica de la ruta del sistema.
- Flujos: qué movimientos suceden y con cuánta intensidad.
- Un sistema modal: el tipo de transporte que se efectúa.
- Las interrelaciones de los cuatro subsistemas anteriores.

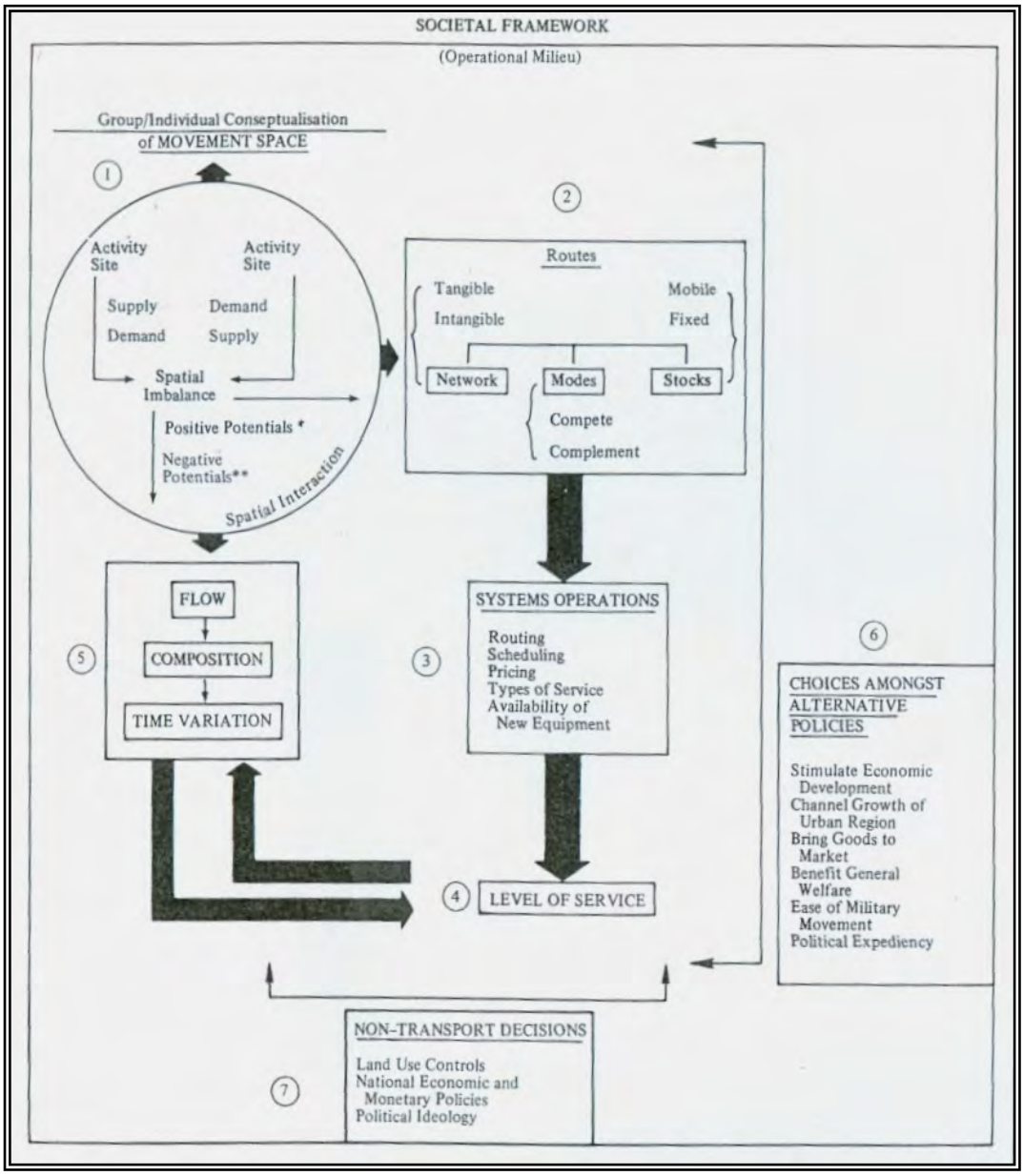
En la figura (ver figura 5-1), podemos apreciar los cuatro subsistemas (caja 2 a 5) y la idea general del movimiento o circulación, asociada a la necesidad o deseo de ir de un lugar a otro (caja 1). También se incluyen otros elementos no considerados en el mencionado enfoque funcional (caja 6 y 7). Toda la figura representa las interrelaciones entre los cuatro subsistemas.

Los potenciales positivos (*), hacen referencia a dos de los tres elementos que Ullman cita como base para que se produzca la interacción espacial, la complementariedad, y a la oportunidad de intervenir, también a la afinidad cultural, etc. Los potenciales negativos (**), se refieren a las distintas fricciones al movimiento[178] como la distancia, los costes, la transferibilidad (tercer elemento que cita Ullman).

[177] Como ya se ha indicado en el apartado 1.4., el término corresponde a la escuela geográfica francesa. Hace referencia a todas las interacciones espaciales y sus conexiones, ya se trate de flujos de mercancías, personas, financieros, ideas o innovaciones.

[178] El movimiento, en tanto que relacionado con el tiempo, es presentado por Ullman como la llave del espacio: percepción del espacio en función del movimiento (Jiménez i Capdevilla, 1986, p. 46).

Figura 5-1. El Sistema de Transporte (I)



Fuente: Eliot Hurst, M. E., 1974, fig. 1-2, p. 8

El subsistema operacional está representado en la caja 3 y el subsistema de gestión en la caja 4. El subsistema flujos, su estructura y las variaciones temporales, que están representados en la caja 5, hacen referencia a la productividad del sistema. Las cajas 6 y 7, representan el contexto social y político.

Sobre el conjunto del modelo, indicaremos, por último que el sistema está inscrito en un marco social, a causa de la naturaleza holística del enfoque de sistemas, por lo tanto el interés está también orientado parcialmente al más amplio *operacional milieu* o medio "cultural" en el que el transporte ha sido considerado[179]

[179] Indica el autor que por *operacional milieu* se entiende el medio que es interpuesto entre el responsable de las decisiones y el objetivo real del entorno. El medio consiste en elementos interrelacionados como el sistema de valores, factores culturales, sistema económico, etc. En

A continuación, describiremos brevemente los cuatro subsistemas mencionados:

- **Inventario**: el equipamiento básico del transporte puede clasificarse en móvil -coches, autobuses, camiones, equipamiento de ferrocarriles- e instalaciones fijas -kilómetros de línea de ferrocarril, de carreteras, etc,-. Las cantidades de estos elementos pueden entenderse en diversos grados en términos de las relaciones funcionales entre los mismos y variables tales como la renta y la población o el tamaño del área considerada. Existen relaciones claras entre estas medidas de la oferta y la demanda del medio operacional (*operacional milieu*) que contiene el sistema.
- **Redes**: incluye el diseño, la geometría, el patrón del sistema de transporte y la localización de rutas. También incluirían, la localización de las intersecciones, los nodos y terminales; la densidad y longitud de las rutas; la accesibilidad sobre la red de puntos individuales a otros puntos y las distancias recorridas para alcanzar cualquier punto sobre la red.
- **Flujos**: son cualquier actividad de transporte que pone en movimiento los bienes, personas, etc. Pueden ser analizados por los modelos de flujos de transporte, tales como los modelos de gravedad y de oportunidad de intervenir, así como mediante modelos de transporte, como por ejemplo, la programación lineal.
- **Modos**: tradicionalmente, uno de los principales enfoques ha sido examinando varios tipos o medios de movimiento, para identificar las características técnicas de cada uno de ellos, su estructura de costes, su evolución histórica y sus patrones de crecimiento regional. Cada uno de estos modos juega papeles diferentes, aunque algunas veces superpuestos, en la oferta de transporte.
- **Interrelaciones**: como se ha señalado, es necesario analizar las relaciones del sistema de transporte desde un enfoque holístico junto con el sistema socioeconómico. Los estudios en esta área tratan de desarrollar un conjunto de principios acerca de la interdependencia del transporte con los elementos socioeconómicos que deberían ilustrar cómo un cambio de los patrones modales o de accesibilidad, influencia los lugares y desarrolla actividades económicas en un amplio marco regional o urbano.

En un nivel, hay interrelaciones, por ejemplo entre las carreteras y los ferrocarriles. En algunas áreas son modos complementarios y en otras entran en competencia. Estas interrelaciones entre redes se evidencian por las condiciones de los equipamientos, fijos y móviles, las características de los flujos, la estructura de red u otras características de uso.

En otro nivel, examinar la interdependencia del transporte con el medio del que forma parte, se aprecia el uso de varios modos de transporte en el crecimiento económico de una región o en las conexiones y estructura de la jerarquía urbana y de las relaciones interurbanas o intraurbanas.

Hay que tener en cuenta, que las relaciones entre el sistema de transportes y el sistema socioeconómico son tales, que cualquier cambio en el primero cambia el entorno socioeconómico en el que opera y viceversa. En cuanto al enfoque para establecer las interdependencias, como señala Eliot Hurst (1974, pp. 287-291), es necesario realizar una concepción holística del sistema de transporte, para lo cual se deben seguir una serie de etapas.

---

términos de comportamiento este medio incluye la toma de decisiones principales para las redes de transporte y, en términos de movimiento, su uso final (p. 6).

Para Dematteis (2002, p.167), los *milieux*, son recursos socioculturales que caracterizan de una manera estable un territorio, ya que se han sedimentado en él a lo largo de la historia como consecuencia de la evolución de la sociedad y la economía en relación con los ecosistemas naturales locales.

Añadiremos que *milieu* (pl. *milueux*.), es una voz francesa que significa entorno. En términos geográficos hace referencia al ambiente social.

Sin embargo, el **paso inicial** es enfocar la totalidad del sistema de transporte en su contexto socioeconómico y político. Esto permite considerar algunos factores como la propiedad y control de los medios de producción de una sociedad, el conjunto de relaciones socioeconómicas que son generadas alrededor de esos medios, quién crea y desarrolla las tecnologías de transporte y los fines a los que sirve. Así, si los objetivos sociales vienen definidos en ese contexto, las inversiones podrán ser planeadas acordes con los beneficios esperados, económicos o sociales.

Dentro de este entorno operativo, la **primera etapa** es establecer que necesidad o deseo de interacción, movimiento o transporte tendrá lugar. Respecto a esta cuestión, recordaremos que la interacción surge por la separación espacial del lugar donde se pueden satisfacer los deseos o necesidades de los individuos.

La **segunda etapa**, consiste en identificar los componentes básicos estructurales del sistema de transporte, esto es, los modos, la dotación de elementos móviles y fijos, así como, las redes, que canalizan y limitan el movimiento. Señalaremos que las redes, como es conocido constan de nodos y conexiones entre los mismos. Cada nodo o lugar de actividad corresponde a un punto de oferta o de demanda; cada conexión a canales específicos de transporte.

Dichas conexiones pueden ser tangibles y bien definidas (por ejemplo, la red de ferrocarriles) o relativamente difusas e intangibles (como los contactos por radio). Asimismo, algunos nodos pueden ser puntos de intercambio entre conexiones del mismo o diferente modo, siendo en el segundo caso, complementarios.

El grado de movimiento sobre estas redes dependerá de la concentración y especialización de la economía, de la oferta de redes y modos, así como de su distribución espacial, que variará con la capacidad de esa sociedad para invertir en transporte según las prioridades sociales de la misma. Dependiendo de las restricciones del entorno operacional, el responsable de las decisiones abre una variedad de opciones de movimiento (**tercera etapa**). Los operadores y los representantes políticos, sin embargo, pueden establecer las rutas y programaciones y otros factores que determinan la siguiente etapa, el nivel de servicio.

Cada nivel de servicio es además restringido por ciertas metas y valores sociales, y además, por los beneficios y el bienestar de la comunidad. El responsable de las decisiones considera también la combinación de algunas características para establecer el nivel de servicio (**cuarta etapa**), como son, los tiempos de viaje, la seguridad, el confort, la fiabilidad, los costes indirectos (por ejemplo, los costes totales de transferencia) y la frecuencia del servicio.

El nivel de servicio, varía con el tiempo, los objetivos económicos y las necesidades espaciales. Está, por lo tanto, en función de las características espaciales de la demanda y la oferta, de los modos existentes, del conjunto de elementos móviles y fijos, de las redes y del entorno operacional.

La **quinta etapa**, es decir, los distintos flujos que se mueven por el sistema, se producen como respuesta a la demanda, las rutas los sistemas de operaciones y el nivel de servicio. En otras palabras, los flujos son la medida del volumen de la interacción y el éxito de las interrelaciones entre los elementos citados del sistema.

Finalmente, el transporte o las decisiones de movimiento están influidas por una amplia variedad de factores relacionados directa (**sexta etapa**) o indirectamente (**séptima etapa**). Los factores directos incluyen decisiones generales de inversiones para mejorar el desarrollo de un área o región u otras decisiones directas para mejorar los beneficios de los elementos móviles y fijos del sistema, ya existentes.

Otros factores directos importantes para el funcionamiento del sistema son los que introducen nuevas tecnologías, tales como nuevos vehículos, nuevas redes y nuevos sistemas de operaciones. También existen otros elementos del entorno, externos al sistema, pero que afectan al sistema, son los factores indirectos. Entre ellos están las políticas económicas nacionales que pueden afectar a la demanda en el espacio y el

tiempo, a la jornada de trabajo, etc. También los efectos derivados del control de los usos del suelo, la provisión de instalaciones públicas, los sistemas logísticos industriales, la información computerizada disponible, las políticas de diferenciación regional, etc.

Sobre este modelo diremos que en nuestra opinión, efectivamente es un modelo general pero bastante completo que nos sirve como punto de partida, junto con los otros modelos considerados para nuestro propio modelo conceptual. No obstante, señalaremos, que el modelo no sitúa explícitamente el sistema de transporte en el espacio o en el territorio, ni cita el sistema se asentamientos o el sistema urbano, si bien, implícitamente, y por definición, la interacción espacial se realiza sobre y entre territorios. Aunque sí hace referencia al movimiento entre nodos. También está claro implícitamente, que los elementos fijos y móviles del sistema, y las redes existen en un espacio.

Otra cuestión importante, que obvia el modelo, hace referencia a un producto del sistema -la accesibilidad y la conectividad de las redes-, conceptos de los que ya se ha resaltado su gran importancia. Sin embargo, sí que es muy completo el subsistema denominado “rutas”, ya que hace referencia a aspectos del sistema como los puntos de intercambio, tanto intermodales (multimodales) como intramodales a las redes físicas y virtuales, así como, a la competencia y complementariedad modal.

Asimismo, un aspecto que se hecha en falta es el concepto de la ruptura de carga y la referencia a las instalaciones en esos puntos de ruptura y de las instalaciones necesarias para realizar las operaciones. El subsistema de operaciones contempla un conjunto de elementos que, en esencia, son los que se desarrollan en la explotación del sistema de transporte, pero no se corresponden exactamente con la realidad actual.

Los planes de transporte, si bien, son planificados de una forma rígida, están sujetos a variaciones relacionadas con los convenios operador-cliente y no tanto por parte exclusiva del operador, aunque los encaminamientos pueden ser modificados si no afectan a la calidad de los servicios ofertados y contratados por los clientes.

Otra cuestión distinta es que el contexto del modelo es distinto al de nuestro entorno europeo. Se infiere una desregulación del sistema propia de los sistemas económicos liberales. En nuestro caso, por ejemplo, hay una política europea de transportes que separa en dos elementos distintos del sistema infraestructuras y operaciones. Tampoco es el mercado ni los operadores quienes establecen libremente los precios, están regulados normativamente por los estados, si bien, los citados convenios pueden modificar el precio de los servicios.

El modelo hace referencia a la disponibilidad de nuevos equipamientos en el sistema de operaciones, pero en el caso europeo se establece una normativa y unos determinados actores que certifican y habilitan la circulación de material nuevo y de los recursos humanos. También la construcción de nuevas infraestructuras está gestionada por los gobiernos.

En cuanto a las operaciones físicas, procesos fundamentales para el funcionamiento del sistema, el marketing y la regulación, y el control del sistema, no se citan. Sobre el nivel de servicio, un aspecto importante del modelo es considerar que pueden existir ciertas restricciones en función, entre otras cosas, de los valores y los objetivos sociales, tales como los beneficios o el bienestar de la población, y de las necesidades espaciales de la demanda y de la oferta de transporte.

En la actualidad existen otro tipo de condicionantes del nivel de servicio relacionados con la calidad que es necesario ofrecer, tanto en las operaciones como en la información al cliente, que hace que los niveles exigidos sean muy elevados. Además, se cita como un factor indirecto que afecta al sistema de transporte el sistema logístico industrial. Como ya se ha señalado con anterioridad, la revolución logística todavía no había comenzado cuando se realizo el modelo, ni obviamente, el concepto de integración del que surge el de concepto de cadena de suministro.

Actualmente, el denominado sistema logístico industrial, no sólo ejerce efectos directos, incluso, podría decirse, que sus requerimientos de servicio y calidad establecen los mencionados niveles de servicio, dadas las fuertes relaciones de dependencia mutua entre los sistemas de transportes y logístico. Sobre los flujos, el producto del sistema de transporte, consideramos muy necesario considerar su estructura y las variaciones temporales y espaciales. Asimismo, la tipología de los flujos, como por ejemplo, los flujos capilares, concepto hoy en día muy importante.

Otra puntualización sobre la representación de las relaciones de retroalimentación de este subsistema. En nuestra opinión, del mismo modo que se representa la bidireccionalidad de las relaciones con respecto al subsistema del nivel de servicio, habría que hacer lo mismo con la representación de la de todos los subsistemas, puesto que se trata de un sistema y hay que considerarlo como un todo, es decir, cada uno de los subsistemas afectan al funcionamiento de los demás y al conjunto del sistema.

Con respecto a los elementos del entorno del sistema que afectan al propion sistema de transporte de una forma directa se señalan algunos puntos importantes, como aspectos de la política regional o de transportes, culturales y tecnológicos, las nuevas redes y los nuevos sistemas de operaciones.

Pero no se considera la influencia de otros elementos del sistema territorial, como el sistema medioambiental (clima u orografía) o de asentamientos, si bien, estos últimos, aun no citados, son los generadores de la demanda. Por el contrario, es significativo que haga referencia a las nuevas tecnologías del transporte, aunque no se hace alusión a la innovación, ya que es un concepto muy actual. Tampoco se cita directamente la investigación, si bien, es algo implícito a las nuevas tecnologías.

En cuanto a los efectos indirectos, son de destacar los controles en los usos del suelo, que podrían corresponder a las políticas de ordenación territorial y planes de ordenación urbana y la información computerizada. Señalaremos, no obstante, que el uso de ordenadores e Internet es algo absolutamente imprescindible y, por lo tanto, ya no se puede considerar un efecto sino un recurso del sistema imprescindible.

Los recursos del sistema, como por ejemplo, la energía, no se mencionan, y es obvio, que sin ella el sistema no funciona, por lo tanto, si que debería haberse hecho una referencia a ella, tanto a su necesidad como a su consumo. Tampoco, los recursos financieros ni, como ya hemos señalado, los recursos humanos. Si embargo, si que se nombran varias veces los recursos materiales y las inversiones.

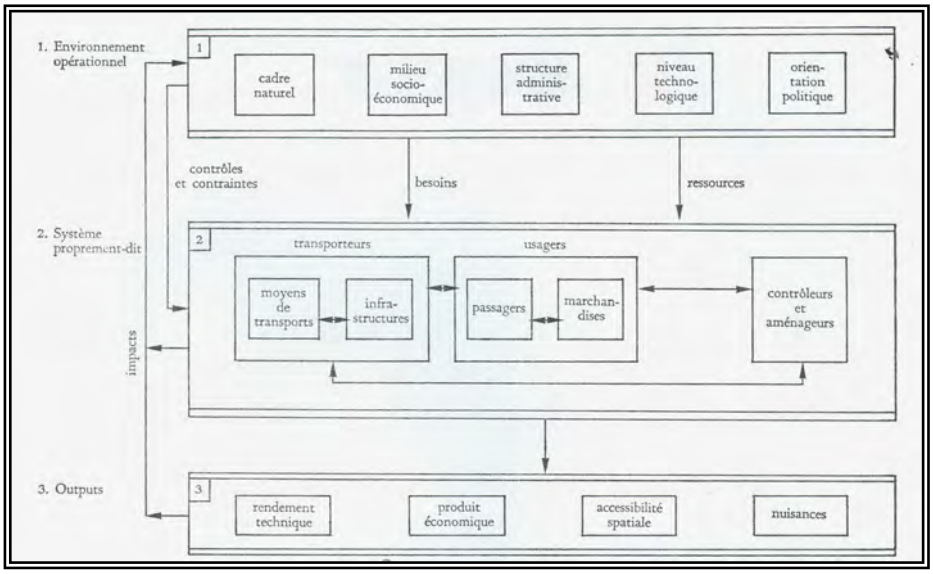
Por último, mencionaremos las salidas del sistema y su retroalimentación, es decir, los impactos sobre lo que se denomina entorno socioeconómico, ya que no se consideran la mayoría, salvo los impactos espaciales (excepto la accesibilidad). Salidas tan importantes como el conjunto de impactos que se incluyen en los costes externos, salvo los accidentes, no se tienen en cuenta, aunque es cierto que la conciencia social medioambiental es muy reciente. Además, tampoco las salidas del sistema que lo retroalimentan y que pueden modificar su estado.

En nuestra opinión es una carencia importante del modelo, porque las salidas de todos los sistemas abiertos son entradas a otros sistemas y retroalimentan al propio sistema. El segundo modelo considerado es el de Reichman (1983, pp. 60-69), autor incluido en la corriente estructuralista de la geografía del transporte. Está corriente se caracteriza por la utilización de un método global, fundamentado en el estudio del conjunto de los factores que intervienen en el espacio en un mismo momento. Estos fenómenos simultáneos, que determinan una estructura, son considerados de forma integrada, asimismo, como elementos de dicha estructura.

Desde un enfoque sistémico considera que como la interacción entre lugares también está en función de la distancia entre ellos, el espacio puede ser concebido como un campo de fuerzas, de atracción y de fricción, que actúa sobre la demanda en dos direcciones opuestas.

De esta forma, los usuarios del servicio de transporte van a actuar, con respecto a la fricción de la distancia, con la ley del mínimo esfuerzo. Esto sugiere que los costes y velocidades de transporte van a condicionar su uso.

Figura 5-2. El Sistema de Transporte (II)



Fuente: Reichman S., 1983, tableau 6, p. 64.

El modelo permite establecer las relaciones existentes entre los aspectos morfológicos, técnicos y estructurales del sistema de transporte, elementos que son aparentemente independientes. Como consecuencia de ello, se pueden predecir también los efectos derivados de las modificaciones en el sistema, y la demanda y la oferta de infraestructuras.

La estructura del modelo, como podemos apreciar en la figura 5-2, está compuesta por tres partes el entorno operacional, el sistema de transporte propiamente dicho y las salidas del sistema, que retroalimentan el entorno operacional y, desde él, al sistema propiamente dicho. Se describen a continuación.

- **1ª Parte**: los transportes no funcionan en el vacío, sino que depende del entorno operacional, conocido además, como una superestructura, de la que provienen las necesidades y que aporta los recursos, también determina tanto los resultados como las limitaciones del funcionamiento del propio sistema. Identifica varios subsistemas: el medio natural, el medio socio-económico, la estructura administrativa-legal, el nivel tecnológico y la ideología del poder político. Los elementos de cada uno de ellos están relacionados entre sí y a la vez también lo están todos los subsistemas. Algunas de sus principales características de los mencionados subsistemas son:

–El medio natural: hace referencia más bien a obstáculos externos, a los efectos que por ejemplo, la topografía, el clima, los recursos minerales, etc tienen sobre el sistema.

–El medio socioeconómico: incluye el tamaño de la población, su estructura socio-profesional y sus rentas, también la economía. Todos ellos son factores importantes que determinan la vez las necesidades y recursos del sistema.

–La estructura administrativa y legal: dispone los controles normativos sobre el funcionamiento de los transportes. Está afectado también por la orientación política.

–El nivel tecnológico: los obstáculos del medio natural serán modificados según la capacidad tecnológica de las sociedades.

–Orientación política: la política de transporte, en lo que concierne al crecimiento económico y la redistribución económica, podrá ser diseñada por el poder político de diversas formas. Estará en función de la ideología política que detente el poder. Pero no sólo esto, también la importancia que el mencionado poder político conceda a los impactos ecológicos.

Si introducimos la variable tiempo, un elemento o una interacción pertenecerá al entorno, si permanece invariable o varía lentamente con respecto al sistema mismo. El sistema es afectado directamente por el entorno, mientras que, el impacto del sistema sobre su entorno se produce progresiva e indirectamente.

- **2ª Parte:** el sistema, desde el punto de vista del ingeniero, está constituido por los vehículos, la infraestructura y las técnicas de explotación para desarrollar una función dada. Esta estructura del sistema está centrada, sobre todo desde la oferta, y parece lógico adjuntar otros elementos para obtener la estructura siguiente:

– Las infraestructuras y los modos de transporte gestionado por administradores públicos o privados.

– Los objetos transportados, es decir, los pasajeros y las mercancías.

– Los poderes públicos en su papel de control y planificación.

Cado uno de estos elementos funciona independientemente frente a los otros, así los usuarios elegirán los diferentes modos y rutas y los transportistas determinarán cuál será la tecnología ofertada, en función de la atracción para los usuarios.

- **3ª Parte**: Todo sistema está caracterizado por sus salidas, es decir, por la medida cuantitativa de su rendimiento. Se distingue entre las salidas intencionadas y las no intencionadas. Las salidas intencionadas, corresponden a los rendimientos en términos de toneladas o viajeros por kilómetro, el valor añadido a ese rendimiento, esto es, el producto económico del sistema, y la accesibilidad, que es la salida geográfica del sistema.

Las salidas no intencionadas, en otras palabras, son las externalidadades negativas del sistema, como los ruidos, los accidentes y la polución ecológica, que acompañan al funcionamiento de un sistema tecnológico.

Ambos tipos de salidas, generan unos impactos que afectan al entorno operacional mediante un proceso de retroalimentación (*feed-back*), que pude ser concebido como un bucle, repercutiendo a través de todo el sistema. Se distingue entre impactos económicos, sociales y políticos, que pueden ser positivos o negativos, e impactos ecológicos, que son en gran medida negativos.

Por otra parte, pero absolutamente relacionado con el funcionamiento del sistema, haremos referencia al estado de equilibrio del sistema. Con respecto a esta cuestión, son conocidos conceptos como teleonomía[180], información, entropía y, el mencionado, retroalimentación, que explican como un sistema llega a conservar y reproducir su estructura.

Aplicando dichos conceptos a un sistema como el de transportes, diremos que podrá mantener su orden interior tanto tiempo, como sea capaz de incorporar más recursos (materiales, energía e información) de los que utiliza para su funcionamiento.

Sin embargo, las dificultades son numerosas, porque se trata de aceptar esos conceptos de equilibrio en la realidad. La primera de estas dificultades del sistema de transporte es que todos sus elementos no se desarrollan con la misma intensidad y no tenemos indicaciones suficientemente claras sobre las direcciones en las que evolucionará el sistema.

[180] El término hace referencia a la calidad de aparente propósito y de orientación a objetivos de las estructuras y funciones de los organismos vivos.

Así por ejemplo, la expansión del tráfico en el modo carretera ha hecho necesarias importantes inversiones en sus infraestructuras, hasta el punto, de afectar a los recursos disponibles para otros modos de transporte.

Con respecto a lo dicho, es posible identificar un proceso de morfogénesis cuando los elementos del subsistema carretero toman el relevo a los otros modos y los desvalorizan hasta el punto de convertirlos en superfluos. Por lo tanto, tal evolución significa que estamos todavía lejos de un estado estable, al menos, en lo concerniente al orden de importancia de los diferentes modos.

La segunda dificultad es de otra naturaleza. Un estado estable del sistema de transportes presupone que toda expansión toma, generalmente, la forma de una reproducción o de una multiplicación del mismo tipo de elementos, ya se trate de aeropuertos, de redes de metro o de nuevas autopistas. Pero todos estos elementos consumen grandes cantidades de espacio, limitado por definición.

Este problema del sistema de transporte se manifiesta de manera tangible bajo la forma de congestión del tráfico. Cuando los equipamientos están congestionados la calidad del servicio se ve afectada seriamente creando importantes pérdidas de capacidad en caso de saturación.

Por lo tanto, la pertinencia del concepto de equilibrio o de estado estable del sistema es cuestionable, así, que es necesario otro paradigma para explicar la evolución del sistema, que se caracteriza por una gran divergencia entre elementos favorecidos y desfavorecidos, entre eficacia económica y coste social, y entre soluciones tecnológicas e intervenciones administrativas.

Parece ser, que la Teoría de las Catástrofes[181] se ajusta mejor a la comprensión de la evolución del sistema de transportes por una de sus propiedades, la más importante para nuestros propósitos y que es cualitativa. Según dicha propiedad, un sistema, en ciertas condiciones puede evolucionar hacia múltiples equilibrios, diferenciados entre estados estables e inestables cuando el paso del uno al otro se hace de forma abrupta, es decir, discontinúa.

De esta forma, es posible sustituir el concepto de equilibrio general por el de fluctuaciones, que permiten cambiar de dirección al sistema en función de las presiones internas o externas a las que está sometido. Sobre este modelo, al igual que con el anterior, también realizaremos algunos comentarios.

Trata de forma más completa que el de Eliot Hurst las cuestiones sociales y el enfoque sistémico, en nuestra opinión, está bien descrito. Sin embargo, el sistema de transporte está poco desarrollado y es mucho más ilustrativo el anterior.

Destacaremos la amplia y completa descripción del entorno operacional, y en concreto, los subsistemas del medio natural y del nivel tecnológico. El medio natural lo contempla como obstáculos externos al sistema, e incluye los recursos naturales, que son una importante fuente de producción de transporte.

Es importante la afirmación de que el nivel tecnológico modifica los condicionantes del medio natural, porque el determinismo geográfico[182] imperó en esta disciplina desde mediados del siglo XIX hasta mediados del siglo XX.

---

[181] Teoría matemática desarrollada por R. Thom para formalizar el comportamiento de sistemas donde el cambio continuo del valor de un parámetro es susceptible de introducir localmente discontinuidades en la evolución de las variables de estado (Pumain, 2004, p. 2).

Esta Teoría intenta desarrollar un sistema matemático o un modelo dinámico continuo que pueda representar fenómenos naturales discontinuos y que por su discontinuidad no pueden ser descritos por el cálculo diferencial de manera satisfactoria.

[182] Según este paradigma el medio natural condiciona la vida de pueblos y personas, sus comportamientos y sus economías.

Sin embargo, opinamos, que el subsistema de asentamientos debería haberse incluido porque, como es conocido y se ha visto con profusión, la actividad se localiza y se desarrolla en esos elementos del sistema espacial.

Otro aspecto del modelo que destacaremos es el subsistema que hace referencia a la orientación política, a la que el citado autor señala como un condicionante de la redistribución económica en las sociedades y de la actuación ante los impactos ecológicos que tiene el sistema de transporte. Para el autor, el sistema es afectado directamente por el entorno, mientras que, los impactos del sistema sobre el entorno se producen progresiva e indirectamente. Subrayaremos, asimismo, la discriminación de los elementos del sistema mediante la incorporación de la variable tiempo. Así, en función de la variabilidad temporal de cada uno de ellos pertenecerán al entorno o al sistema de transporte.

En cuanto al sistema de transporte propiamente dicho, como hemos mencionado, se limita a su representación y a una somera descripción. Aunque sí realiza la separación en tres subsistemas distintos, de los que resaltaremos el de controladores y planificadores y, sobre todo, el que a su vez, se estructura en dos sub-sistemas que separa las actividades de pasajeros y mercancías.

Uno de los aspectos más destacables es la consideración de las salidas del sistema y su discriminación según su naturaleza. También las relaciones entre los elementos, y sobre todo, la retroalimentación del sistema. El funcionamiento del sistema también incorpora la idea, vista anteriormente (apartado 2.2.), de que los elementos del sistema funcionan en distintas escalas temporales, porque, según afirma Reichman, los elementos no se desarrollan al mismo tiempo. Asimismo, otro aspecto novedoso con respecto al modelo anterior, es la consideración explícita de la calidad de servicio y su relación con la saturación.

Sobre las salidas del sistema es muy importante, desde el punto de vista espacial, que considere la accesibilidad como salida geográfica del sistema de transporte (*output*), puesto que, es una cuestión fundamental para los sistemas de asentamientos, de actividad y logístico. Otro aspecto que consideramos de gran trascendencia es la incorporación del concepto de estado del sistema y la crítica de ciertos aspectos del estado de equilibrio en los sistemas dinámicos como el de transporte.

Así, considera que la Teoría de las Catástrofes explica mejor esta cuestión, al introducir los conceptos de equilibrios múltiples y de fluctuación del sistema, en referencia a la consideración del equilibrio del sistema como una respuesta discreta y no una respuesta continua que, según el autor, estaría en función de las presiones internas o externas del sistema.

Como se ha podido apreciar, el modelo muestra la estructura completa del sistema de transporte, sus relaciones y las salidas, desde un enfoque de sistemas. Aunque las relaciones entre los subsistemas del entorno no se muestran. También, se contemplan los recursos del sistema, aportados por el entorno operacional, como una entrada (*imput*) al sistema de transporte; de entre estos recursos, cita el consumo de espacio de las infraestructuras. Es sabido que los sistemas necesitan energía para su funcionamiento.

Por último, indicaremos, que lo más importante del modelo, en nuestra opinión, es la consideración de la accesibilidad como la salida geográfica del sistema y la alusión al estado del sistema, incorporando, además, la teoría de las catástrofes para su explicación.

El tercer modelo conceptual al que haremos referencia es el de Sjöstedt (1992, en Woxenius, 1998, p. 41). La razón está en que hace referencia al sistema logístico, a sus elementos y procesos, incluyendo el transporte, puesto que son relaciones que ya se han visto en el apartado 4.3. y que nos interesa incorporar a nuestro modelo. Puntualizaremos, que en los comienzos de la década de los años noventa del pasado siglo, cuando Sjöstedt realiza su modelo, la logística no había evolucionado todavía hacia la total integración de sus elementos.

Sin embargo, a pesar de que el autor lo modifica en el año 1994 incorporando el concepto de mercado, nos parece oportuno utilizar el modelo del año 1992, en lugar del posterior, por su sencillez y claridad. Siguiendo a Woxenius (1994, p. 41-42), el modelo contiene tres elementos y tres procesos (ver figura 5-3):

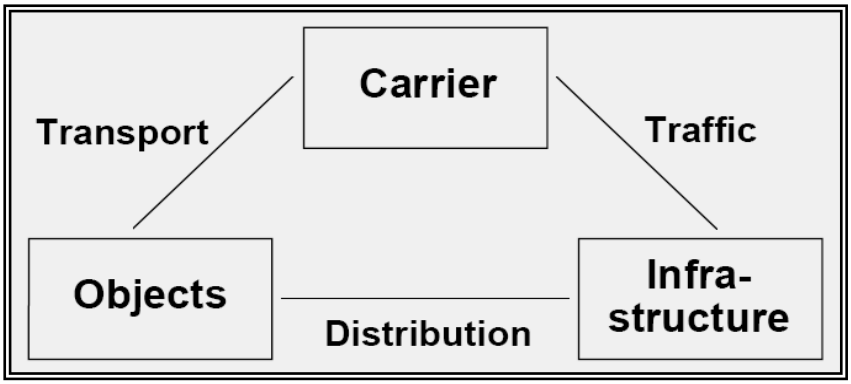
- Los elementos representados son:

  – *Objetos*: son unidades físicas, bienes o personas, que son transportadas dentro del proceso de transporte.

  – *Transportistas*: son el dispositivo usado para cambiar de lugar los objetos.

  – *Infraestructura*: es la vía física sobre la cual los transportistas ejecutan dichos cambios de lugar.

Figura 5-3. Elementos y Procesos en un Sistema Logístico



Fuente: Sjöstedt, L., 1992, en Woxenius, J., 1998, fig. 3.1., p. 41.
http://publications.lib.chalmers.se/cpl/record/index.xsql?pubid=1196

- Los procesos representados son:
  – Procesos de transporte de los objetos.
  – Procesos de tráfico
  – Procesos de distribución física de los objetos transportados.

Se indica que cada proceso del sistema incluye dos de los elementos representados en el modelo, como se puede apreciar en la figura y que la interacción de los elementos del sistema se produce dentro de los mencionados tres procesos. En los procesos de transporte, las compañías cumplen con los cambios de lugar requeridos de los objetos y personas, agregando el valor añadido del tiempo y el lugar.

Mediante los procesos de distribución los objetos son físicamente movidos por las compañías que circulan entre predeterminados lugares. Sin embargo, las operaciones del sistema de transportes no corresponden exactamente con los deseos de los cambios de lugar. Las compañías no siempre viajan directamente entre los orígenes y los destinos. Van recogiendo y dejando, personas y bienes, a través del trayecto en las terminales para lograr economías de escala.

En cuanto a los procesos de tráfico, corresponden a los movimientos físicos de las compañías. Añadiremos que Woxenius (1994, p.42), realiza una única crítica a dicho modelo, porque según este autor, el proceso de distribución es un fenómeno abstracto que describe los cambios de lugar entre nodos geográficos sin hacer referencia física al movimiento.

En nuestra opinión, dicha crítica no se sostiene porque el movimiento físico en el modelo se realiza mediante los procesos de tráfico, la interacción vehículo-infraestructura, y no se puede considerar aislado de los otros tres, salvo para su análisis, por la propia definición de sistema, ya que todos los elementos y procesos están relacionados y funciona conjuntamente para alcanzar el mismo objetivo.

Sin embargo, en nuestra opinión, podemos criticar que el modelo no está inscrito en el espacio, puesto que, no se hace referencia al sistema de asentamientos, dado que la actividad del sistema se produce en este sistema y los procesos de tráfico se generan entre elementos del mismo. No obstante, señalaremos, que nuestro interés radica en conocer los elementos y los otros procesos implicados en el de distribución.

Existe otro modelo de SJÖSTEDT (1997), una versión para las mercancías, que incorpora los usos del suelo, la accesibilidad, el transporte y el tráfico, que es muy interesante[183].

Finalizaremos este punto, diciendo que en nuestro modelo conceptual se utilizarán como punto de partida los modelos anteriores. Se actualizarán algunos aspectos de los elementos vistos en ellos y también se incorporarán otros no contemplados. Asimismo, se representarán las conexiones del sistema de transportes con el sistema territorial (entorno), el sistema logístico y el sistema intermodal, si bien, no se desarrollarán.

Por último, se inscribirá el sistema de transporte, nuestro objeto de estudio, en el sistema nodal que configura la naturaleza espacial del sistema de asentamientos.

5.2. DESARROLLO DEL MODELO PROPUESTO

Hemos repetido a lo largo de las páginas escritas, que la sociedad actual necesita un sistema de transporte moderno, eficaz y eficiente, que pueda responder a los retos económicos y de calidad que plantean la globalización y la competitividad actual para las distintas empresas y los territorios en los que están ubicadas. También, ante la creciente sensibilidad social por aspectos como el cambio climático y la contaminación en nuestro planeta el sistema ha de ser sostenible desde el punto de medioambiental.

Por último, señalaremos también la sostenibilidad desde el punto de vista social, para dotar a los territorios y los ciudadanos que los habitan de los niveles de accesibilidad y conectividad a la red europea de transporte, que posibilite la reducción de la perifericidad e incremente el bienestar social en dichos territorios.

Con estas premisas, se establecerán las mejoras que son susceptibles de realizarse en el modelo de sistema de transporte actual, para alcanzar, o al menos, reducir la distancia que nos separa del desarrollo sostenible. El desarrollo del conjunto de propuestas se realizará mediante la aplicación de la metodología presentada en el apartado 2.2., siguiendo las etapas señaladas, y sosteniéndose en el modelo conceptual construido a tal efecto, como se presenta a continuación.

5.2.1. Objetivo del sistema de transportes y definición de los objetivos de su estudio

En primer lugar, para comenzar, es necesario definir cuál es el objetivo del sistema de transporte de mercancías por ferrocarril, si bien por extensión y en líneas generales, es aplicable al conjunto del sistema, es decir, también al transporte de las personas.

Así, según el *Libro verde del transporte* de la Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos “El objetivo último del transporte debe ser satisfacer los deseos de movilidad de personas y mercancías, en función de la distancia y del tiempo de viaje, con unos ciertos niveles de economicidad, de calidad y de respeto al medio ambiente.” (Libro verde del transporte, 2003, p.3).

---

[183] Para ampliar la información sobre dicho modelo, ver Woxenius, 1998, fig. 3-2, p. 66. También, es interesante el esquema que relaciona los factores que influencian el diseño del tráfico y las terminales presentado por Woxenius (1998, fig. 6.1., p. 125).

Otras representaciones de algunos aspectos del sistema de transportes, asimismo, muy interesantes, sobre los componentes del sistema y el proceso de tráfico a través del mismo los encontramos en Morlok (1978, fig. 3.8., p. 88), y sobre las redes físicas, funcionales y del conocimiento en los procesos de transporte intermodal, así como, de las relaciones espaciales que se establecen en este tipo de transporte, en Pesquera (2005).

La matización del objetivo del sistema de transporte, en el citado Libro verde, entronca directamente con el objeto y el objetivo de la tesis, como se puede apreciar en la cita que se reproduce a continuación:

"La potenciación de modos de transporte económicos, eficientes en el uso del espacio, integrados en el medio ambiente y que optimicen el esfuerzo global por unidad transportada, es una alternativa insoslayable de equilibrio que tiene en cuenta todas las externalidades y no sólo el puro economicismo. El ferrocarril y el cabotaje marítimo -short sea shipping-, para las mercancías, y el ferrocarril de altas prestaciones y el transporte colectivo urbano, para viajeros, justifican una atención superior a la que les confiere su cuota de mercado." (Libro verde del transporte, 2003, p.4).

El binomio transportes-sostenibilidad proviene de la actual preocupación por el medio ambiente en la mayoría de los países y en la Unión Europea. El concepto de sostenibilidad emana de los conceptos de medioambiente y desarrollo sostenible, que nacen en la Conferencia de Estocolmo del año 1972 y en el *Informe Brundtland* de 1987, respectivamente (ver anexo 3). El citado binomio, tiene su expresión en el concepto de transporte sostenible, que podemos sintetizarlo en una definición para su mejor comprensión.

Según el Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco, sería "la actividad de naturaleza económica que tiene por objeto el traslado de personas y/o bienes, sujeta o no a autorización administrativa, la cual debe garantizar la accesibilidad universal mediante la utilización equilibrada de los diferentes Modos de Transporte en condiciones de seguridad, calidad y eficiencia, que debe garantizar, también, la capacidad de las generaciones futuras en la resolución de sus necesidades" (Plan Director de Transporte Sostenible, Gobierno Vasco 2002, p.18).

En cuanto al objetivo, más concreto, del sistema de transporte de mercancías, señalaremos, que es la producción de transporte entre las distintas áreas de actividad de los territorios, es decir, el movimiento de unidades de cargamento entre un origen (consignatario) y un destino (destinatario) con el menor consumo de recursos posible y un alto nivel de calidad que satisfaga los requerimientos de los clientes.

Como se ha indicado (apartado 3.1.), el sistema de transporte es el que lleva a cabo el proceso de circulación en el sistema económico, elemento, a su vez, del sistema territorial. Dicho proceso, relaciona el proceso de producción-fabricación con los de distribución y consumo.

Sobre los objetivos que se pretende alcanzar con el estudio del sistema, señalaremos, por una parte, la mejora del conocimiento del sistema de transporte y, por otra parte, la mejora productiva del sistema que, a su vez, podría encuadrarse en tres grupos:

- El **primero** estaría relacionado con la eficacia del sistema, es decir, con la adecuación de los objetivos establecidos para el sistema de transporte a las necesidades y requerimientos actuales de transporte.
- El **segundo** con la efectividad del sistema, o sea, con la capacidad del sistema para cumplir con dichos objetivos.
- El **tercero** con la eficiencia del sistema de transporte, esto es, con el grado de cumplimiento de cada uno de esos objetivos.

Se trata de identificar las ineficacias e ineficiencias del sistema con respecto al objetivo señalado para el sistema de transporte y su consecución. Es decir, conceptualmente, identificar los "cuellos de botella" del sistema, en la terminología de Goldratt, tanto en la eficacia del objetivo como en la eficiencia de su implementación, y establecer un conjunto de posibles mejoras para ajustarlo o modificarlo a los estándares de calidad.

5.2.2. Tipo de modelo y contextualización del sistema de transporte

Una vez definido el objetivo del sistema y antes de abordar el análisis del mismo, el siguiente paso es contextualizar el sistema de transporte dentro del sistema en el que opera y al cual sirven sus objetivos, esto es, inscribirlo en el sistema territorial.

Se incluye el concepto y objetivos del análisis territorial para entender mejor su contextualización. Se justifica por el espíritu holíslico que se adopta para el estudio del sistema de transportes, tanto desde la geografía como desde el enfoque de sistemas. Una de las definiciones que podemos aportar del sistema territorial es la de Gómez Orea (2002, p.181), para este autor "…es el conjunto de todos los elementos y procesos naturales y culturales, existentes en el territorio." , de la definición se puede inferir que el sistema de transporte es un elemento que existe en el territorio.

El objetivo del análisis territorial es conocer y entender el modelo territorial que, para Serrano (2003, p.35), es la manera en que una sociedad se relaciona, ocupa y transforma un espacio determinado. Este concepto, según el citado autor, incluye el medio físico, la población, la producción, el patrimonio, las infraestructuras, los edificios, los equipamientos, el sistema de conexión, los marcos normativo, institucional y social. Es una abstracción que trata de sintetizar los aspectos fundamentales que subyacen en la comprensión de la ordenación e interrelación espacial de todos ellos, con la dinámica social.

El modelo territorial, por lo tanto, vendrá definido, siguiendo a Piñeiro (1999, p.2), por la configuración espacial del sistema de asentamientos, por la utilización del medio físico y por los procesos de transformación, tales como infraestructuras, tipos de ocupación, tipos de aprovechamiento, etc., que sobre el mismo se proyectan.

En la definición del modelo territorial, como señala Serrano (2003, p.36 y 37), serán aspectos fundamentales a tener en cuenta, en primer lugar, el sistema de ciudades y sus áreas de influencia, que incluyen, entre otras tipologías, las asociadas a la caracterización productiva y a las dotaciones infraestructurales, los niveles de conexión, la centralidad y la urbanización del territorio considerado.

En segundo lugar, las relaciones e interrelaciones territoriales fundamentales que inciden en el sistema territorial y de ciudades definido. Así, podemos encontrar las relaciones laborales, las económicas, las derivadas del acceso a los equipamientos, y las relaciones sociales y de control político, cultural y social.

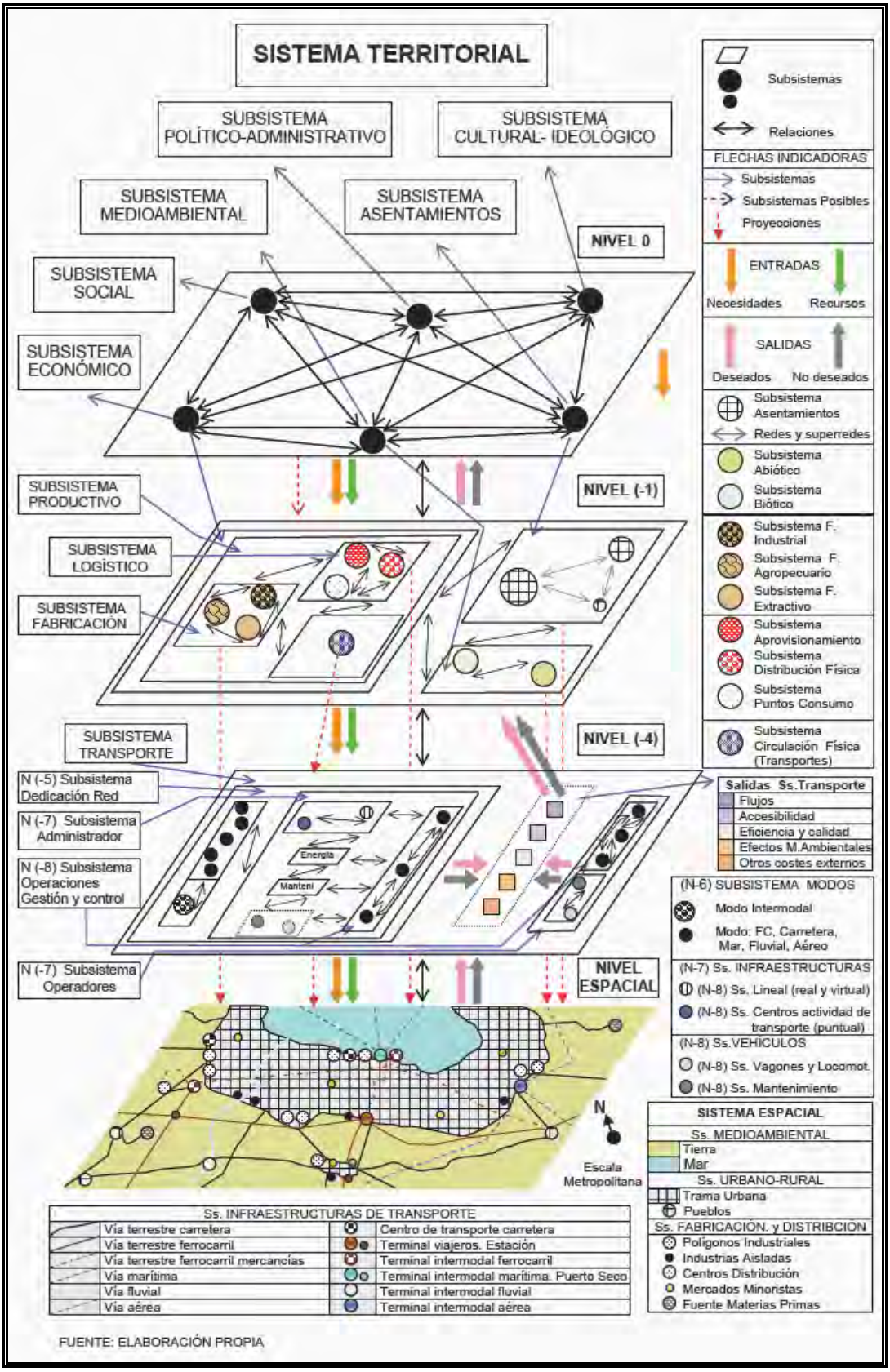
En la figura (ver figura 5-4), se ha tratado de presentar de forma conceptual sintética el sistema territorial y sus subsistemas desde el enfoque de sistemas para, de esta forma, poder apreciar la situación del sistema de transportes dentro de la estructura jerárquica del sistema territorial.

Para clarificar la estructura y jerarquía del sistema territorial se ha procedido también a representarla en un gráfico de árbol (ver figura 5-5). En ambas figuras se han incorporado sólo los elementos del sistema que consideramos más significativos para nuestros objetivos. También se trata de mantener una visión panorámica de la totalidad de los elementos que se consideran de interés.

De esta manera, se muestra, por una parte, la implantación sobre el territorio de los elementos espaciales del sistema territorial (nivel Espacial) y, por otra, hacemos patentes los límites del sistema de transporte. En cuanto a los mencionados límites, se pueden apreciar en las dos figuras anteriores los subsistemas exteriores al sistema de transporte. Configuran el entorno del sistema y no pertenecen al propio sistema, sin embargo, todos ellos le afectan en mayor o menor medida.

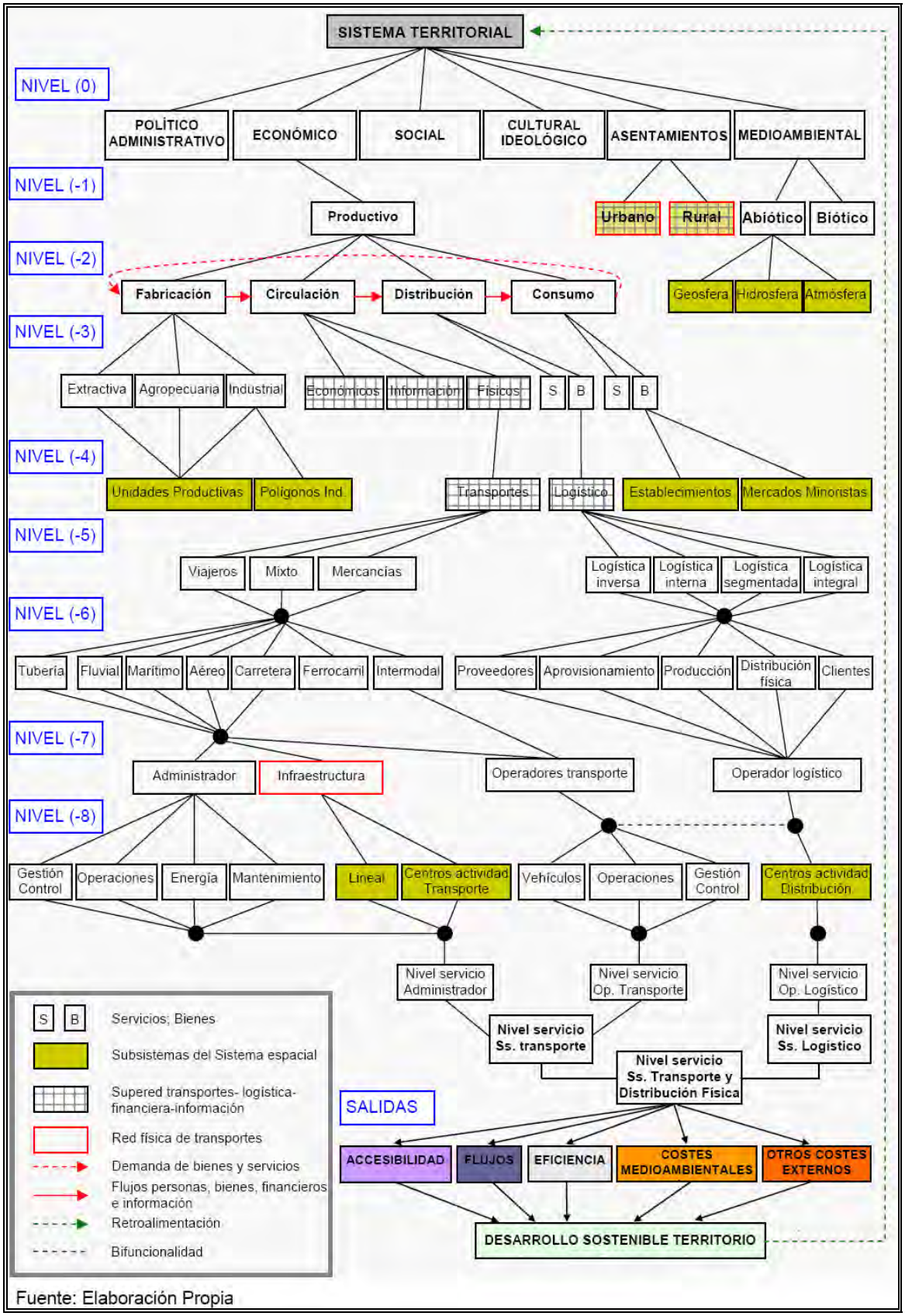
Vemos en las figuras citadas como el sistema de transporte (circulación física) está incluido en el sistema económico y, por lo tanto, influido por todos sus elementos.

Figura 5-4. El Sistema de Transporte en los Sistemas Territorial y Espacial



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Figura 5-5. Jerarquía de los Sistemas Territorial, de Transportes y Logístico



Fuente: Elaboración Propia

Pero también, por los otros sistemas incluidos en el sistema territorial, puesto que están fuertemente interrelacionados todos ellos, formando en dicho sistema un todo cohesionado con múltiples relaciones que presenta altos niveles de complejidad.

La situación del sistema de transportes, así como la de sus sistemas, y la de los otros elementos de interés, la buscaremos realizando una serie d

e enfoques progresivos, a modo de zoom. Se llegará hasta ellos recorriendo los niveles de la jerarquía de sistema territorial utilizando un itinerario dirigido hacia ese elemento en concreto y una escala que variará, a medida que descendamos de nivel, desde la escala macroscópica, en el nivel 0 (sistema territorial), hasta la microscópica, cuando descendamos a los niveles más profundos del sistema de transportes.

Puntualizar que no se trata de realizar una identificación y descripción exhaustiva de todos los elementos del sistema territorial, ni de identificar íntegramente sus relaciones, ni tampoco de analizar su dinámica. Nuestro interés se centra en el sistema de transporte, como se ha dicho repetidamente, y se analizará en el punto siguiente (5.2.3.).

Por este motivo, se utilizan niveles de resolución del sistema, en función de nuestro interés, de caja negra y de *caja gris*, hasta llegar al sistema de transportes en que se añadirá, en la medida de lo posible y en función de los objetivos, un nivel de resolución de *caja blanca*.

Como ya se dijo en el capítulo dedicado a la metodología (apartado 2.2.), para estudiar un sistema utilizando un nivel de *caja gris* hay que prestar atención exclusivamente a las entradas al sistema, a su estructura, a las relaciones entre sus elementos, a los procesos que se desarrollan en su interior y a las salidas del sistema.

En primer lugar, por lo tanto, decir que las entradas al sistema territorial son los flujos de salidas de otros sistemas territoriales al tratarse de un sistema abierto (y, obviamente, la entrada de energía solar). Los flujos más característicos son los de personas, los de bienes, los financieros (económicos) y los de información, bien de forma tangible (flujos físicos), como los dos primeros, o intangibles (flujos virtuales), como los dos últimos[184].

También, los subsistemas del sistema territorial tienen como entrada los recursos necesarios para desarrollar las funciones encomendadas, según las necesidades sociales demandadas y que deben satisfacer (ver figura 5-4) flechas verdes y naranjas). En el caso del sistema de transporte señalaremos que dichas necesidades vienen establecidas por la demanda de transporte. Será ésta la que determinará los recursos humanos, materiales, económicos y energéticos que necesita el sistema para su funcionamiento.

En cuanto a las salidas de los subsistemas del sistema territorial, como en todo sistema, forman bucles de retroalimentación al propio sistema territorial y al subsistema en cuestión, que pueden ser positivos o negativos, es decir, pueden contribuir a la estabilidad del sistema, o por el contrario, a desestabilizarlo. Por lo que respecta a las salidas del sistema de transporte, hemos considerado agruparlas en cinco tipos (ver figura 5-4). Hemos hablado de todos ellos a lo largo del trabajo, por lo que no abundaremos más.

No obstante, realizaremos algunas precisiones muy breves. Sobre los flujos, sólo consideraremos los flujos físicos de mercancías, pero obviamente, también existen flujos de información y económicos. Recordaremos que la accesibilidad, como ya se dijo, es la salida geográfica del sistema. Por último, puntualizaremos que agrupamos en “otros costes medioambientales”, a excepción de los costes medioambientales, todos los costes externos del sistema de transportes, como la congestión, los accidentes, etc.

[184] Los flujos económicos pueden ser físicos, como por ejemplo, algunos flujos de caja, pero en general se trata de transacciones virtuales (informáticas) y es poco visible el dinero físico.

La retroalimentación de las salidas del sistema de transporte a los otros subsistemas y al sistema territorial, tanto la de efectos negativos, como positivos, se pueden apreciar en la figura 5-4 (flechas grises y rosas, respectivamente).

Finalizaremos el tema de las salidas haciendo referencia al desarrollo sostenible del territorio. El fin que debe perseguir el sistema de transportes (y todos los subsistemas del sistema territorial), es el desarrollo sostenible en sus tres dimensiones.

Por ello, hemos representado un bucle de retroalimentación del sistema territorial (ver figura 5-5) con los niveles de servicio, entendidos en un sentido amplio, no sólo para los clientes, sino para toda la sociedad, de los subsistemas de administración y de operadores del sistema de transporte, y del subsistema de operadores logísticos del sistema logístico, que se concretan en los cinco tipos de salida de ambos sistemas.

Finalmente aludiremos al *Sistema Espacial*, que resulta ser el soporte del resto de subsistemas de todo el sistema territorial.

Los subsistemas que conforman la estructura del sistema territorial, se muestran en el **NIVEL 0**. Los seis subsistemas en los que podemos agrupar todos los procesos que existen en el territorio, se presentan a continuación. Los de mayor extensión serán los de más interés para nuestros objetivos:

1. **Social**: hace referencia a como se encuentra establecida la sociedad. Está formado por los subsistemas población, grupos sociales y acción social. Dentro del subsistema población es necesario resaltar el subsistema población activa, ya que su estructura, distribución y evolución en el territorio de estudio dan la medida del potencial productivo de ese territorio y uno de los recursos que utiliza el sistema de transporte.

   Con respecto a las relaciones o salidas del subsistema, diremos que influyen sobre todos los subsistemas del sistema territorial y, por lo tanto, en el económico y, como parte de él, en el de transportes.

   El subsistema social impregna todos los niveles del subsistema de transporte, porque el sistema no es automático, necesita los recursos humanos para su funcionamiento. Por otra parte, la población es el elemento determinante de la demanda de servicios de transporte, tanto de viajeros como de mercancías.

2. **Ideológico-Cultural**: comprende el conjunto de valores, costumbres, paradigmas de interacción, apreciación y percepción del entorno, rituales, mitos, autopercepción y usos de espacio y tiempo que son comunes a un grupo social o una organización. Podemos considerar como elementos del subsistema la religión, la ideología política, la moral, la comunicación, la educación, el derecho y las costumbres.

3. **Político-Administrativo**: es la proyección organizativa de un conjunto de interacciones de instituciones, de organizaciones y de agentes en un contexto territorial limitado. Regula y administra las normas de funcionamiento de las sociedades.

   En España, su eje central se encuentra en la organización institucional y administrativa que interviene en el territorio, en la legislación a diversos niveles, en las implicaciones espaciales de los poderes públicos, etc. (ver anexo 4)

   Dentro de la Administración General del Estado, es al Ministerio de Fomento a quien corresponde la propuesta y ejecución de la política del Gobierno en materia de infraestructuras y de transporte terrestre de competencia estatal, aéreo y marítimo, con excepción de las atribuidas en materia de protección en el mar al Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

   También, para establecer los límites políticos del subsistema de transporte en nuestra escala de trabajo, cobra gran importancia en la actualidad la Política Europea de Transporte. Como se pone de manifiesto en el nuevo Modelo

Ferroviario Español que se ha realizado sido siguiendo las directrices de la Unión Europea (Directiva 91/440/CE), que insta a la separación de la gestión de las infraestructuras de su explotación.

Señalaremos, por último, que además de la legislación nacional, bilaterales y europea en materia de transportes hay que considerar los acuerdos y tratados entre Estados y otras instituciones internacionales (mercantiles, económicas, de transporte, de seguridad, etc.)

4.**Medioambiental:** parece adecuado utilizar el término "medio ambiente" en lugar del término clásico "medio físico" (como contraposición a "medio humano"), porque el término "medio ambiente" forma parte de la conciencia colectiva y de la, cada vez más, creciente preocupación por la calidad de vida del planeta y de sus habitantes.

El término medio ambiente surge en la Conferencia de Estocolmo en el año 1972 y el de desarrollo sostenible en el *Informe Brundtland* de 1987. (Ver anexo 3). Según la definición adoptada en la citada Conferencia, el medio ambiente es el "conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas."

Como se puede apreciar en el siguiente párrafo extraído de la *Declaración de la Conferencia de Estocolmo*, se percibe la inquietud de los de los representantes de los países participantes por la cuestión medio ambiental:

"A nuestro alrededor vemos multiplicarse las pruebas del daño causado por el hombre en muchas regiones de la Tierra: niveles peligrosos de contaminación del agua, el aire, la tierra y los seres vivos; grandes trastornos del equilibrio ecológico de la biosfera; destrucción y agotamiento de recursos insustituibles y graves deficiencias, nocivas para la salud física, mental y social del hombre, en el medio por él creado, especialmente en aquel en que vive y trabaja". (*Declaración de Estocolmo 1972,* Punto 3).

Pero centrándonos en el objeto de estudio de la tesis, la Unión Europea enfatiza en la consecución de un sistema de transportes que sea sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Hay que tener presente que las salidas del sistema de transporte, como se ha visto, generan costes externos medioambientales de consecuencias muy negativas para todo el planeta y, consecuentemente, a todo el mosaico de sistemas territoriales que la forman[185].

No vamos a considerar el sistema biótico, porque la población ya se ha considerado en el sistema social, pero recordaremos, como se ha visto en el apartado 3.2, que el sistema de transporte tiene efectos negativos para los animales y la vegetación (seres vivos).

Por lo que respecta a al subsistema abiótico, los subsistemas complejos que contiene forman parte del sistema tierra y del sistema territorial (ver figuras **nivel - 3**). De forma sucinta:

- *Atmósfera*: es un sistema fluido complejo de gases y partículas suspendidas que envuelven la tierra. Para Bermúdez *et al.* (1992, p.245), "…es la capa más importante para el hombre y para el medio ambiente, es la troposfera porque en su interior se producen casi todas las manifestaciones del tiempo."[186]

[185] Los efectos medioambientales pueden afectar a escala local, regional o global.

[186] Señalaremos que dentro de esta capa, la más baja de la atmósfera, hay un primer nivel hasta una altura de 600-800 m., la *capa límite planetaria*, definida por el relieve, donde predomina la mezcla turbulenta del aire producida por el su roce permanente con la superficie y por su elevación convectiva originada al calentarse.

Evidentemente, la importancia de la troposfera para el sistema de transportes es considerable, ya que los estados del tiempo[187] afectan muy directamente a la actividad del transporte. Así, las fuertes precipitaciones de lluvia o nieve, los fuertes vientos, las bajas temperaturas o las nieblas afectan especialmente a todos los modos de transporte, si bien, no de la misma forma.

- *Hidrosfera*: es otra de los subsistemas fluidos que envuelven la Tierra. Está formada por agua líquida, aunque también se incluye al hielo como componente sólido y a las nubes como emulsiones de pequeñas gotas de agua o cristales de hielo[188]. Los modos marítimo y fluvial desarrollan su actividad en este medio y también se ven afectados por el estado físico del mismo.

- *Geosfera*: no consideraremos todo el subsistema, sino el más externo, la Litosfera. Corresponde a parte sólida de la tierra, es decir, la superficie terrestre. Es uno de los subsistemas que más afectan al sistema de transporte terrestre, ya que es su relieve el que condicionará el trazado de las vías de comunicaciones terrestres y la implantación de las terminales de los diversos modos.

- *Biosfera***:** es un área de contacto, difícil de delimitar, entre la litosfera, la atmósfera y la hidrosfera, donde penetrando en ellas más o menos, se desarrollan los fenómenos biológicos, la vida, en sus diferentes aspectos. A este espacio y a los seres vivos que viven en él se le denomina, indistintamente, biosfera. En este espacio se produce el funcionamiento del sistema de transporte en su conjunto.

5. **Económico**: el sistema económico es la organización de la actividad económica de una sociedad, es decir, la producción de bienes y servicios, y la distribución entre sus miembros para su consumo. Viene condicionado por la historia y la evolución de esa sociedad. Por lo tanto, al tratarse de un sistema incluido en el sistema territorial, es un sistema social y está formado por un conjunto de estructuras económicas específicas, pero cuyos mecanismos de funcionamiento necesitan e incluyen, relaciones con elementos de otros subsistemas territoriales para la realización de las actividades económicas.

   En cuanto a las funciones básicas que encontramos en todo sistema económico tenemos la de determinar que tipo de bienes y servicios han de producirse y en que cantidad; como producirlos, es decir, qué recursos se van a emplear, con qué técnicas y quien los va a producir; también establecer de que manera distribuirlos y a quién. De esta forma, como consecuencia de las interrelaciones con los otros subsistemas territoriales se establecen los distintos tipos de relaciones económicas, sociales e institucionales del sistema.

   Por consiguiente, dentro de la estructura del sistema económico identificaremos tres subsistemas básicos (nivel -1), productivo (producción), distribución y

---

[187] Estado del tiempo es la condición en que se encuentra la atmósfera en un determinado momento y lugar.

[188] Los diversos depósitos de la hidrosfera están conectados. El agua fluye de unos a otros configurando un ciclo cerrado, llamado ciclo hidrológico o ciclo del agua, movido por la energía solar y la energía que depende de la posición ocupada en el campo gravitatorio.

El calor del sol provoca la evaporación del agua y la transpiración o evapotranspiración de los seres vivos. El vapor de agua asciende y se enfría en capas altas de la atmósfera, se condensa y forma nubes (emulsiones de agua y hielo). Las nubes se trasladan y dan origen a precipitaciones de lluvia, granizo o nieve.

Parte del agua de las precipitaciones es devuelta a los mares directamente o mediante la escorrentía superficial (ríos, torrentes, aguas salvajes, etc.). Otra parte se infiltra en el terreno constituyendo las aguas subterráneas que también irán hacia los océanos, pero más lentamente.

consumo, sin entrar en otras consideraciones macroeconómicas estructurales a una escala más grande, como por ejemplo, el sistema financiero, el sistema fiscal, el sistema exterior, etc., y el flujo circular que relaciona los elementos del sistema económico.

Señalaremos, que nos centraremos en el subsistema de circulación física, es decir, en el sistema de transporte, puesto que, por una parte, es en el que se incluye nuestro sistema objeto de estudio., y por otra, se pretende aportar claridad y sencillez, como ya hemos señalado repetidamente, para la mejor comprensión del mencionado sistema.

No obstante, indicaremos que el sistema de circulación físico recibe y produce, además, tanto flujos de información como financieros y de capital, dado que son necesarios para su funcionamiento, si bien, no se considerarán explícitamente.

– ***Productivo***: su estructura está formada por los distintos subsistemas de actividad económica que los grupos humanos organizan, dirigen y realizan, de acuerdo a sus objetivos, cultura, tecnología y recursos. Mediante la utilización de determinadas prácticas productivas, los procesos productivos de estas actividades tienen la función de generar utilidad[189] para las sociedades, creando los bienes y servicios que necesitan para su existencia y desarrollo.

  Asimismo, la organización de estas actividades determina las relaciones de producción, es decir, la forma específica en que cada individuo se inserta en el proceso productivo, definiendo así su posición en la estructura económica. En cuanto a los recursos, materiales o inmateriales, para el funcionamiento de este subsistema (entradas), son provistos mediante los denominados factores de producción[190]. Estos recursos al ser combinados en el proceso de producción, agregan valor para la elaboración de los bienes y servicios.

  Los subsistemas del subsistema de producción (**nivel -2**), dado "…el deslizamiento del sistema productivo desde una economía de productos a una economía de funciones…" (Gamir et al., 1989, p. 126), los podemos identificar desde el punto de vista de sus funciones, es decir, según la contribución específica de cada uno de ellos para el funcionamiento y desarrollo del propio subsistema de producción en:

  – *Fabricación:* es un proceso cuya función principal es la aplicación de un trabajo para extraer un recurso material o transformarlo. Incluirá tanto las actividades[191] del sector primario como las del sector secundario (nivel -3).

  – *Circulación:* es un proceso que tiene la función de organizar los flujos, tanto físicos (mercancías) como financieros o de información (nivel -3), necesarios para lograr una mayor fluidez en el intercambio de flujos y el desarrollo del sistema.

---

[189] Desde el punto de vista de la economía neoclásica y siguiendo las ideas de la filosofía utilitarista de Jeremy Bentham, se supone que el objetivo principal de los individuos al demandar bienes y servicios es obtener el máximo posible de utilidad.

[190] Los factores productivos clásicos han sido: 1) la tierra: agrícola, urbanizada, recursos naturales; 2) el trabajo: actividad humana física e intelectual; 3) el capital: conjunto de recursos producidos por la mano del hombre que se necesitan para fabricar bienes y servicios. El dinero sólo se considera capital si es utilizado para producir bienes y servicios; el capital financiero no se usa para producir directamente bienes y servicios

En la actualidad hay que añadir el conocimiento científico y técnico, es decir, los conocimientos humanos que están incorporados al factor trabajo (*know-how*) y la tecnología que está incorporada al capital.

[191] Las actividades incluidas en las secciones A, B y C de la Clasificación Nacional de las Actividades Económicas del año 2009, excluidos los servicios.

Nuestro interés, como ya se ha dicho, se centra en los flujos físicos de bienes o productos (ver figuras 5-4 y 5-5 **nivel -4**), y no consideraremos el resto, aunque señalaremos, como es sabido, que para el funcionamiento del sistema de transporte son necesarios tanto los flujos de información (sistema de información), como los flujos económicos y financieros.

En la figura 5-4, se muestra un sistema de transporte que tiene la administración de las infraestructuras separada de la explotación de las mismas, como dictaminó la Unión Europea (Directiva 91/440/CE) para acabar con el monopolio ferroviario (entre otras razones), y que adoptó nuestro país en el nuevo modelo ferroviario en el año 2005.

Señalaremos, que el subsistema de dedicación red **(nivel -5)** correspondería a la dedicación de esa red a los viajeros, a las mercancías o de tráfico mixto. También que el subsistema modos (**nivel -6**) trata de indicar que el sistema de transporte incluye diversos modos. Las relaciones entre ellos hacen que surja el sistema intermodal, que no tiene administrador, puesto que carece de infraestructuras propias.

En el subsistema administración (**nivel -7**) sólo se representan cuatro subsistemas (**nivel -8**), infraestructuras, energía, mantenimiento (de vía e instalaciones) y de operaciones, gestión y control (realmente son tres subsistemas muy relacionados, pero por problemas de espacio de han agregado).

En el de infraestructuras se incluyen el de infraestructuras lineales, que contiene, como subsistemas distintos, las infraestructuras y la superestructura, y el de centros de actividad de transporte que incluiría las terminales y las instalaciones para la carga y descarga las mercancías de los vagones.

En cuanto al subsistema operadores (**nivel -7**), se representan dos subsistemas (**nivel -8**), el de vehículos, que incluye los subsistemas de vagones y locomotoras (que son dos subsistemas distintos) y el de mantenimiento de ambos. El otro subsistema, el de operaciones, gestión y control, como en el caso del subsistema administrador corresponde a tres subsistemas diferenciados.

Indicaremos, que el subsistema de vehículos se ha incorporado, también al subsistema administrador, pero se representa con líneas de puntos para simbolizar que no pertenece a dicho subsistema administrador, pero que podría pertenecer (todo el subsistema operadores completo), caso de que no exista la separación entre administración y explotación de las infraestructuras y sea la propia administración o empresa ferroviaria la que las administre y las explote.

– *Distribución física:* es un proceso cuya función es organizar los flujos físicos de las mercancías desde los puntos de distribución hasta los puntos de puesta a disposición del consumidor final, que pueden ser los individuos (logística de distribución) o las unidades de producción (logística de producción). Estas unidades utilizan además de las materias primas, los bienes de consumo intermedio necesarios para sus procesos productivos y que son abastecidos por el segmento de aprovisionamiento de la cadena de suministro.

Los tres subsitemas se pueden apreciar también en la figura 5, aunque para mayor claridad se ha desagregado el subsistema de consumo del subsistema de distribución física. El proceso productivo, como vemos en la citada figura (flecha roja discontinua), es iterativo, y todos los subsistemas están muy relacionados, variando el estado de todos ellos, y del subsistema productivo en conjunto, en función de las entradas, procesos y salidas de cualquiera de ellos.

Indicaremos, por último que la conexión del sistema de transporte con el sistema logístico, en nuestra opinión, se realiza en el **nivel (-7)**. Los operadores

logísticos cuyas funciones son únicamente logísticas, no poseen recursos materiales para efectuar el transporte y contratan los servicios de los operadores de transporte utilizando la externalización de ciertos procesos.

También, puede ocurrir que los operadores logísticos cuenten con un parque de material móvil para realizar el transporte, en cuyo caso, actuando como operador de transporte, realizan el transporte o, en su caso, solicitan del administrador de infraestructuras el acceso a la red. Asimismo, puede ocurrir que existan operadores de transporte que hayan ampliado y diversificado su actividad y desarrollen, además, funciones logísticas. En la figura 5-5, la línea discontinua trata de significar esa "bifuncionalidad" en la conexión entre los dos sistemas.

– ***Distribución****:* está formado por un conjunto de subsistemas cuyos mecanismos y relaciones determinan y asignan la parte del producto social y del excedente que corresponde a cada individuo o colectivo. En el sistema económico capitalista, el mencionado producto social adopta la forma de salarios y beneficios (rentas, dividendos, interés, etc.).

– ***Consumo****:* es la etapa final del proceso económico y depende de los dos anteriores subsistemas. Comprende las adquisiciones de bienes y servicios por parte de cualquier sujeto económico (sector privado y público). Sus relaciones se establecen por el modo en que se emplea la parte correspondiente a cada individuo en función de la producción.

  Por último, indicaremos que las relaciones estructurales entre los tres elementos del sistema económico se ordenan de forma secuencial, así, el conjunto productivo se distribuiría entre la sociedad generando el consumo, lo que a su vez, retroalimentaría el sistema productivo y alimentaría la supervivencia del sistema. El ciclo se iniciaría de nuevo de forma iteractiva, si bien, como es sabido existen ciclos económicos[192] estructurales y coyunturales que afectan a la actividad económica.

  Hay que tener en cuenta, que en un sistema económico capitalista, cuya característica principal es que se basa en la producción y el consumo, es decir en la oferta y la demanda interactuando en el libre mercado, en determinadas circunstancias, como por ejemplo, cuando existe sobreproducción o cuando hay una fuerte disminución del consumo se puede colapsar el sistema.

  Si la sobreproducción excede la demanda, es decir, que una parte de los productos permanecen sin venderse, los fabricantes, sobrecargados con bienes no vendidos se muestran poco dispuestos a producir más. Producción restringida significa empleo restringido. Estas condiciones continuarán mientras las existencias no vendidas sean mayores de lo normal.

  Los artículos sobrantes tienen que ser vendidos incluso a precios más bajos que los costes de producción. Cuando ese proceso se completa, las existencias de los fabricantes se adaptarán a una escala reducida de

[192] Los ciclos económicos son fluctuaciones recurrentes en las actividades económicas, si bien, no son periódicos. Un ciclo consiste en un período de expansión y otro de recesión o contracción.

Dichas fluctuaciones son siempre de duración superior a un año. Así podemos encontrar **ciclos cortos** (J. Kitchin, 1923) con una duración de unos tres años y medio de promedio, **ciclos medios** (C. Juglar, 1860) con una duración media de entre seis y ocho años y **ciclos largos** (N. D. Kondratieff, 1925) con una duración media de entre cincuenta y sesenta años.

Actualmente, como señala Fariña (2004, p. 13), el uso de las teorías sobre la duración de los ciclos ha decaído ante la evidencia empírica de la irregularidad de los mismos. Además los principales estudios de las economías de los países desarrollados pone de manifiesto la disminución de su duración, los periodos de auge y de crisis se suceden con mayor rapidez y la profundidad tanto de las caídas como de las subidas es menos pronunciada.

producción y consumo, por lo que, al disminuir la presión sobre los mercados, se encuentra un margen de capital y trabajo sin empleo con necesidad de empezar a producir.

Al renacer la demanda encontramos que las existencias de mercancías son insuficientes para las necesidades del mercado y el proceso de aumentar dichas existencias hace más activa la producción. En realidad, ésta excede al consumo, y continuará así hasta que las existencias se acumulen de nuevo y el ciclo se inicie otra vez.

Con el colapso del sistema, es evidente, como se puede apreciar en los momentos actuales que la demanda de transporte disminuye porque hay menos productos para transportar.

Esta situación coyuntural hace necesario que el sistema de transporte se reajuste, lo que pueden significar desde precios de transporte más bajos o pérdidas de puestos de trabajo hasta el cierre de empresas de transporte.

6. **Asentamientos:** conceptualmente, de forma elemental y para el desarrollo de nuestros objetivos, podemos considerar que el sistema de asentamientos es el conjunto de las unidades de poblamiento (urbanas y rurales) que existen en un determinado territorio y relacionadas entre sí por el sistema de circulación.

   Es sabido, que dichas unidades de poblamiento no funcionan de forma aislada sino en forma interdependiente con base en complejos patrones de interrelaciones; por lo tanto, la característica fundamental en los sistemas de asentamientos son las relaciones o dependencias que se establecen entre dichas unidades. Así pues, el funcionamiento de una afectará al funcionamiento de las demás. Es decir, las actividades que se desarrollan en cada núcleo tienen repercusiones más o menos importantes en las actividades que se llevan a cabo en otros núcleos, generando respuestas y efectos específicos.

   Entre los elementos del sistema de asentamientos y mediante el subsistema de circulación, se trasmiten los impulsos económicos, las innovaciones y los movimientos de personas y mercancías, de tal forma, que el sistema de asentamientos define la intensidad y dirección del desarrollo en términos de flujos de personas, bienes, financieros, información, innovaciones e ideas. De modo que, desde el punto de vista de la teoría del lugar central, vista en el apartado 3.1., la centralidad de cada lugar definirá su importancia en el contexto del sistema de asentamientos y, por extensión, en el sistema de transporte.

   Por lo tanto, desde la perspectiva de los sistemas de asentamientos, el análisis del sistema de transporte requeriría la identificación de las funciones y elementos de actividad del sistema productivo, así como, su tamaño poblacional para poder jerarquizar dichos asentamientos y configurar los sistemas nodal y espacial que se inscribe en el sistema territorial.

   En cuanto al sistema de circulación físico, desde el punto de vista del consumo, tanto de recursos naturales como de bienes intermedios para la producción y de la oferta, los núcleos serán receptores y emisores, respectivamente, de flujos de bienes, en mayor medida, cuanto mayor sea el dinamismo de sus sectores económicos.

   Desde el punto de vista de la demanda y el consumo, los núcleos serán receptores de flujos cuanto mayor sea su tamaño poblacional, lo que implicará, asimismo, la implantación de centros de distribución, elemento del sistema logístico, como ya vimos. Por lo que respecta a los elementos del sistema de asentamientos considerados, señalaremos que, para el desarrollo de nuestros objetivos, nos parece adecuado establecer dos subsistemas; si bien, es difícil determinar los subsistemas que integran los mismos, por la problemática clasificación de los asentamientos urbanos y rurales, que es posible realizar en base a criterios poblacionales, administrativos, económicos o funcionales.

> Como señala Precedo (1988, p. 13), "Ante la dificultad que presenta una definición conceptual precisa, se han utilizado caracteres descriptivos para definir el umbral mínimo a partir del cual se considera que un asentamiento es urbano.

Se pueden diferenciar a su vez dos tipos de criterios: estadísticos y espaciales. Los primeros, enfocados a la medición y, los segundos, a la delimitación."En cualquier caso, precisaremos que nuestro interés se centra, como se ha señalado, en el sistema nodal que configuran los asentamientos del sistema territorial, sin otras consideraciones de tipo geográfico que, ciertamente, podrían realizarse. Así pues, en nuestro caso serán utilizados criterios poblacionales y funcionales.

Con respecto al criterio poblacional de medición, indicaremos, que para el Instituto Nacional de Estadística (2005, p. 439), se consideran municipios urbanos a los que tienen más de 10.000 habitantes; municipios rurales son los que están por debajo de ese umbral, a veces, se utiliza en éstos la subdivisión que comprende rurales, intermedios (2.000-10.000 habs.) y pequeños o rurales (hasta 2.000 habs). En cuanto a la delimitación, se realizará en el apartado siguiente, pero tampoco es sencilla. La delimitación de la ciudad y los criterios para ello, así como la nitidez de sus límites, han cambiado con el tiempo. También los conceptos de área metropolitana y de centralidad vistos con anterioridad.

Las Áreas urbanas son más grandes, más complejas y más extensas, no solo por el crecimiento de las ciudades sino sobre todo por la extensión del fenómeno urbano a límites espaciales cada vez más lejanos y difusos. Asociado a dicho fenómeno, en las áreas urbanas más maduras, las ciudades centrales, han cedido el crecimiento demográfico a la red de ciudades que forman sus diferentes coronas metropolitanas mientras que ellas pierden población[193] a medida que aumenta su especialización en usos residenciales y terciarios en detrimento de los industriales.

Además, teniendo en cuenta el policentrismo y la especialización funcional mencionados en el párrafo anterior, así como, con la estructura actual de ciudades en red, es posible aplicar el concepto de región funcional[194]. De esta forma, determinaremos el área en donde se establecen las relaciones sociales y económicas, en nuestro caso entre la producción y la circulación física.

Indicaremos también, que los límites de la región funcional son difusos, no corresponden a líneas rígidas ni reales y siempre son cambiantes e imprecisos. Vienen definidos por los puntos donde las relaciones socioeconómicas decaen por debajo de un umbral determinado y comienza el área de influencia de otro centro urbano.

Sobre la creciente complejidad funcional de las grandes ciudades y de la delimitación de sus límites, señala De Miguel González (2005, p. 75), que se postula por una nueva gramática geográfica basada en espacios, zonas o redes de geometría variable, de dimensiones a la carta compuestos, por piezas de tamaños y lógicas distintas o por una nueva geografía *patchwork* (retales) en la que se precisa un poco de bricolaje geográfico para ensamblar los imprecisos fragmentos territoriales.

---

[193] Podemos decir, que el actual sistema de transporte y la sociedad de la información en que nos encontramos, ambos muy avanzados tecnológicamente, permiten también nuevas formas de asentamiento en el territorio que superan la tradicional división pueblo/ciudad por formas más complejas e interrelacionadas.

Así por ejemplo, encontramos procesos de contraurbanización o exurbanización, término utilizado para referirse a la dispersión urbana que resulta de los cambios residenciales de la ciudad al campo (y a las periferias metropolitanas) y de periurbanización, proceso que hace referencia a la urbanización de las zonas rurales más próximas a las ciudades (espacio periurbano) que en las más grandes alcanza la isócrona de 30 minutos e incluso más.

[194] La región funcional se define, en su versión más elemental, como el área de influencia de la ciudad, que se erige así en núcleo rector de la estructura espacial de la economía por su doble condición de foco industrial y centro de servicios (Sánchez, 2001, p. 101).

Por otra parte, también se considera necesario realizar un enfoque multiescala, ya que es oportuno establecer, en primer lugar, las relaciones interurbanas entre los núcleos de población que se establecen por medio de las infraestructuras; y en segundo lugar, las localizaciones intraurbanas de las áreas industriales.en los nodos principales del sistema.

En estas se incluyen los polígonos industriales y los elementos del sistema de circulación físico en los que se realiza la transferencia, clasificación, consolidación y ruptura de carga. Así pues, hechas estas reflexiones, consideramos dos subsistemas en el sistema de asentamientos (ver figuras 5-4 y 5-5 **nivel -1**):

1.**Subsistema de asentamientos urbanos**: son los elementos de mayor tamaño del sistema de asentamientos. Desempeñan ciertas actividades, denominadas funciones urbanas. En nuestro caso nos centraremos en las funciones de producción mencionadas anteriormente, las funciones de fabricación (transformación, extracción, etc.), la circulación física, es decir, el sistema de transporte, y las funciones de distribución física desarrolladas por el sistema logístico.

- ***Subsistema de asentamientos urbanos simples***: corresponderían a las ciudades en su concepción más convencional. Son elementos del sistema bien individualizados.

– *Subsistemas intraurbanos*: su estructura interna está formada por tres subsistemas. El centro o centros, con zonas de especialización funcional en el sector servicios (incluidas funciones decisorias) y residenciales; periferia, que correspondería a barrios con funciones predominantes residenciales; suburbios, con funciones mixtas (residenciales, industriales, transporte, distribución física y agricultura).

- ***Subsistema de asentamientos urbanos complejos****:* están formados por partes diferenciadas que se añaden a los elementos anteriores. El espacio urbano es morfológicamente discontinuo.

  En este subsistema podemos encontrar las áreas urbanas, las áreas metropolitanas, las conurbaciones, las regiones urbanas y las megalópolis.

– *Subsistemas intraurbanos:* la estructura de los asentamientos urbanos complejos, mencionados en el párrafo anterior, son asentamientos compuestos que constan de distintos elementos, aunque también podrían considerarse como pertenecientes a un subsistema interurbano, al menos a algunos de ellos.

Así, las **áreas urbanas** están formadas por una ciudad como elemento central rodeada de una extensa periferia edificada. Por su parte, las **áreas metropolitanas** tienen una metrópoli central y una sucesión de anillos exteriores integrados funcionalmente en ella. Distinta estructura tiene la **conurbación**, que es un área urbanizada lineal y continua formada por coalescencia de dos asentamientos urbanos.

En cuanto a la **región urbana**, señalaremos que es un término aplicado a distintos conceptos y que con frecuencia alude al espacio regional organizado por una ciudad, según el concepto de región nodal o polarizada. Por último, la **megalópolis** es la más compleja, tiene como atributo principal la extensión, alcanzando dimensiones supra-regionales y una estructura espacial y funcional polinuclear.

2.**Subsistema de asentamientos rurales**: sin entrar en otras consideraciones geográficas y ante las dificultades ya mencionadas, adoptaremos la clasificación

convencional del INE señalada anteriormente[195]. Según esta, comprendería las unidades de poblamiento que tienen un tamaño por debajo del umbral urbano, es decir, los núcleos rurales (menos de 10.000 habitantes).

Sin embargo, puntualizaremos, que podemos encontrar las denominadas agro-ciudades en la mitad meridional de la Península Ibérica. Son importantes núcleos de población que por su tamaño podrían considerarse ciudades, pero cuyas funciones, asociadas a una alta productividad de las tierras, unida a un sistema de propiedad latifundista y son predominantemente agrarias.

Así mismo, también podemos encontrar el caso contrario. Otros núcleos de población como las cabeceras comarcales, muchas de las cuales no alcanzan ese umbral, que además de las funciones agrarias desempeñan funciones más avanzadas. Son centros de servicios intermedios con su propia base económica, infraestructural y de dotación de servicios que contribuyen a articular un sistema de asentamientos más coherente y equilibrado en cada provincia o región.

Sistema Espacial: como aventurábamos párrafos arriba este es el último sub-sistema que consideramos tratar. No lo hemos figurado en el nivel 0, puesto que se trata de un subsistema en el que se inscriben elementos de todos los otros subsistemas territoriales que tienen implantación espacial. Se ha preferido representarlo en último lugar, proyectando en él los citados elementos espaciales de los otros subsistemas territoriales (flecha roja discontinua desde el nivel -1). Así, se muestran los elementos con implantación espacial, superficial, lineal y puntual de los subsistemas abiótico, de asentamientos, de fabricación y distribución, y de circulación (subsistema de transporte).

Puntualizaremos, que si bien, el subsistema atmosférico no se encuentra representado, si lo están las terminales aeroportuarias y sus pasillos o rutas aéreas (ver figura 5-4 punto y línea discontinua azul oscuro).

En cuanto a la intermodalidad, apreciamos como la terminal intermodal ferroviaria de la parte Noroeste está conectada también a la carretera y, además, sirve a una derivación particular que se encuentra localizada en el interior del polígono industrial (podrían servir también a industrias y fuentes de recursos naturales). Esta terminal, también organizaría los flujos capilares de 50 km a la redonda para su recepción y entrega de mercancías.

Además, con la creación de una terminal intermodal ferroviaria en la zona portuaria con conexión a la terminal portuaria y junto con la implantación de un puerto seco en la zona urbana del sur del área central metropolitana queremos expresar la trimodalidad. Obviamente, al tratarse de una escala metropolitana no sería real, dado que la distancia es muy reducida para un puerto seco, pero se pretende simbolizar dicha trimodalidad en una ciudad o área metropolitana distante 200-300 km.

También la terminal aeroportuaria está, evidentemente, conectada a la carreter y, por lo tanto, también sujeta a la intermodalidad entre los modos carretera y aéreo. En la

---

[195] La distinción entre urbano y rural se realiza en España por dos motivos. El primero porque la diversidad entre unidades de asentamiento y unidades administrativas es enorme. El otro motivo es el secreto estadístico: cuando los municipios son menores de este tamaño, el municipio no se identifica en los registros, y, por lo tanto, no pueden utilizarse, por lo general, clasificaciones de tamaño menor que éste (Camarero et al., 2009, pp.11-12).

Relacionado con lo anterior, señalaremos que en España, la Ley 45/2007 de 13 diciembre, para el Desarrollo Sostenible del Medio Rural (LDSMR) aporta su propia definición de medio rural Medio rural: espacio geográfico formado por la agregación de municipios o entidades locales menores con población menor de 30.000 habitantes y densidad menor de 100 habitantes por km^2 (Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009, p. 1).

En el documento anterior se muestran otras definiciones de ruralidad: OCDE, Eurostat, etc.

trama no se ha figurado la red viaria urbana puesto que está implícitamente presente en ella y está conectada a la red viaria regional y nacional. La proyección de los citados elementos desagregados en sus respectivos subsistemas, agregados en el sistema espacial, bien podría considerarse como una síntesis, cuyo resultado final es susceptible de representarse cartográficamente.

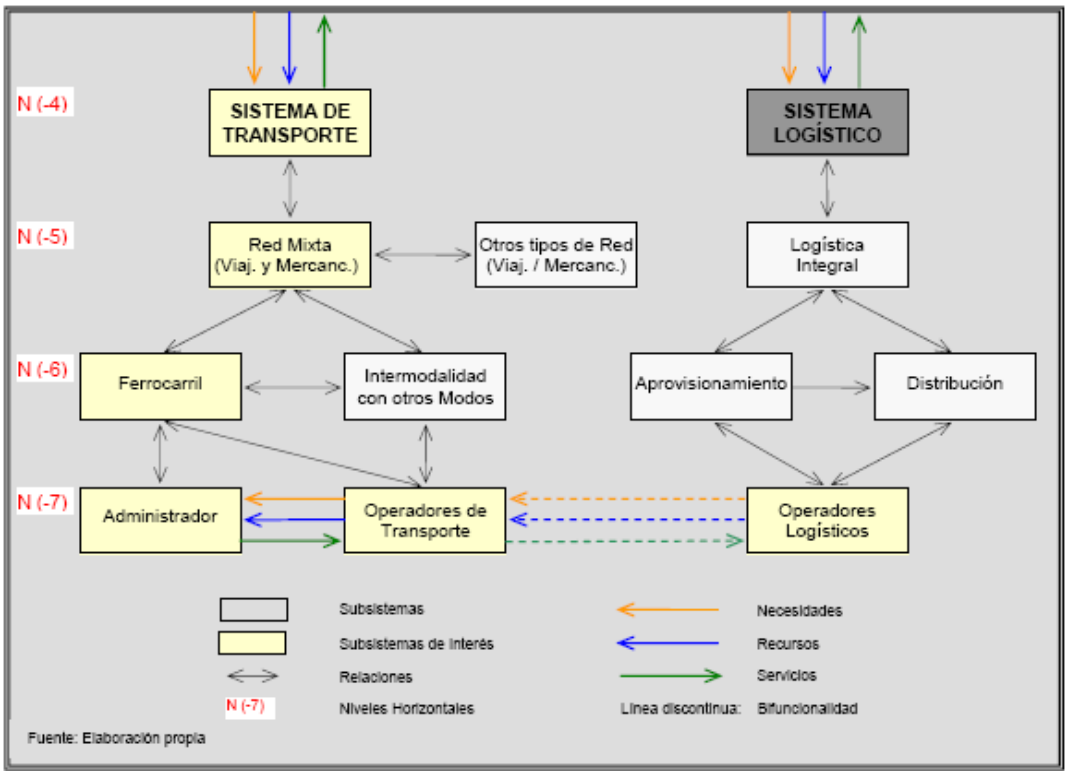
Una vez contextualizado el sistema de transporte, en el punto siguiente realizaremos el análisis del sistema de transporte utilizando la metodología que se ha descrito en el apartado de metodología.

5.2.3. Análisis del sistema

El análisis del sistema se realizará aplicando el método de análisis *Top-Down*, de esta forma, descompondremos el sistema en sucesivos y más simples subsistemas cada vez. Dicha desagregación de elementos nos permitirá efectuar el análisis estructural y de actividad del sistema, identificando los principales componentes y los mecanismos de funcionamiento del mismo.

Se ha podido apreciar en el modelo conceptual su estructura (figura 5-4) y en el diagrama de árbol su jerarquía (figura 5-5). Ahora analizararemos con mayor detalle el sistema de transporte propiamente dicho tomando el modelo conceptual y el diagrama como referencia; si bien, como se dijo en el apartado 2.2., es una aproximación y una simplificación, al no ser el objetivo principal de la tesis. Se trata de comprender mejor el sistema pero buscando la sencillez y la claridad. El punto de partida es el nivel (-4) del sistema territorial (ver figura 5-6), sin embargo, ahora se sí que se verán los subsistemas de forma algo más extensa porque interesa para nuestros objetivos.

Figura 5-6. Sistemas de Transporte y Distribución Física (Sistema Logístico)

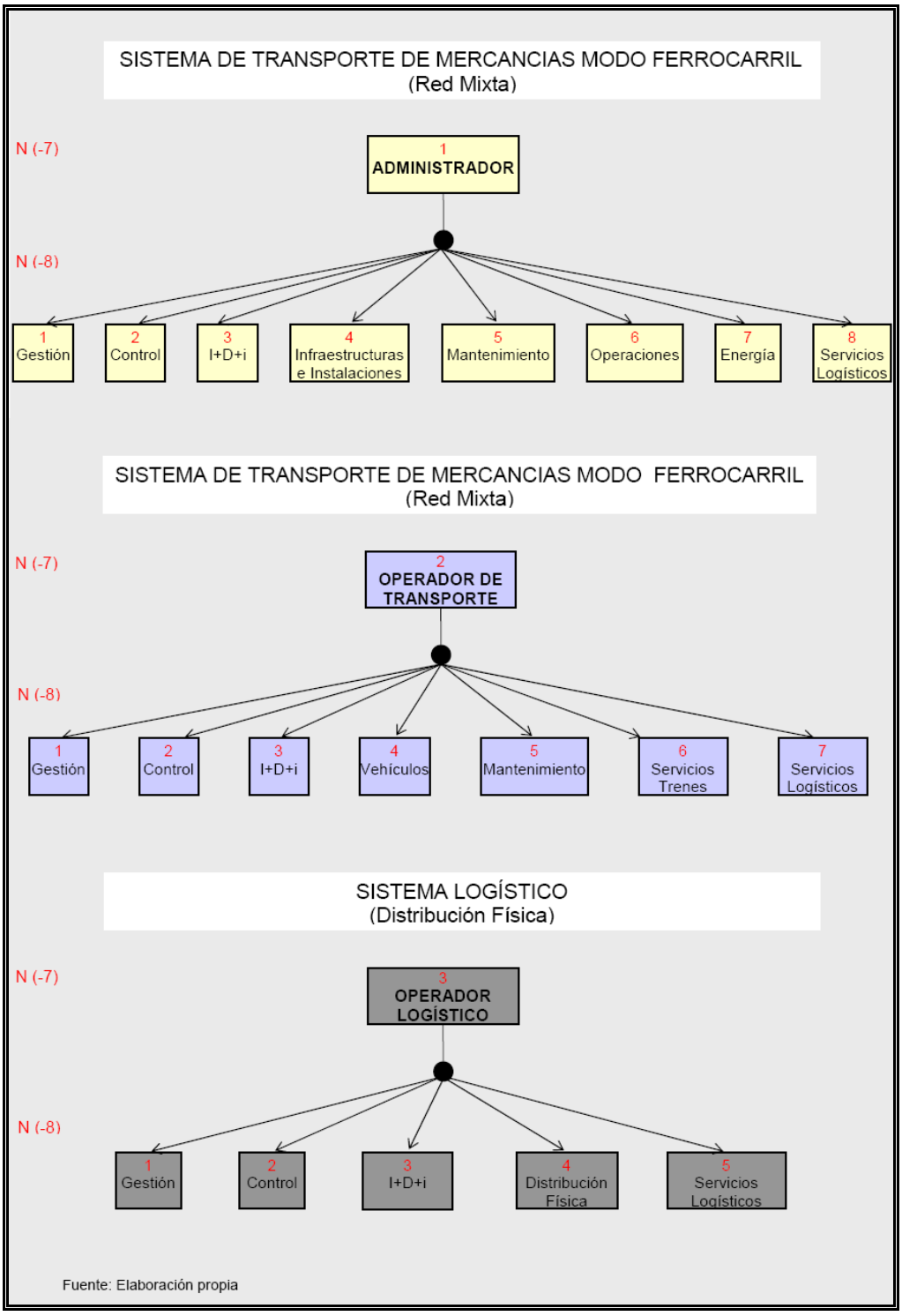


Para el proceso de análisis también se desarrollará un diagrama de árbol. La organización vertical de los subsistemas seguirá siguiendo el orden jerárquico por niveles. En cuanto a la organización horizontal, el orden estará determinado por la posición relativa de los subsistemas en cada nivel (que no es relevante). Ambas disposiciones se pueden apreciar en la figura siguiente como continuación de la figura anterior (ver figura 5-7).

Como también se dijo en el apartado 2.2, en cuanto a los niveles de resolución debería utilizarse el nivel de caja blanca para alcanzar un pleno conocimiento del sistema. El sistema estudiado con un nivel de resolución de caja negra, hace referencia a las entradas que recibe y las salidas o respuestas que produce, sin tener en cuenta su funcionamiento interno.

Por su parte, el nivel de caja gris, ofrece una vista parcial del sistema, su estructura, relaciones y procesos. Por último, el nivel de resolución de caja blanca nos permite apreciar la mayoría de los elementos, los estados, relaciones y procesos del sistema.

Figura 5-7. Organización para el análisis del sistema de transportes y distribución



Dicho esto, en nuestra opinión, sería conveniente analizar en profundidad los subsistemas del sistema de transporte y los segmentos de interés del sistema logístico (distribución física), según el esquema siguiente (ver cuadro 5-1), si bien, para el objetivo buscado no es necesario seguirlo de forma estricta:

Cuadro 5-1. Esquema de análisis subsistemas de los subsistemas de transporte y logístico

SUBSISTEMA (Entidad y Nivel)	FUNCIONES	ESTRUCTURA	ENTRADAS	ATRIBUTOS ENTRADAS	PROCESOS	ESTADO	POSIBLES CAUSAS DESEQUILIBRIO	SALIDAS	RELACCIONES

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, una vez conocida la estructura del sistema[196] y, de manera simple, los mecanismos de su funcionamiento se procederá a la síntesis del mismo. El objeto sería conocer con mayor profundidad esos mecanismos e identificar los puntos débiles susceptibles de mejora, para incrementar la eficiencia y productividad del subsistema de transporte.

Señalaremos, que aun tratándose de una aproximación simplificada, la estructura resultante de la figura anterior consta de alrededor de cuatrocientos subsistemas. Además, como ya se ha mencionado, la estructura de cualquier sistema se puede descomponer en subsistemas sucesivos hasta llegar a los elementos más sencillos que conforman dichos subsistemas y que ya no son susceptibles de dividirse más.

Ciertamente, excede con creces nuestros objetivos, pero sería deseable y necesario, realizar dicho estudio completo y en profundidad en futuros trabajos de investigación. Es sabido, desde el enfoque de sistemas, que los subsistemas desarrollan sus funciones y aportan al conjunto del sistema los servicios y utilidades (salidas) para los que se ha diseñado. Para estas tareas cada uno de ellos recibe unos recursos (entradas), en su interior se realizan unos procesos concretos y el resultado final (salidas) corresponde a los mencionados servicios y utilidades.

En nuestro caso, no examinaremos los procesos que se producen, por lo dicho en el párrafo precedente, y se tomarán dichas funciones, en general, como el resultado de los mencionados procesos. No obstante, realizaremos sucintamente en las páginas siguientes la mencionada aproximación, para conocer, según nuestro punto de vista, las posibles mejoras del sistema de transporte.

Como se ha visto a lo largo del presente trabajo, en la actualidad, el modelo ferroviario de mercancías (y viajeros) europeo promueve la liberalización del sector ferroviario y la separación entre las infraestructuras y la explotación, a diferencia de otros modelos, como por ejemplo el norteamericano, en una economía absolutamente liberalizada, en que son los propietarios privados de las redes quienes las explotan. En nuestro entorno más próximo, es sabido también, que existen distintas velocidades en el desarrollo del modelo en el conjunto de los países de la Unión Europea y que España es uno de los más avanzados.

Centrándonos en las mercancías, la aproximación que llevamos a cabo, en nuestra opinión, podría aplicarse a cualquier modelo ferroviario con pequeños ajustes, entre otros, agrupando el Administrador de Infraestructuras y los operadores de transporte. Pero hemos optado por el mejor conocimiento y comprensión, dada su proximidad, por separar la administración de las infraestructuras y la explotación de las mismas, tomando como referencia el mencionado modelo europeo y el nuevo modelo ferroviario español implementado el uno de enero de 2005.

[196] Por motivos de espacio, agrupamiento o interés, se han representado los subsistemas como se puede apreciar en las figuras.

N (-7)/1 <u>Administrador de Infraestructuras</u>

La actividad de un Administrador de Infraestructuras es dinamizar el ferrocarril, potenciando su uso como un modo de transporte seguro, eficiente, competitivo, sostenible desde el punto de vista medioambiental y con altos estándares de calidad. Además, ha de facilitar el acceso a la infraestructura de los clientes en condiciones de igualdad.

A.**Funciones**:

Administración de infraestructuras ferroviarias (vías, estaciones, terminales de mercancías, etc); gestión de la circulación ferroviaria; adjudicación de capacidad a los operadores ferroviarios; percepción de cánones por el uso de la infraestructura, estaciones y terminales de mercancías.

B.**Estructura, entradas y salidas:**

En general, con mayor o menor profundidad y exactitud, o con pequeñas correcciones, la estructura del sistema de cualquier administrador infraestructuras puede representarse de forma esquemática como se muestra en las cinco figuras 5-8, 5-9, 5-10, 5-11 y 5-12 (pp. 360 a 364).

Con refererencia a las entradas, se ha considerado genéricamente que son las necesidades del sistema de actividad, en el conjunto del sistema territorial, las que posibilitan y dirigen la entrada de recursos al sistema (línea azul continua). Son provistos por los distintos subsistemas territoriales que constituyen el entorno del sistema de transporte, y son organizados y distribuidos entre los subsistemas de dicho sistema por el subsistema de gestión.

En cuanto a las salidas, también se ha considerado genéricamente que corresponden a las utilidades y servicios prestados (funciones) por el subsistema en cuestión (línea verde continua), bien a otros subsistemas de su propio subsistema o bien, a otros sistemas.

Todos los subsistemas retroalimentan con sus servicios y utilidades al subsistema Administrador de infraestructuras para conformar un todo que corresponde con los servicios (funciones) que presta a los Operadores de Transporte —N (-7)/2— y Operadores Logísticos —N (-7)/3—. En la figura 5-19 (p. 371) se pueden apreciar los tres subsistemas. El operador logístico puede solicitar los servicios de transporte al operador de transporte o bien realizarlos el mismo si es también empresa ferroviaria; a su vez solicitará la capacidad y los surcos al administrador. Para recibir los servicios (línea verde) se pagarán unas tarifas que serán recursos de entrada al subsistema que los presta (línea azul).

Con el trazo discontinuo en ambos colores, entre el operador logístico y el operador de transporte, se pretende simbolizar que los puede solicitar o no solicitar al operador de transporte. Por su parte las líneas rojas discontinuas corresponden a los flujos de vehículos pesados y camiones que transportan las mercancías para su transporte por ferrocarril. A su vez, como se verá en el proceso de síntesis, los servicios prestados por los tres subsistemas del nivel N (-7), serán los servicios y utilidades que corresponden con las necesidades reclamadas por el sistema territorial a los subsistemas de transporte y logístico.

Los recursos que entran al subsistema **Administrador de Infraestructuras**—**N (-7)/1**— tienen como atributos la financiación, los trabajadores, los diversos materiales, la información, la legislación y la normativa, cada uno con las respectivas unidades que los definen (capital, dinero, población activa, etc.). Dichos recursos —**N (-10)/1 a 4**— serán asignados, dirigidos y administrados por el **subsistema de gestión** —**N (-8)/1** — entre los diversos subsistemas—**N (-8)/1 a 8** — según sus funciones y necesidades (ver figura 5-8, p. 360). Son las salidas de los dos subsistemas, el de **dirección** y el de **administración**—**N (-9)/1 y 2**—, y es lo que se pretende representar con la línea naranja discontinua (gestión).

El **subsistema de control**—**N (-8)/2** — asociado al sistema de gestión, una vez recibidos los recursos, tiene como función realizar el control y coordinación de los distintos objetivos del subsistema Administrador de Infraestructuras que afectan a todos los subsistemas que lo componen (línea naranja continua).

Se han considerado subsistemas separados para los distintos objetivos del mencionado Administrador de Infraestructuras—**N (-9)/3 a 8**—. De todos ellos, enfatizamos en el subsistema **seguridad**—**N (-9)/4**—, que consta de los subsistemas **circulación**, **maniobras**, **túneles**, **pasos a nivel**, **cargamentos**, **materias peligrosas** y **riesgos laborales**—**N (-10)/5 a 11**—, puesto que es uno de los ejes en los que se asienta el subsistema de transporte, como se pone de manifiesto por la distinta legislación, tanto nacional como comunitaria, y por la abundante y exigente normativa, interna y externa, para que el funcionamiento del subsistema se realice de forma segura y ofrezca la mayor seguridad a las personas y las mercancías.

También destacaremos el subsistema **habilitaciones y certificaciones**—**N (-9)/5**— y **medioambiente**—**N (-9)/8**—, el primero, porque una de las funciones del administrador, al menos en nuestro país, es emitir los informes al Ministerio de Fomento necesarios para la concesión a las empresas ferroviarias de Licencias y Habilitaciones para operar en la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG).

El segundo, porque actualmente la conciencia social y la normativa comunitarias, hacen necesario que administradores y operadores de transporte adopten medidas de ahorro y eficiencia energética[197], como vimos en apartados anteriores de la tesis. El **subsistema de I+D+i**[198]—**N (-8)/3**—, es en la actualidad una necesidad para toda empresa de vanguardia. La aplicación de las novedades tecnológicas tanto al conjunto del sector ferroviario como a las empresas ferroviarias es el motor que sustenta el avance y las mejoras tecnológicas, operativas y de gestión del sistema de transporte.

Entre las funciones o servicios que este subsistema presta a los subsistemas del Administrador de Infraestructuras destacamos el impulso en la gestión, la definición de procesos, la identificación de líneas de investigación, la protección y explotación de resultados, la vigilancia y transferencia tecnológicas y, en general, el impulso a la participación, aumentando la presencia en los programas nacionales y europeos de ayuda a la I+D+i (línea morada continua).

Subrayaremos la especial atención que se dedica a los distintos aspectos tecnológicos que afectan a las infraestructuras y la energía, dado que, actualmente son muchos los equipos de investigación de empresas, universidades e institutos tecnológicos que investigan nuevas tecnologías y nuevos materiales para incrementar la eficiencia del sistema.

Como ejemplo, destacaremos, que a consecuencia de la superposición sobre el territorio de redes de distinto ancho se ha hecho necesaria la conexión entre ambas

---

[197] Adif tiene entre sus objetivos reducir de forma sensible el consumo energético en las operaciones de la compañía, además de ser eficiente en su uso, disminuir su nivel de emisiones y fomentar la cultura de la sostenibilidad. Para cumplir estas metas Adif ha desarrollado el Plan Director de Ahorro y Eficiencia Energética 2009-2014 .

Dispone de la Certificación medioambiental UNE-EN_ISO 14001:2004 de la Asociación Española de Normalización y Certificación **(AENOR**) en una veintena de terminales y estaciones de mercancías (las de clase I).

[198] Existen dos definiciones del concepto de I+D+i: según la Norma UNE 166000:2006 de la Asociación Española de Normalización y Certificación **(AENOR**) y según la Ley de Impuesto de Sociedades (LIS) de la legislación española (Título IV del texto refundido de la Ley de Impuesto de Sociedades, R. D. Legislativo 4/2004, de 5 de marzo). Entre ambas definiciones del concepto existen algunas diferencias.

En fecha 11 de septiembre de 2008 se implantó en Adif la Norma UNE 166002:2001: "***Sistema de gestión en investigación, desarrollo e innovación en tecnología ferroviaria.*"**

redes. Esto se ha conseguido mediante los "intercambiadores de ejes" en los puntos de unión de ambas redes por los que pueden circular los "trenes con rodadura desplazable" que incorporan algunos coches de viajeros, permiten la circulación de los mismos por ambas redes. Así pues, entre las entradas al subsistema hay que considerar las propias innovaciones tecnológicas y la de los procesos y, entre las salidas, las directrices para implementarlas y mejorar la eficiencia del sistema.

El siguiente subsistema es el **subsistema de infraestructuras e instalaciones** —**N(-8)/4**—, y se trata de un subsistema típicamente ferroviario. Recibe los recursos asignados por el subsistema de gestión, pero también recibe las salidas del **subsistema de mantenimiento** —**N(-8)/5**—, porque de no ser así no sería posible su funcionamiento.

Las funciones del subsistema de infraestructuras e instalaciones, son las de dotar al sistema de transporte ferroviario de los elementos necesarios para que los trenes dispongan de un camino de rodadura por el que puedan circular con garantías de eficacia, eficiencia y seguridad.

El subsistema de infraestructuras e instalaciones se ha discriminado en dos subsistemas característicos del sistema ferroviario, el que corresponde a la **línea** —**N(-9)/1**— y a las **terminales y estaciones** —**N(-9)/2**— (ver figuras 5-9 y 5-10, pp 361 y 362). La estructura de ambos se presenta con subsistemas similares, puesto que sus funciones básicamente son las mismas, si bien, existen diferencias, en mayor medida en los subsistemas trazado —N(-12)/1— y obras de fábrica —N(-12)/2—, que veremos a continuación, aunque también existen algunos matices en otros subsistemas, dependiendo de si nos encontramos en la línea o en las terminales y estaciones.

En el nivel inmediatamente inferior a ambos subsistemas**, línea**—**N(-9)/1**— y **terminales y estaciones**—**N(-9)/2**—, encontramos el subsistema **estructura de vía**—**N(-10)**—. Contiene dos subsistemas que denominamos **infraestructura y superestructura**[199] —**N(-11)/1 y 2**— , puesto que tanto los términos como sus elementos son muy conocidos.

El subsistema Infraestructura incluye los subsistemas que preparan el terreno sobre el que se asienta la vía; también se denomina plataforma o explanación. Contiene dos grandes subsistemas, **Trazado**[200]**—N(-12)/1**—, es decir, las obras de tierra, y **obras de fábrica**[201]**—N(-12)/2**—.

Por su parte, el subsistema Superestructura contiene los subsistemas Vía, la vía ferroviaria propiamente dicha, y un conjunto de aparatos de vía e instalaciones, que permiten el servicio ferroviario. Entre las instalaciones encontramos los subsistemas de señalización, seguridad, electrificación y comunicaciones.

En cuanto a las velocidades y la capacidad de carga de las locomotoras, destacaremos el subsistema Infraestructura, que cobra mayor importancia en el subsistema Línea que en el de terminales y Estaciones. La razón la encontramos en

---

[199] No incluimos en los esquemas los intercambiadores de vía, que son instalación que permite el cambio de ejes de los vehículos ferroviarios para acoplarlos a diferentes anchos, puesto que en la actualidad las mercancías no circulan por las líneas de ancho internacional con esta tecnología, sino por medio del denominado tercer carril, una vía mixta de 3 hilos, con ancho ibérico y ancho internacional. Aunque señalaremos también, que se han realizado y continúan realizándose estudios de dichos intercambiadores para vagones de mercancías y abaratar su coste.

[200] Las obras de tierras son básicamente los trabajos de movimientos de tierra que preparan la plataforma del trazado ferroviario sobre la que se asentará la superestructura de vía (desmontes, terraplenes, trincheras, etc.)

[201] Se denominan así aquellas obras que se realizan para salvar los obstáculos geográficos naturales (viaductos, puentes, pasos a distinto y al mismo nivel, túneles, alcantarilles, muros, etc). Su función es dar continuidad al trazado.

que la velocidad máxima de un tren en un trayecto determinado, viene determinada por la velocidad de diseño de la infraestructura por una parte y, por otra, como se verá en el subsistema Operador de Transporte –N (-7)/2 –, por la velocidad admisible del material (locomotoras y vagones).

Además, en el subsistema infraestructura de vía subrayaremos su función básica, que es proporcionar el apoyo necesario a la superestructura de vía y soportar los esfuerzos (cargas) que transmiten sus subsistemas sin que se produzcan asientos excesivos.

Las solicitaciones de la capacidad portante estará determinada, entre otros elementos, por los tipos de vehículos, la velocidad de circulación de los trenes, la carga o el peso/eje, el espesor de la capa de balasto, las condiciones climatológicas, el contenido de agua del suelo, etc. De lo anterior se puede inferir que la calidad y el estado del suelo será uno de los factores importantes porque determinarán su capacidad portante[202].

Dicha calidad vendrá definida por la naturaleza y propiedades de ese suelo; son mejores las gravas y arenas que los limos y arcillas. Dentro del subsistema **trazado**—**N(-12)/1**— encontramos el subsistema **perfil en planta**—**N(-13)/1**—, con los subsistemas **rectas y curvas**—**N(-14)/1 a 3**—. De los tramos rectos y curvos incluidos en estos subsistemas, va a depender, entre otras cuestiones, la velocidad que podrán desarrollar los trenes.

Señalaremos, un aspecto importante de los puntos de unión entre los mencionados tramos, porque en ellos surge la fuerza centrífuga que se mantiene en los tramos curvos (y curvas de transición). Esta fuerza requiere que en dichos tramos en curva sea necesario realizar curvas de transición y peraltes que compensen la mencionada fuerza para poder alcanzar mayores velocidades.

También tenemos -en el subsistema trazado- el subsistema **perfil longitudinal**—**N(-13)/2**—**,** que incluye los subsistemas **pendientes y rampas** —**N(-14)/4 y 5**—.Estos subsistemas, entre otros propios del material, determinarán la carga máxima de las locomotoras, que está en función de la rampa característica y, en el subsistema terminales y estaciones, los frenos de estacionamiento necesarios para impedir su deriva.

En su cálculo[203] intervienen factores que imponen resistencia al avance, como las citadas características geométricas de la vía, tramos en rampa y curvas, así como, su longitud de dichos tramos. Además, las características técnicas de las locomotoras, entre los que destacamos el esfuerzo tractor máximo en arranque, el esfuerzo tractor a velocidad máxima y el esfuerzo tractor continuado máximo; en todos los casos, dichos esfuerzos están en función de la adherencia rueda-carril, es decir, la posibilidad de producirse patinaje, de la velocidad del aire y la resistencia interna de las cajas de grasa.

Señalaremos que la adherencia está fundamentada en el coeficiente de adherencia, que dependerá del peso que soporta cada rueda de la locomotora y a la velocidad del vehículo o el tren, además de su diámetro y conicidad. Asimismo, influyen factores específicos de determinados tramos, como túneles o proximidad a cursos fluviales y factores propios de la circulación de los trenes, tales, como la velocidad de inicio en

---

[202] La Capacidad Portante debe tener un valor mínimo de 1 Kg/cm^2. Se mide por el Índice de California (*California Bearing Ratio*, C.R.B.), que se determina experimentalmente; un valor de capacidad portante considerando bueno corresponde a un valor de >20.

[203] Para su cálculo se utilizan varios conceptos: **1. Rampa Física** que es la relación entre diferencia de altitud y la distancia horizontal entre dos puntos medida en milésimas. **2. Rampa Ficticia** es la suma de la rampa física y un factor corrector debido a la resistencia al avance en curva (800/Radio en líneas convencionales). **3. Rampa Característica** es el valor de la rampa ficticia más restrictiva del tramo considerado.

las rampas o las señales que estén ordenando parada en las mismas, mucho más, si es una sucesión de ellas.

Citaremos también otros factores externos, pertenecientes al entorno del sistema, entre los que señalamos la situación del tiempo atmosférico, elementos como la suciedad del carril u hojas de árbol depositadas sobre él, que pueden influir en la pérdida de adherencia. El último subsistema perteneciente al subsistema trazado es el **perfil transversal**—**N(-13)/3**—, es la intersección del subsistema infraestructura (plataforma) con un plano vertical que, en el punto considerado, es normal a la superficie vertical que contiene el eje del trazado.

También está relacionado con la orografía, puesto que para realizar el trazado, y en función de ella, será necesario realizar excavaciones, vaciado de tierra y explanaciones, subsistema **trinchera**—**N (-14)/6**—, aporte de material y elevación del terreno, subsistema **terraplén-trinchera**—**N(-14)/7**, una correcta nivelación del terreno (en línea) subsistema **drenajes**—**N(-14)/8** y el subsistema **muros** –**N(-14)/9**—.

El otro subsistema, en el subsistema Estructura de Vía, que es importante subrayar es el de **obras de fábrica**—**N(-12)/2**—, que son las que se realizan para salvar la orografía y las vías de comunicación antrópicas por las que atraviesa el trazado. También se incluyen los andenes en el caso de las estaciones, no así en el de las terminales de mercancías, que son pasillos libres de balasto (asfaltados o no) en las entrevías.

En el subsistema línea se incluye los subsistemas **pasos a nivel-distinto nivel**—**N (-13)/4**, **viaductos**[204].—**N(-13)/5**, **puentes**—**N(-13)/6** y **túneles**—**N(-13)/7**. Difieren algo de los que se ha considerado en los del subsistema terminales y estaciones, porque no encontramos ni viaductos ni túneles dentro de las mismas.

En este subsistema hemos considerado los subsistemas **pasos a distinto nivel**—**N(-13)/4**, **andenes**—**N(-13)/5** y **otros N(-13)/6.** Puntualizaremos que lo que denominamos pasos a distinto nivel incluye los pasos a nivel, inferiores y superiores. También que en el subsistema estaciones se consideran los andenes, porque algunas siguen teniendo una funcionalidad mixta, es decir, no están especializadas en mercancías.

Coexisten trenes de mercancías y de viajeros (apeaderos), si bien los de mercancías se operan en otras vías interiores. La construcción de las obras de fábrica debe respetar el gálibo[205], de tal forma que permita la circulación la circulación del material ferroviario y los cargamentos que se transportan sobre los vagones.

---

[204] **Puente**: obra de fábrica de más de 10 m. de luz, con soportes destinados a cruzar cortes del terreno u otros obstáculos que albergan en su fondo ríos, barrancos o infraestructuras lineales de comunicación, etc.

Viaducto: conjunto de puentes sucesivos de dos o mas tramos (varios arcos o vanos) que alcanza gran longitud. Se utiliza para salvar amplias depresiones del terreno y evitar las rampas.

Tramo metálico: puente ferroviario en el que la vía se coloca sin balasto sobre un tramo metálico.

Los datos sobre el trazado, túneles, tramos metálicos, puentes y viaductos proceden de fuentes documentales internas de Adif.

[205] El gálibo se define como un contorno de referencia con unas reglas de aplicación. En el ámbito del ferrocarril existen varios tipos de gálibos: gálibo de material motor, gálibo de material remolcado, gálibo de puentes, gálibo de túneles, etc. Los de mayor interés por su generalización al conjunto de la red son:

El gálibo de cargamento es la sección tranversal de referencia que permite determinar el contorno máximo del material motor y remolcado, según la posición relativa de las obras de fábrica y los obstáculos respecto a la vía; en los vagones cargados, se considera el conjunto formado por la plataforma y el cargamento (puede ser una UTI).

Sobre las obras de fábrica, también es necesario recordar, por una parte, que las redes ferroviarias y sus anchos, son una herencia del pasado y, por otra, que hasta bien entrado el siglo XX no existían los contenedores y cajas móviles. Además, buscando la competitividad y las economías de escala, estas unidades de transporte intermodal se construyen más largas, altas y anchas, hasta alcanzar los límites de los gálibos cinemáticos de circulación.

En cuanto a los gálibos, ya se dijo que en las redes europeas existen diversos tipos establecidos por la U.I.C. Se diferencian entre sí porque cada uno de ellos posibilita el transporte de mercancías diferente. Así, las posibles limitaciones de velocidad o la imposibilidad de circular por determinados puntos o líneas, estarán en función de las dimensiones de las unidades de cargamento y de los tipos de vagones o bogies especiales empleados para el transporte.

El ferrocarril español se asimila más al contorno de referencia del tipo C de la U.I.C., debido a su mayor ancho de vía. Por tanto, los contornos de referencia del gálibo cinemático y el gálibo de implantación de obstáculos permiten la circulación de trenes que se inscriban en el gálibo cinemático C de la UIC[206].

En la RFIG administrada por Adif, las máximas dimensiones admitidas para un cargamento son 4.300 mm de altura y 3.300 mm de anchura a partir de del plano de rodadura, es decir el formado por la superficie de rodadura del carril que está en contacto con la rueda. Desde el eje de cada carril hacia el exterior corresponden a 816 mm.

El gálibo cinemático, por su parte es de 4.330 mm de altura y 3.440 mm de anchura. Desde el eje de cada carril hacia el exterior corresponden a 886 mm. Indicaremos que las

---

El gálibo cinemático se define como la envolvente de los lugares geométricos que puede ocupar cualquier parte de un vehículo, referenciada a los ejes de coordenadas representados por el plano de rodadura y el eje de la vía. Es un contorno de referencia que tiene en cuenta los movimientos geométricos de los vehículos, debidos a la curvatura de la vía y al juego de los ejes de la vía (existirán gálibos para vía en recta y gálibos para vía en curva). También los movimientos dinámicos, debidos a la flexibilidad de las suspensiones. El gálibo cinemático se divide en dos: gálibo de partes altas y gálibo de partes bajas (Ruano, 2007, p. 14).

El gálibo de implantación de obstáculos se define como el área, referenciada a los ejes de vía, citados en el párrafo anterior, en la cual no pueden existir elementos fijos, es decir, elementos de la infraestructura o superestructura, más una reserva para transportes excepcionales. Se exceptúan las partes de la catenaria que están en contacto con la mesilla del pantógrafo (Ibidem, p. 17).

El gálibo dinámico. Señalaremos que para Álvarez, el gálibo cinemático o de referencia de una administración ferroviaria, es el definido por la misma y a partir de el se calculan los distintos gálibos de acuerdo a la normativa de la UIC. Pero apara el autor, al calcular el gálibo ferroviario con el modelo de cálculo según los criterios de la UIC, los resultados obtenidos demuestran que este modelo no tiene en cuenta el comportamiento dinámico del vehículo ferroviario y, por tanto, proporciona valores de gálibo alejados de los reales, que están confirmados por la experiencia. Se determina un nuevo modelo de gálibo, que se ha denominado gálibo dinámico, en el cual se tienen en cuenta los diversos parámetros independientes en el complejo fenómeno físico en juego, haciendo intervenir las fuerzas de interacción producidas en el contacto rueda-carril, para lo cual el vehículo ferroviario modelizado debe ser considerado como un sistema mecánico formado por ejes calados estructuras intermedias y cajas conectadas entre si por muelles y amortiguadores (Álvarez, 2006, vv.pp.).

Es muy interesante el concepto de gálibo dinámico desarrollado por Julio Álvarez (2006) en su tesis doctoral, *Parametrización del gálibo de material ferroviario*, porque para este autor, el modelo de cálculo del gálibo ferroviario según criterios de la UIC no tiene en cuenta el comportamiento dinámico del vehículo ferroviario y, por tanto, proporciona valores de gálibo alejados de los reales.

[206] El Contorno de referencia del gálibo cinemático para líneas convencionales y vehículos en la RFIG gestionada por Adif se puede consultar en la Instrucción Técnica de Gálibo de la Red.

columnas o postes de electrificación, tomando como referencia la distancia mínima entre las caras enfrentadas del poste y carril más próximo a él, deben situarse en la red convencional en tramos rectos y exterior de las curvas a 1, 9 m. (tolerancia ± 0,2 m).

En el interior de las curvas de radio mayor de 300 m. será la misma distancia (tolerancia + 0,2 / - 0,1 m.) y en las curvas de radio igual o inferior a 300 m, dicha distancia será de 2,1 m. (tolerancia + 0,2 / - 0,1 m.). Con respecto a las medidas de los contornos de referencia de los gálibos, señalaremos, sin embargo, que si bien las unidades de transporte intermodal están relativamente normalizadas en sus dimensiones en cuanto a la anchura (entre 2.440 y 2.600 mm) y la longitud (20, 30 40 ó 45 pies), no lo están en cuanto a la altura.

Por esta razón se pueden generar dudas en cuanto a su inscripción en gálibo en la parte superior y, consecuentemente, en cuanto a sus condiciones de circulación. La Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) en su ficha 596-6 ha definido, entre una altura lateral comprendida entre 3300 y 4290 mm, una serie de perfiles de transporte combinado por tramos de 10 mm. Para los contenedores, cajas móviles y semiremolques las alturas máximas admitidas son de 2.896 mm (sobre un plano de carga de 825 mm/ altura máxima sobre el carril 4.320 mm)[207]. Podrán circular con algunas restricciones de circulación ante determinados obstáculos, como por ejemplo reducción de velocidad en algunos túneles de los itinerarios que utilicen.

Caso de rebasarse estas medidas, deberán ser objeto de un estudio particularizado como transporte excepcional. Es el caso del transporte de automóviles sobre vagones porta-automóviles, que autoriza su circulación por determinados itinerarios, también con restricciones de velocidad, hasta una altura total sobre el carril de 4.436 mm.

Por último, en estos mismos subsistemas de línea y de terminales, en cuanto al subsistema **superestructura**—**N(-11)/2**—, se ha establecido una estructura con dos subsistemas, vía —N(-12)/3— e instalaciones —N(-12)/3—.

En el subsistema **vía** —**N(-12)/3**—**,** el subsistema **carriles** —**N(-13)/8**— tiene como función sustentar el material rodante ferroviario, guiar a los vehículos ferroviarios y conducir las corrientes eléctricas.

Está formado por hilos o barras de acero[208] con una longitud de hasta 288 m y un peso por metro lineal que varía en función de la antigüedad, de 45 Kg/m (UIC 45) el antiguo, de 54 Kg/m (UIC 54) para velocidades aproximadas de 140-160 km/h y de 60 Kg/m, para velocidades superiores.

La resistencia del carril utilizado normalmente, es decir su carga de rotura en el ensayo de tracción, debe estar comprendida entre 680 y 830 N/mm^{-2}. No obstante, en las alineaciones de las curvas, más proclive al desgaste[209], se utiliza un carril con una mayor resistencia, superior a 830 N/mm^{-2}, que puede llegar a los 90 Kg/m, incluso a los 110 Kg/m.

---

[207] Las condiciones generales se encuentran en la Instrucción General nº 66 sobre Gálibos de Cargamento. Para los contenedores, Cajas Móviles y Semiremolques las condiciones particulares se recogen en la Consigna Serie C nº 47 de Adif. Las autorizaciones de los Transportes Excepcionales son particularizadas para los distintos tipos de mercancías que rebasan los gálibos.

[208] Aleación de hierro y carbono a porcentajes variables que además puede incluir manganeso para aportar mayor dureza. En el caso de carriles extraduros (<1.100 N/mm^2) incorporan microaleaciones (porcentajes muy pequeños) con otros elementos como el cromo, el silicio, etc.

[209] Para determinar la calidad del carril necesaria hay que valorar aspectos como los radios de las curvas, el tráfico de la línea, la lubricación de carriles, el peralte en las curvas, la carga por eje y la naturaleza del material motor.

Un elemento importante de este subsistema es el denominado aparato de dilatación. Se trata de una junta especial, destinada a absorber los movimientos longitudinales de retracción y fluencia en los carriles, causados por variaciones térmicas, especialmente en barras largas de carril soldado y en los tableros continuos de viaductos, puentes y tramos metálicos. Estos aparatos permiten el desplazamiento relativo de una parte de la vía sobre la parte fija y mantienen las características fundamentales de la vía, especialmente la continuidad del carril y el ancho de vía.

El subsistema **traviesas**—**N(-13)/9**— está formado por los elementos de apoyo sobre los que se asientan los carriles. Están colocadas en la vía sobre el balasto transversalmente a los carriles. Pueden ser de madera, metálicos y de hormigón. Actualmente las más utilizadas son las de hormigón monobloque. Sus funciones son mantener el espaciamiento de los carriles (es decir, el ancho de vía) y trasmitir los esfuerzos que recibe al balasto subyacente.

Señalaremos que se en algunos puntos de la red convencional se están instalando traviesas polivalentes, aptas para el ancho ibérico (1668mm) y el europeo (1435mm) que posibilita la circulación en ambos anchos.

Otro subsistema es **balasto**—**N(-13)/10**—, que es un elemento granular silíceo depositado sobre la plataforma de vía. Tiene como funciones servir de asiento a las traviesas, amortiguar y repartir los esfuerzos que hacen los trenes sobre la vía, impedir el desplazamiento de esta y proteger la plataforma. Por su parte, el subsistema **aparatos de vía**—**N(-13)/11**—, tiene una estructura formada por los subsistemas **desvíos** y **travesías** —**N(-14)/10 y 11**—.

El desvío es un aparato de vía, cuya función es permitir el paso de las circulaciones de una vía a otra, o a varias mediante la bifurcación de un itinerario en dos o más vías. Sus ejes se acuerdan tangencialmente con el de la primera o formando un ángulo muy pequeño con él. Las travesías, por su parte, tienen la función de permitir la intersección de dos itinerarios al cortarse los ejes de las vías.

El caso más simple de un desvío es el llamado sencillo, o de dos vías. Sin embargo, en las estaciones, y especialmente en las de clasificación, es frecuente la falta de espacio para colocar cambios, derivados de una sola vía, unos a continuación de otros. Se recurre, entonces, a reunir en un solo aparato los cambios y cruzamientos de varios desvíos. El caso más frecuente a que dan lugar estas agrupaciones es el cambio doble o de tres vías, en el cual se insertan dos cambios sencillos en la vía directa, dando lugar a tres direcciones de desviación mediante tres cruzamientos.

Estos dos subsistemas pueden estar compuestos por **cambios**—**N(-15)/1**— o **cruzamientos**—**N(-15)/2**—(y los carriles de unión), cuya función es la separación y el cruce de los hilos de ambas vías. Dichos subsistemas, a su vez, constan de algunos elementos como agujas o espadines, contra-agujas, tirantes, etc. y contracarriles, corazón, etc., respectivamente.

Otro elemento que tiene importancia en áreas del territorio con bajas temperaturas es el denominado calefactor o calentador de agujas, que es un conjunto de resistencias que se instalan para calentar las agujas de los desvíos en caso de necesidad y evitar, de esta forma, su inutilización por hielo y nieve.

En el subsistema **instalaciones**—**N(-12)/4**—, encontramos en primer lugar el subsistema **señales fijas**—**N(-13)/12**—, La función de las señales es transmitir las órdenes o informaciones del código que regula la circulación de circulación de los trenes. Puede realizarse mediante las instalaciones de señalización en la vía y las estaciones, también mediante la que incorporan los trenes.

Suelen situarse en el lado derecho de la vía en el sentido de la marcha o encima de ella; en vía doble con circulación por la izquierda se sitúan en este lado o encima. En el caso de vía doble banalizada se instalan en el exterior de la vía para los dos

sentidos de circulación. En este subsistema nos centramos en las señales fijas[210], que son las que de modo permanente o temporal están instaladas en puntos determinados de la vía o de las estaciones y terminales. Se podría haber incluido otro nivel por debajo en el que se incluirían los subsistemas fundamentales, indicadoras y de limitación de velocidad.

Indicaremos que las señales fundamentales regulan la circulación de los trenes y maniobras, las señales indicadoras complementan las órdenes de las anteriores y las señales de limitación de velocidad imponen restricciones en la marcha de los trenes por circunstancias particulares de la vía o de las instalaciones. Los dos subsistemas que hemos considerado en el subsistema señales son **eléctricas**—**N(-14)/12**— y **mecánicas** —**N(-14)/13**—, puntualizaremos que las señales mecánicas pueden ser de pantalla o semafóricas[211], la cuales, pueden ser accionadas mecánicamente desde las estaciones dando las distintas indicaciones.

Asimismo, indicaremos que las señales de pantalla, pueden ser pantallas fijas, como por ejemplo las limitaciones de velocidad o los cartelones[212]. Otro subsistema es **comunicaciones**—**N(-13)/13**—, que hace referencia a los distintos sistemas de telecomunicaciones —telefónicos, radiotelefonía e informáticos— , necesarios para el desarrollo de la actividad del transporte. Destacaremos el de radiotelefonía por su importancia para las comunicaciones entre el Puesto Mando (P.M.)[213] o el Control de Tráfico Centralizado[214] (C.T.C), las terminales y estaciones, y los maquinistas de las locomotoras de los trenes, especialmente en caso de situaciones de posibles peligros o de anormalidad. En la actualidad el sistema analógico Tren-Tierra está implantado desde mediados de los años 80 del pasado siglo, en aproximadamente dos tercios de la red convencional, pero está prevista su migración al sistema digital GSM-R.

Este sistema está desarrollado con tecnología digital en lugar de analógica, tiene mayor capacidad y calidad de transmisión, y es la base del moderno sistema de gestión de tráfico ferroviario, conocido por las siglas de ERTMS. Si el Tren-tierra dispone de un único canal de transmisión, el GSM-R cuenta con 113. También incluidos en el subsistema instalaciones, e incluidos en el de **seguridad—N(-13)/14**—incorporamos los subsistemas—**N(-14)/14 a 16**— **bloqueos y enclavamientos**, **Anuncio de Señales y Frenado Automático (A. S. F. A.)**[215], y **Protección Automática de Trenes (A. T. P.)**[216].

---

[210] Existen tres subsistemas de señales, las fijas, las portátiles y las señales de los trenes.

[211] En el pasado en RENFE hubo señales mecánicas compuestas, es decir, semafórica junto con pantalla.

[212] Transmiten órdenes e informaciones independientes de las otras señales fijas; llevan inscritas letras, palabras, números o figuras.

[213] P.M. se encarga de organizar y coordinar la circulación en las líneas de su jurisdicción, que se denominan reguladas. Con independencia de esta función, la circulación de ciertas líneas puede, además, estar dirigida por el jefe del C.T.C.

En la Alta Velocidad se denomina Centro de Regulación y Control (C.R.C.). Las diferencias entre ambos radican principalmente en las tecnologías aplicadas, ya que se orientan y adaptan al producto a gobernar en cada caso. La principal de ellas estriba en que el primero cuenta, en todas sus líneas, con el sistema Da Vinci, que integra sistemas y subsistemas en una misma plataforma. En los P.M. cada sistema es independiente (por ejemplo, telemando, CTC, Sistemas de Apoyo a la Explotación –detectores en vía, básculas—, etc.).

[214] C.T.C. permite gobernar desde un puesto de gobierno y control el tráfico de un conjunto de estaciones, una determinada zona o una línea ferroviaria.

[215] El ASFA es un sistema de control puntual de ayuda a la conducción. Incrementa la seguridad en la circulación de los trenes porque disminuye o anula, según los casos, los efectos del posible fallo humano, al asegurar automáticamente la detención del tren en el caso de actuación incorrecta del maquinista (p.e. rebase de señal que ordene parada). Consta de un equipo de vía, con las correspondientes balizas de captación, y otro en la cabina de conducción de la locomotora.

Sobre los bloqueos y los enclavamientos, puntualizaremos que los bloqueos se establecen entre estaciones y los enclavamientos en el interior de las estaciones, aunque también, en algún caso, pueden también afectar a los bloqueos. Sería el caso, por ejemplo, de las bifurcaciones en plena vía, en el que primero se aseguraría el enclavamiento y, posteriormente, se establecería el bloqueo.

Conceptualmente, podemos considerar un bloqueo como la reserva de capacidad de un tramo de vía (cantón de bloqueo)[217] para una circulación. Su función es garantizar la seguridad de la circulación de los trenes por la misma vía, manteniendo entre ellos la distancia de seguridad necesaria para que no se produzca un alcance, en el caso de de circular en el mismo sentido, y para que no colisionen frontalmente circulaciones que circulen por el mismo tramo en sentido contrario.

Los bloqueos convencionales en las líneas de ancho ibérico pueden ser normales y supletorios. Los primeros comprenden el Telefónico, el Eléctrico-Manual, el Automático en vía única, el Automático en vía doble, el Automático de vía doble banalizada, de Control Automático y por Ocupación; los segundos, el Telefónico, utilizado, en este caso, cuando no funcionen los anteriores.

Por su parte el enclavamiento es la relación de dependencia entre la posición de los aparatos (agujas, agujas-calce, calces, escapes, semi-barreras, etc.) y la indicación de las señales. Está constituido por un conjunto de elementos físicos y lógicos que efectúa y supervisa automáticamente todas las operaciones para el correcto y seguro funcionamiento de los elementos de señalización y aparatos de vía asignados a su control.

La función de la relación de dependencia es controlar dichos aparatos de campo, asegurando que se cumplen una serie de restricciones para el establecimiento seguro de rutas y movimientos de trenes, garantizando la seguridad de las circulaciones mediante la posición adecuada de los aparatos y las órdenes correspondientes de las señales.

Cuando se establece un itinerario, para realizar un determinado movimiento, las órdenes son enviadas al enclavamiento, que se encarga de comprobar la compatibilidad de dicho movimiento según los requerimientos del diseño del mismo. Para ello, el enclavamiento recibe directamente la información sobre el estado de las vías directamente desde el terreno.

Desde 2005, se está implantando paulatinamente el ASFA Digital en la REFIG. El término "digital" se refiere al procesado de datos y no a la transmisión de datos por las balizas, es decir, los cambios en el nuevo sistema no afectan a las balizas, que siguen transmitiendo su información de forma analógica, sino al equipo de procesado de la señal en el tren, que al ser digital permite la utilización de curvas de frenado o una mejor representación en cabina de las señales reconocidas. El ASFA Digital deberá ser la "señalización principal en las líneas convencionales hasta la implantación del sistema ERTMS y la señalización de refuerzo en donde este sistema ya está instalado.

[216] El Sistema de Protección Automática de Trenes—ATP— también llamado Bloqueo de Control Automático, es un avanzado sistema de seguridad con una implantación puntual (balizas) adaptado a la señalización existente en RENFE. De acuerdo con la información que recibe de los puntos de información de la vía realiza una supervisión continúa de la velocidad y localización del tren, y requerirá la actuación de los frenos, únicamente, cuando detecte que las condiciones existentes constituyen un riesgo para la circulación del tren. Componen el sistema un equipo de vía, con balizas y codificadores, y un equipo a bordo en la cabina de conducción de la locomotora. Integra al sistema anterior (ASFA).

[217] Cantón de bloqueo: en Bloqueo Telefónico, Eléctrico-manual y por Ocupación, es la parte de la vía o de cada una de las vías comprendida entre dos estaciones abiertas. En Bloqueo Automático, es la parte de vía comprendida entre dos señales consecutivas de bloqueo.

Señalaremos también que las mencionadas operaciones pueden realizarse de forma local, desde un gabinete de circulación, o de forma remota desde los sistemas de Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.). Sobre los tipos de enclavamiento indicaremos que pueden ser Bouré[218], cuyos mecanismos de accionamiento están al pié de los mismos, mecánicos, en que alguno o todos de dichos mecanismos se accionan a distancia, eléctricos, que utilizan lógica de relés, y electrónicos, basados en microprocesadores y sistemas informáticos.

En los enclavamientos eléctricos y electrónicos, las señales relacionan también los circuitos de vía con la posición de las agujas, de tal modo, que para que se permita su apertura, es necesario que se cumplan las condiciones de compatibilidad para cada movimiento. Para lograr el umbral de seguridad requerido en los requerimientos del diseño de los enclavamientos eléctrico y electrónico se realiza una tabla de rutas o itinerarios, que incluye todos los movimientos que pueden realizarse, indicando las señales que se utilizan y la indicación de estas.

También una tabla de deslizamientos[219], en la que se indican los tramos de vía que deben estar libres, para si se produjese el rebase no autorizado de una señal, no pueda interferir en un itinerario establecido y constituir un riesgo para la seguridad. Además, tiene una tabla de protección de flancos que comprende todos los circuitos de vía asociados a las agujas que componen cada ruta y los circuitos de vía asociados.

Por último, una tabla de incompatibilidades[220], en la que se figuran los movimientos incompatibles y compatibles con las rutas posibles establecidas.

Los bloqueos y los enclavamientos son los pilares de la señalización ferroviaria.

Por su parte, el ASFA y el ATP son sistemas de protección de la circulación de los trenes. Citamos también el ERTMS —Sistema Europeo de Gestión de Tráfico Ferroviario (*European Rail Traffic Management System*)[221]— por los resultados, como

---

[218] El enclavamiento Bouré, inventado a finales del siglo XIX por un inspector de los ferrocarriles franceses, consiste en un dispositivo que inmoviliza un aparato en una posición determinada, mediante un elemento fijo (cerradura) y otro móvil (llave). El accionamiento puede ser local o mecánico a distancia.

[219] Ruta de deslizamiento: la que seguiría una circulación en el caso de rebasar indebidamente la señal límite o punto final del movimiento. Suele tener una longitud entre 75 m y 300 m.

[220] Incompatibilidad: imposibilidad de autorizar un movimiento, estando previamente autorizado otro. Puede estar motivada por la necesidad de posiciones diferentes del mismo aparato para ambos movimientos, por el destino común de ambos movimientos (de la misma u opuesta paridad) y por la invasión de la ruta de deslizamiento de uno de ellos por el otro.

[221] Está compuesto por el Sistema Europeo de Control de Trenes (*European Train Control System*, ETCS), que controla la velocidad de las locomotoras, y un sistema de radiotransmisión (*Global Standard for Mobile Communications Rail*, GSM-R), que permite el intercambio de información entre el Centro de Regulación y Control (CRC), que regula y controla la circulación en las líneas de alta velocidad, y la cabina de la locomotora del tren. Existen tres niveles de ERTMS.

En el nivel 1 se utiliza señalización vertical (semáforos, señales, etc.) y sistemas de detección de ocupación de vía para manifestar la posición de los trenes. Los sistemas de control en tierra bloquean cada sección de vía a medida que un tren la ocupa e impiden que otros trenes entren en dicha sección hasta que el tren que la ocupa no la haya abandonado. Se utilizan Eurobalizas para transmitir al tren información, si bien de forma discontinua, que se procesa en el mismo tren.

A diferencia del anterior, el nivel 2 cuenta con un sistema de transmisión continua de datos que permite la eliminación de la señalización vertical utilizando sólo la señalización en cabina. No obstante, se siguen utilizando sistemas de detección de ocupación de vía por lo que se bloquean las secciones hasta que el tren sale de las mismas. Las Eurobalizas permiten a los

fruto de la investigación y la innovación en el ámbito del ferrocarril, así como, por la revolución en la modernización de los sistemas de control en la circulación. Podríamos decir que el ERTMS es un sistema que agrupa señalización, bloqueo y seguridad de los trenes en un todo.

Otra muestra de desarrollo tecnológico es el sistema Da Vinci. Se trata de uno de los sistemas de gestión de tráfico ferroviario más avanzados del mundo. En España es el sistema encargado de la gestión y control integral de la red de alta velocidad.

Este sistema Integra el control de tráfico centralizado, las comunicaciones fijas y GSM-R, señalización, sistemas de seguridad, sistemas de planificación y regulación, telemando de energía, video-vigilancia y control de las instalaciones e infraestructura de estaciones.

Sin embargo indicaremos que el sistema ERTMS, en España está, prácticamente, circunscrito a la red AVE. Subrayaremos, además, que a finales del año 2011 ya se ha puesto en servicio una primera fase de ERTMS Nivel 2 entre Madrid y Lérida. Actualmente, sólo podrían circular trenes de mercancías con el sistema ERTMS nivel 1 en algunos tramos del trayecto de doble ancho –con tercer carril— entre Barcelona Puerto y Figueres-Vilafant, que desde aquí, conecta a través de una sección internacional en ancho U.I.C con Francia por el túnel de Le Pertús.

Como ya se ha dicho en este trayecto circulan también trenes de mercancías, pero con Bloqueo de Señalización Lateral (B.S.L)[222], porque las locomotoras que remolcan estos trenes aún no tienen instalado el sistema ERMTS. También haremos referencia a alguno de los muchos elementos de seguridad que existen y que encuadramos en el subsistema **otros—N(-14)/20**—. Podemos citar los circuitos de vía y los contadores electrónicos de ejes, que son sistemas de detección automática de trenes, el sistema de protección de pasos a nivel, los detectores de ejes calientes o los detectores de obstáculos en la vía.

El circuito de vía es otro elemento importante para la seguridad de la circulación de los trenes. Detecta la ocupación/liberación de una determinada sección de vía por un vehículo ferroviario, mediante la caída/recuperación del potencial eléctrico de los relés de vía, en el caso de los circuitos de vía convencionales, ya que existen otros tipos de circuitos de vía, como por ejemplo, los que utilizan audiofrecuencias.

En los circuitos de vía convencionales, como las ruedas y ejes metálicos de un tren son conductores eléctricos, permite, que mientras un tren esté apoyado sobre un determinado tramo— cortocircuitando los carriles— se cierre ese tramo; así, cuando un vehículo entra en la zona de influencia del circuito, este informa de su estado de ocupación al enclavamiento.

---

sistemas del tren corregir la posición de este, cada vez que se lee la información kilométrica de las mismas, cuya posición exacta en la vía se conoce.

Por último, en el nivel 3 se incorpora un concepto nuevo “el cantón móvil”, que emplea un nuevo sistema de comunicación continua basado en GSM-R. Este sistema permite que la zona bloqueada por cada tren se vaya moviendo junto con el propio tren a lo largo de la vía. Las Eurobalizas, como en el nivel anterior, sirven únicamente como puntos de referencia fijos para el ajuste exacto de la posición del tren; al realizar el posicionamiento del tren de manera exacta con el equipo embarcado, es posible la eliminación de los sistemas de detección de ocupación de vía.

El cantón móvil permite un incremento considerable de la capacidad de una línea al permitir la circulación de los trenes forma segura con intervalos de frecuencia menores.

[222] El B.S.L. es un bloqueo en líneas de alta velocidad por medio del cual la distancia de seguridad de los trenes se garantiza con la indicación de las señales. Existe también en las líneas de alta velocidad el Bloqueo de Control Automático (B.C.A.) en el que la distancia de seguridad se mantiene regulando la velocidad del tren, sin superar el valor de una velocidad límite que el maquinista recibe de forma continua por señalización en cabina.

Los circuitos de vía son una instalación de seguridad diseñada con parámetros *fail-safe*, es decir, provocar siempre una situación segura, cambiando la orden de las señales a parada, aunque la instalación falle. La ocupación de un circuito de vía puede servir también para detectar un funcionamiento erróneo del mismo, como puede ser un fallo de alimentación, un fallo en el relé de vía, un carril roto, o una avería en alguna de las juntas que delimitan el circuito de vía.

Sin embargo, también puede ocurrir que se ocupe de forma intempestiva—falsa ocupación— por causas atmosféricas, falta de mantenimiento, etc., lo que genera problemas en la operativa e incrementando el riesgo de fallo humano y los tiempos de las operaciones.

El contador de ejes localiza al tren en una determinada sección de vía por medio de la contabilización de del paso de los ejes en los extremos de dicha sección. En enclavamiento recibirá la información de la ocupación- liberación de la sección incrementando la seguridad.

La protección de los pasos a nivel se realiza, bien mediante señales luminosas y acústicas (S.L.A.), o bien mediante barreras o semibarreras automáticas (S.B.A.)[223]. La detección de las circulaciones se produce por unos pedales direccionales que captan electromagnéticamente la presencia de las ruedas de cualquier circulación. También pueden incorporar detectores de obstáculos.

Por su parte, los detectores de ejes calientes permiten conocer si se produce un sobrecalentamiento peligroso en las ruedas de los vehículos. Consta básicamente de un detector de infrarrojos en cada sentido de circulación que envía la información a un equipo de procesado de información.

Por último, los detectores de obstáculos en la vía es otro subsistema cuya función es detectar desprendimientos, rocas, vehículos, personas, etc. que bloquean la vía, para evitar accidentes ferroviarios. Básicamente, se trata de localizar dicho obstáculo con la suficiente antelación para que el tren disponga de una adecuada distancia de frenado, en función de su velocidad, para no colisionar.

En cuanto al subsitema de **electrificación—N(-13)/15**, indicaremos que es uno de los elementos más característicos del paisaje ferroviario actual. Su función es proveer de energía a las unidades de tracción eléctrica de manera que la energía eléctrica procedente de una línea exterior de alta tensión, 30.000 o 40.000 V, pasa por la subestación, circula por el elemento conductor instalado a lo largo de la línea –catenaria- y, sustentado por determinados dispositivos, penetra en la locomotora a través del captador de corriente –pantógrafo- , alimenta los motores y retorna cerrando el circuito por los carriles y feeders negativos, si los hubiera, y accidentalmente por tierra.

Actualmente en la Red Ferroviaria de Interés General de utiliza una tensión nominal de corriente alterna de 25.000 V a 50 Hz para la red AVE y de 3.000 V de corriente continua en la red convencional, excepcionalmente en algunas líneas la tensión es de 1.500 V.

---

[223] Existen siete clases de protección de pasos a nivel: A) Protección con señales fijas exclusivamente. B) Protección con señales luminosas además de con señales fijas. C) Protección con semibarreras, dobles semibarreras, o barreras automáticas o enclavadas, además de con señales fijas y señales luminosas. D) Protección en régimen de consigna. E) Protección con barreras o semibarreras con personal a pie de paso. F) Protección específica para pasos a nivel destinados al uso exclusivo de peatones o de peatones y ganado.

Para mayor información ver ORDEN MINISTERIAL de 2 de agosto de 2001 por la que se desarrolla el artículo 235 del Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres, en materia de supresión y protección de pasos a nivel, en el capítulo II, artículo 8, establece las clases de protección que deben ofrecer los Pasos a Nivel. (B.O.E. nº 190 de 9 de agosto de 2001).

Adif gestiona 13.945 km de Red Ferroviaria, de los cuáles 2.183 km corresponden a la Red de Alta Velocidad y 11.762 km corresponden a la Red Convencional. La red de líneas electrificadas gestionada por Adif, en gran parte de estas líneas de vía doble, supone más de 14.000 km de línea aérea de contacto. Dentro de las líneas pertenecientes a Red Convencional se gestionan más de 9.500 km de línea aérea de contacto.

Este subsistema lo hemos estructurado en cinco subsistemas (puntualizaremos que el orden en la figura 5-9, p. 361 no es significativo. Se trata de un problema de espacio en la distribución de los mismos). El primer subsistema de **línea aérea de contacto (LAC)/catenaria—N(-14)/17**, la función principal de la línea aérea de contacto es suministrar energía eléctrica desde subestaciones a unidades motrices eléctricas a través de equipos captadores de corriente montados sobre el techo. Este subsistema podíamos haberlo denominado conductores pero en aras de la mejor comprensión se ha optado por la figurada. Existen diferentes clasificaciones de los tipos de línea aérea de contacto: en función de la composición (tranviaria, sencilla o compuesta), en función de la disposición de los conductores (poligonal, trapezoidal o inclinada), en función de la regulación de la tensión mecánica (sin regulación, con compensación de uno de los conductores, con compensación conjunta o con compensación independiente) y en función del sistema de alimentación (de corriente alterna o de corriente continua). En Adif, además, se clasifican atendiendo a sus prestaciones, en función de la velocidad máxima de explotación para la que han sido diseñadas.

La línea aérea de contacto se define mediante una serie de parámetros característicos, que se pueden dividir en tres grandes categorías:

- Características Geométricas: Altura del sistema: distancia vertical entre el sustentador y el hilo de contacto en el apoyo.

- Altura del hilo de contacto: distancia vertical desde el plano medio de rodadura hasta el punto inferior del hilo de contacto.

- Descentramiento del hilo de contacto: distancia horizontal que existe entre el eje de la vía y el hilo de contacto en el apoyo, para evitar el desgaste puntual en el centro del pantógrafo.

- Pendiente: es la variación de altura del hilo de contacto entre dos puntos consecutivos. Existen unos valores normalizados de pendiente máxima y de variación de la pendiente del hilo de contacto en función de la velocidad, para garantizar la correcta captación de la energía eléctrica por el pantógrafo.

- Elevación máxima del hilo de contacto: máxima elevación que pueden sufrir los hilos de contacto al paso del pantógrafo.

- Flecha del hilo de contacto: para contrarrestar el efecto de la variación excesiva de la elevación de los hilos entre el apoyo y el centro del vano

Este subsistema es posible estructurarlo en los siguientes:

El primero considerado es el subsistema **sustentador—N(-15)/4**, se trata del conductor que soporta el peso de la catenaria manteniendo los hilos de contacto a una altura constante, mediante unos elementos verticales llamados péndolas. El segundo subsistema es el **Feeders de alimentación—N(-15)/5**, que son los conductores encargados de alimentar la catenaria desde las subestaciones El tercero el subsistema **Feeders de acompañamiento—N(-15)/6**, son conductores contiguos a la línea aérea de contacto, conectados directamente a ella a intervalos frecuentes, para aumentar la sección transversal efectiva de la línea aérea de contacto. Por último, el subsistema **Feeder de retorno—N(-15)/7**, se trata de un cable, colocado generalmente en cabeza de poste, que se usa para disminuir la resistencia del circuito de retorno en líneas electrificadas donde éste tiene un valor óhmico alto, sobre todo por el uso de barras cortas de carril no soldadas y quedar a una gran distancia la subestación más próxima.

El segundo subsistema se ha denominado genéricamente **seccionadores/aisladores —N(-14)/18**, son los elementos de protección del subsistema anterior (LAC). Lo hemos distribuido en cinco subsistemas:

El subsistema **Aisladores—N(-15)/8**, que son los encargados de aislar eléctricamente los conductores de la catenaria de los apoyos y tierra. El subsistema **Seccionadores—N(-15)/9**, que son los elementos empleados para separar o unir eléctricamente distintos tramos de catenaria. También el subsistema **Aisladores de sección—N(-15)/10**, que son los elementos empleados para separar eléctricamente unas vías de otras, formando paquetes de vías. Otro subsistema es el **cable de tierra—N(-15)/11**, o de guarda que une todos los soportes de catenaria y los mantiene al mismo potencial eléctrico. Por último, el Subsistema **Pararrayos—N(-15)/12**, cuya función es proteger a la línea aérea de contacto frente a sobretensiones, principalmente de origen atmosférico.

El tercer subsistema sería **columnas/Postes de electrifícación —N(-14)/19**, este subsistema cuenta con los elementos encargados de soportar la catenaria. Van fijados al suelo mediante bases de hormigón. Esta Compuesto por el subsistema **Ménsulas —N(-15)/13**, compuesto por los elementos que permiten la colocación de la catenaria en la posición correcta; suelen ir fijadas al poste. El siguiente subsistema considerado es **Pórticos— N(-15)/14,** comprende las estructuras empleadas para soportar la catenaria cuando hay problemas de gálibo para montar postes independientes, permitiendo el apoyo de varias catenarias sobre el mismo. Por último el subsistema es el de **compensación mecánica— N(-15)/15**, que regula la tensión mecánica de los conductores que constituyen la línea aérea de contacto de forma automática, por medio de unos contrapesos situados en los extremos de un cantón corrigen las dilataciones y contracciones producto de los cambios de temperatura. Dichas contrapesas son discos de acero fundido conectadas a la línea aérea de contacto que mediante un movimiento de ascenso y descenso producen esa regulación de la LAC.

Finalizaremos el subsistema electrificación con el subsistema **Subestación—N(-14)/20**, se trata de una instalación ferroviaria en la que se recibe de las compañías de suministro la corriente eléctrica. Dentro del subsistema se adecua dicha corriente a las características que precisa el tipo de electrificación de la línea aérea de contacto que debe alimentar; generalmente está telemandada desde un puesto central que controla toda una línea. La principal función es transformar y en muchos casos rectificar la corriente de alta tensión que llega a el para a través del feeder de alimentación transportarla a la red eléctrica ferroviaria

El **subsistema mantenimiento**—**N(-8)/5**—, recibe los recursos asignados por el subsistema de gestión para realizar las funciones de reparar, reponer y actualización tecnológica de los elementos que constituyen los subsistemas de la infraestructura ferroviaria, tanto de línea como de terminales, para preservar la RFIG en condiciones de seguridad y operatividad adecuadas.

El subsistema se ha estructurado en cuatro subsistemas **eléctrico —N(-9)/3—, mecánico—N(-9)/4—, vía y obras—N(-9)/5— y comunicaciones—N(-9)/6—**. Señalaremos que el subsistema comunicaciones incluye, además de la telefonía, los sistemas informáticos, su hardware y su software, así como las conexiones a redes. Cada uno de ellos, incluiría tres subsistemas el correctivo, el preventivo y el predictivo que no se han incorporado al esquema por motivos de espacio.

El primero, que tiene como función reparar las averías a medida que se van produciendo. El segundo, que hace referencia al conjunto de operaciones que definen cada una de las intervenciones de mantenimiento y vigilancia que deben realizarse sobre los distintos elementos, así como la frecuencia, durante toda su vida útil. El tercero, cuyo objetivo es conservar, en el estado requerido durante su validación, las características técnicas que, en materia de seguridad, fiabilidad, operatividad y, si es el

caso, interoperabilidad. Sus salidas son precisamente esas actuaciones que, a su vez, son entradas al subsistema mencionado, que a su vez es una utilidad o servicio para el administrador.

El subsistema **operaciones**—**N (-8)/6**—, es también típicamente ferroviario. Como recursos podemos incluir documentación técnica, puestos de mando y de C.T.C., aplicaciones de gestión de trenes (GTRENES: gestión de trenes, SIGES: gestión de trenes especiales), etc. Incluye tanto el subsistema de **circulación**—**N (-9)/1**— como el de **terminales y estaciones**—**N(-9)/2**—, si bien, su gestión no alcanza al interior de las terminales de mercancías (ver figuras 5-11 y 5-12, pp. 363 y 364).

Entre las funciones principales del subsistema de circulación, destacaremos la programación, adjudicación y gestión del tráfico ferroviario. También la utilización de las instalaciones necesarias para la gestión del tráfico de forma segura, la edición y generación de la documentación reglamentaria necesaria para la circulación de los trenes y la provisión de la información que necesiten las empresas ferroviarias para la circulación de sus trenes. Se han incluido en este subsistema los subsistemas análisis y programación, asignación de surcos y gestión y regulación.

El subsistema de **análisis y programación—N (-10)/1—**tiene como función establecer el Plan Anual de Transporte[224] del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias. Para ello, deberá analizar y programar los surcos regulares para la circulación de los trenes que solicitan los operadores de transporte, manteniendo los requisitos demandados por ellos y cumpliendo, además, los compromisos de calidad y responsabilidad social corporativa.

El proceso de análisis del Plan Anual de Transporte, toma en consideración, entre otros elementos de las líneas, las características del trazado, el equipamiento, las capacidades, la banda horaria de mantenimiento programado, las obras y renovaciones, las precauciones de larga duración y, además, las características de los trenes, como la naturaleza de la carga, la velocidad máxima, el tipo de locomotora necesaria, etc. Posteriormente, mediante el proceso de programación se identifican los surcos posibles y se programa la Malla de transporte [225].

De ambos procesos surge un conjunto de documentación reglamentaria que hace posible la circulación de los trenes, como, los Libros Horarios, los Cuadros de Cargas Máximas, los Cuadros de Velocidades Máximas, las Órdenes de Circulación Serie A y Serie B, las Consignas Serie A y Serie B, etc. Cuando un operador de transporte solicita un surco o franja horaria[226], el subsistema de **asignación de surcos —N (-10)/2—**pone en marcha un proceso que en primer lugar solicita al subsistema anterior si existe dicha capacidad y, si existe, en segundo lugar, se produce la inserción en la Malla y un ajuste técnico de la misma, asignándosele[227] el mencionado surco.

---

[224] Plan Anual de Transporte: Conjunto de operaciones planificadas de manera estable (surcos regulares) por una Empresa Ferroviaria u otros Candidatos, encaminadas a la prestación de servicios de transporte, asociadas a una asignación de surcos y de recursos técnicos y humanos. El conjunto de surcos regulares integra el Horario de Servicio, se establece entre el segundo domingo de diciembre y el segundo sábado de diciembre del año siguiente. Para que las Empresas Ferroviarias y Candidatos adecuen sus servicios a la demanda, o para mejorar la calidad de los surcos el mencionado Horario. Puede ser modificado por el Gestor de Capacidades mediante ajustes concertados con las mismas.

[225] La Malla es un gráfico de la circulación de los trenes en el espacio y en el tiempo, confeccionado con la aplicación Mallas. Puede ser teórica o real, como resultado del proceso de programación, en el primer caso, o en función de la circulación diaria real de los trenes.

[226] Surco o franja horaria es la capacidad de infraestructura necesaria para que un tren circule entre dos puntos en un periodo de tiempo determinado.

[227] Los modelos técnicos de asignación de surcos dependen de las características del tráfico, pueden ser de tres clases: Libre, Integral-Pregrafíado e Integral-Cadenciado.

Para la circulación del tren, según el nuevo modelo ferroviario español (y otros países europeos), será el operador de transporte el encargado de asignar el material, la locomotora y el maquinista, como se verá más adelante al tratar el subsistema del operador. Por último, el subsistema de **gestión y regulación —N (-10)/3—** tendrá la función organizar la explotación de la Red con eficiencia y calidad, desde el punto de vista de la circulación de los trenes.

Para ello, debe optimizar la capacidad de infraestructura existente y la puntualidad[228], mediante la dirección y coordinación del tráfico ferroviario de forma segura y regular, y el control de los procesos y decisiones relacionados con la circulación.

Actualmente se están construyendo terminales de última generación, automatizadas, con enclavamiento electrónico y con vías de longitudes superiores a los 750 m. El objetivo de la longitud de vías más largas es la "producción" de trenes con parámetros de carga más elevados, lo que implica trenes más largos. Esto es un problema añadido para la regulación de los trenes, porque en líneas de vía única el cruce de trenes de distinto sentido en estaciones pequeñas de la línea es difícil, puesto que las vías desviadas, donde se aparta el tren de menor preferencia (o a cualquier tren por cuestiones de malla)[229] para permitir el paso por vía directa al de mayor preferencia (para trenes directos sin parada), no tienen esa longitud.

Antes de la puesta en circulación de los trenes, es gestión quien recibe de las terminales información de la composición de los trenes y algunas otras características necesarias para la inserción de los trenes en la malla; la terminal, recibe de gestión indicaciones sobre el número de tren y, en caso de alguna perturbación de la circulación por obras, mantenimiento, accidente, etc., sobre el itinerario a seguir.

Por otra parte, una vez está dispuesto el tren para su expedición, la terminal solicita a regulación autorización para su puesta en circulación. A partir de su expedición, es regulación quien organiza y coordina con las terminales y maquinistas la circulación de los trenes en su demarcación. Este subsistema cuenta con sistemas de integración con otros sistemas básicos para el control y gestión del tráfico, como por ejemplo, SITRA, que es un sistema para la planificación, gestión, seguimiento en tiempo real y control de la circulación de trenes.

El otro subsistema del sistema de operaciones, como se ha dicho anteriormente**,** es **terminales y estaciones**—**N (-9)/2**—. Tiene como función última, es decir, como salida del subsistema (utilidad o servicio), la expedición y recepción de trenes, después de realizarse una serie de procesos en su interior, resultado, a su vez de otros subprocesos, que corresponderían a las salidas de los subsistemas representados del nivel N(-10)/4 a 9. (ver figuras 5-10 y 5-11, pp. 362 y 363).

Señalaremos además, que parte de las salidas del subsistema energía—N(-8)/7—son a su vez, entre otros, recursos o entradas al subsistema terminales y estaciones,

---

El procedimiento de adjudicación de capacidad está establecido en la Orden FOM/897/2005 de 7 de abril. Se pude solicitar mediante las herramientas informáticas, SIPSOR y PATFINDER, la primera, para surcos ocasionales (TRENDIA) y regulares (SERVITREN), y la segunda, para surcos internacionales. Estos últimos también a través de la ventanilla única (OSS, *OneStopShop*) de Adif o de cualquier OSS de la red de ventanillas únicas de *Rail Net Europe* (RNE).

[228] En la Actualización de Declaración sobre la Red 2012, (p. 112) se dice que tendrán preferencia los trenes que hayan obtenido capacidad frente a los trenes que no la hayan reservado. También se dice que tendrán preferencia los trenes que circulan en su surco frente a aquellos que circulen retrasados con el objeto de minimizar la propagación de retrasos a la malla (contaminación de la malla).

[229] Los trenes de mayor preferencia son los que circulan en su surco. De los que no lo hacen tienen preferencia los que tienen menos tiempo recuperable en su surco (por ejemplo, paradas técnicas).

además de al subsistema de infraestructuras e instalaciones —N(-8)/4—, concretamente al subsistema de electrificación—N(-13)/15—, subsistema subestaciones —N(-14)20—; también, algunas de las salidas son entradas al subsistema servicios logísticos—N(-8)/8—.

La figura del subsistema terminales y estaciones hace referencia a una terminal/estación intermodal ferrocarril-carretera tipo. En el caso de tratarse de una terminal marítima (trimodal), sería perfectamente aplicable, pero a los accesos habría que añadirle la línea de atraque de los buques, puesto que en muchos puertos el ferrocarril accede hasta ella. También, si el ferrocarril no llega hasta el puerto o no existen suficientes instalaciones por problemas de espacio para las infraestructuras ferroviarias, se utilizan estaciones de apoyo, a la que llegan los camiones procedentes desde el puerto, o acceden a él, para realizar las operaciones de carga y descarga.

Puntualizaremos, no obstante, que en las líneas de atraque hay instalaciones de almacenaje, campas o depósitos, puesto que la capacidad de un buque es muy superior a las de los trenes y son necesarios muchos trenes para abastecer o absorber la carga de un buque. Además, las mercancías internacionales han de realizar trámites y pasar inspecciones de aduanas. Mientras tanto, permanecen en los depósitos aduaneros, con un determinado tipo de régimen aduanero hasta su expedición (almacén de depósito temporal, ADT; depósito distinto del aduanero. DDA; régimen aduanero en tránsito, RAT; etc.).

De los seis subsistemas del subsistema terminales y estaciones, citamos en primer lugar el subsistema de **control de operaciones —N (-10)/9—**. Es el punto neurálgico del subsistema terminales y estaciones —N (-9)/2—, porque los procesos de toma de decisiones, regulación y control, sobre todos los subsistemas y procesos que se desarrollan en ellos, están centralizados en él.

Por su parte, el subsistema **locomotora de maniobras—N(-10)/7—**, esta formado por una pequeña locomotora (o varias) que en las grandes terminales realiza las funciones de clasificación, formación, apartado y servidumbre en derivaciones, para trenes y vagones. Es un recurso o entrada a los subsistemas —N(-10)/8— y —N(-10)/10, respectivamente. Hasta hace unos pocos años realizaban exclusivamente las maniobras dentro de la terminal (hasta la zona de maniobras en plena vía[230]). Actualmente, ante las necesidades de atender la zona de influencia de la terminal, salen a plena vía y circulan por la red, si bien en trayectos de poco recorrido. Es por esta razón que fue necesario incrementar la potencia de diseño de la locomotora para poder arrastrar trenes[231].

---

[230] Término ferroviario que hace referencia a la parte de la vía comprendida entre las señales de entrada o postes de punto protegido de dos estaciones colaterales (contiguas).

Poste de punto protegido: señal fija indicadora instalada en la entrada de las estaciones sin señal de entrada.

[231] A partir del primer contrato programa entre RENFE y el Estado de 1979 se realizó un plan de modernización en los años 80 del pasado siglo, buscando la rentabilidad económica, entre otras cuestiones. Surge, el prototipo de locomotora “Mabi”, por las iniciales de las tres empresas participantes (MTM, Atienza y Babcock&Wilcox).

Así, se pasó de una potencia de de los tractores de maniobras de 450 Kw (serie 309) a principios de la década señalada, a los 598 Kw (serie 310) a finales de la mencionada década. En la década posterior, como resultado de los prototipos anteriores y su producción a gran escala, entra en servicio la serie 311 con 785 Kw de potencia nominal (UIC), un esfuerzo de tractor (arranque/frenado) de 250/120 kN y una velocidad de 90 km/h. Es una locomotora mixta, es decir, apta para realizar maniobras con gran capacidad de arrastre y para salir a la línea.

Entre sus características técnicas destacaremos que es diesel-eléctrica, con disposición de los ejes en una configuración Bo'Bo' (Bogie 2 ejes-Bogie 2 ejes), tiene transmisión eléctrica alterna/alterna y 4 motores de tracción trifásicos asíncronos. No puede suministrar calefacción

Con la entrada en vigor de Ley del Sector Ferroviario del año 2005 en que se separaron las infraestructuras de su explotación, Renfe Operadora cedió a Adif estas locomotoras de maniobras. Proviene del subsistema de estructura de vía, del subsistema operador de transporte (vehículos).

Recordaremos que Adif no fabrica material móvil ferroviario ni posee entre sus activos las locomotoras de línea para su explotación. El siguiente subsistema es la **estructura de vía Origen-Terminal-Destino—N(-10)/8—**, la función de este subsistema coincide, básicamente, con la que hemos visto anteriormente en el subsistema infraestructuras e instalaciones —N(-8)/4—, terminales y estaciones —N(-9)/2—, Estructura de vía —N(-10)—. Sin embargo, con el encadenado de términos origen, terminal, destino, se pretende significar más el proceso de transporte y de maniobras en la terminal.

Las entradas a este subsistema, además de los recursos y necesidades como en todos los subsistemas, son los vehículos (línea azul discontinua), locomotoras y vagones, es decir, trenes cuando interactúan los dos, que el operador de transporte "sitúa" sobre la vía en las terminales y la energía necesaria para su funcionamiento.

El subsistema **energía—N(-8)/7—**, consta de dos subsistemas, según el tipo de energía de fuentes secundarias que suministra, **eléctrica—N(-9)/3—** y **diesel—N(-9)/4—** para el funcionamiento de los motores de las locomotoras. Así, las salidas de cada uno de ellos, que serán entradas al subsistema terminales —N(-9)/2—, corresponderán, respectivamente, a energía eléctrica, que las locomotoras eléctricas toman de la catenaria, o a energía química del gas oil (combustión), que las locomotoras diesel toman en los puntos de repostaje, dentro de algunas terminales.

Las salidas del subsistema estructura de vía Origen-Terminal-Destino—N(-10)/8— serán igualmente los trenes, después de haberse producido todos los procesos (operaciones) dentro de la terminal necesarios para su expedición. Los flujos de salida de este subsistema, es decir, los trenes, son entradas a los subsistemas netamente ferroviarios (con vías); se representan con una línea roja continua. Con esta misma línea representamos los flujos de maniobras entre los subsistemas de niveles más bajos.

El subsistema estructura de vía Origen-Terminal-Destino—N(-10)/8—, se ha estructurado en tres subsistemas. El primero lo hemos denominado **generales —N(-11)/1—**, porque son vías de comunicación que articulan el territorio entre dos puntos canalizando el flujos de trenes y es un término ferroviario conocido. Su función es conectar las terminales y estaciones de una línea férrea, son las vías principales no las vías interiores de las mismas (vías de servicio).

Cuando los trenes entran dentro de las terminales o estaciones (desde vías generales por vía desviada a vías interiores de servicio), encontramos el subsistema **llegada de trenes —N (-11)/2—**. Corresponde a las vías de llegada de los trenes, donde tiene lugar el proceso de operaciones asociadas a la recepción[232]. Al finalizar comienza el proceso de maniobras, situando la composición de llegada en las vías de clasificación,

al tren o circular en mando múltiple (dispositivo que permite la conducción de varias locomotoras (o automotores) desde un único puesto de conducción.

[232] Se trata de un servicio complementario (SC-1). (Artículo nº 40, Ley 39/2003 de 17 de noviembre, *Ley del sector ferroviario*, modificada por Ley 25/2009, de 22 de diciembre, *Ley Ómnibus*). Puede ser realizado por Adif o por empresas prestadoras provistas del preceptivo título habilitante otorgado por dicho administrador. Artículo nº 24, Ley 25/2009, de 22 de diciembre (*Ley Ómnibus*).

Las operaciones son, entre otras, desacople y apartado de locomotora, retirada de señales de cola, recepción de la documentación comercial y de circulación, confrontación de la composición, etc, en las llegadas, y en las salidas, las operaciones contrarias.

subsistema maniobras de clasificación de trenes N(-12)/1, o en las vías de estacionamiento, subsistema estacionamiento-apartado[233] de trenes N(-11)/4.

Por último, el subsistema **salida de trenes —N(-11)/3—**, corresponde a las vías de salida de los trenes donde tienen lugar el proceso de operaciones asociadas a la salida del tren. Se expide una situada la composición de salida procedente de las vías de clasificación, subsistema maniobras de formación de trenes N(-12)/2**,** o de las vías de estacionamiento.

Puntualizaremos que puede haber terminales diseñadas por zonas (llegadas, clasificación, estacionamiento, carga y descarga, salidas), con sus respectivos haces de vías; o bien, diseñadas de tal forma que puedan utilizarse indistintamente los haces de vía para los procesos señalados, salvo algunas vías del haz de carga y descarga utilizadas exclusivamente para este proceso.

En el subsistema **maniobras de clasificación de trenes —N(-12)/1—**, se produce el proceso de desconsolidación o descomposición del tren de llegada[234]. Para ello, la brigada encargada de las maniobras, utilizando la tracción de la locomotora de maniobras, clasifica los vagones por destinos, lotes, clientes, etc., agrupándolos en las vías de estacionamiento.

Si trata de formar ("producir") un tren se salida, el proceso lo realiza el subsistema **maniobras de formación de trenes —N (-12)/2—**, que puede coincidir con el anterior, puesto que es posible realizar simultáneamente los dos procesos, o bien, ir a buscar la composición a las vías de estacionamiento para situarla en las vías de salida. El subsistema **estacionamiento-apartado[235] de trenes —N (-11)/4—**, además de lo dicho anteriormente, tiene otras funciones y se desarrollan otros procesos, que en nuestra opinión, son fundamentales en la interacción de los subsistemas productivo y de transporte. Nos referimos al servicio de entrega o recogida de material, tanto cargado como vacío, del subsistema **derivaciones particulares —N (-12)/3—**, que hemos discriminado en dos subsistemas.

Este subsistema corresponde a una infraestructura ferroviaria de titularidad pública o privada, consistente en una instalación de vías para la carga, descarga y estacionamiento de vagones con enlace a una línea o ramal mediante una o más agujas. Pueden estar en plena vía, o bien, estar en el ámbito de la terminal o estación (dentro de sus señales de entrada), en que el mencionado ramal las conecta a dicha terminal o estación.

El primero, entrega y recogida en las derivaciones a **empresas—N(-13)/1—**, se trata de una vía que entra en las instalaciones de las propias empresas, son apartaderos privados. Una vez dentro, si dispone de locomotora de maniobras (de poca potencia), el personal habilitado de la misma empresa la que realiza las operaciones de situar o mover el material para su carga y descarga. Si no dispone de ella, o no es necesaria para las operaciones, se sitúa el material en los muelles o lugares determinados para las operaciones de carga y descarga.

El segundo, **polígonos industriales—N(-13)/2—**es similar al anterior pero son varias empresas y operadores logísticos los que tienen acceso al apartadero. En la terminal o

---

[233] El concepto de apartado es distinto del de estacionamiento, dado que el material apartado habitualmente permanece largos periodos de tiempo, por diversas causas, como la estacionalidad de los tráficos, la espera para su desgüace, etc.

[234] Una vía muy utilizada en el proceso es la "vía mango", que es una vía muerta que sirve para apartar locomotoras y vagones durante el proceso de maniobras, o para acceder el corte de material a otras vías de clasificación. La vía finaliza con una topera, generalmente de hormigón, que es un elemento de protección de la vía para que los vehículos no se salgan al final de ella.

[235] El concepto de estacionamiento hace referencia a la parada de trenes en espera de maquinista, locomotora para un material ya formado para su salida, material de otro tren para su incorporación a otro, condiciones de regulación, circulación, etc.

estación, propiamente dicha, la entrada de los flujos de camiones y vehículos pesados (cabeza tractora y remolque), y las mercancías, se produce a través del subsistema **accesos y control—N(-10)/12—**, y bien, acceden directamente por el subsistema **viales—N(-11)/9—**, o si existen tiempos de espera[236] por cualquier causa (tramites, documentación, saturación, etc.), acceden al subsistema **aparcamiento de pesados—N(-11)/10—** , para posteriormente, a través del subsistema viales acceder al subsistema playas-muelles de carga y descarga.

La salida de estos flujos, una vez se ha producido la carga (cargados) o descarga (vacíos), se realiza hacia el subsistema vial, saliendo del subsistema ferroviario, de forma intermodal, al subsistema carretero. Indicaremos que en el caso del modo marítimo, las entradas salidas de mercancías se pueden realizar desde la misma línea de atraque de los barcos, en algunos puertos y para ciertas mercancías, como por ejemplo los graneles líquidos. También desde el subsistema almacenaje—N(-12)/6—, lo que es muy habitual por la diferencia de volumen de carga transportada entre un barco y el ferrocarril, dado que es necesario completar muchos trenes para absorber esta diferencia.

En cuanto a los procesos de carga y descarga se producen en el subsistema **playas-muelles de carga y descarga—N(-10)/10—**donde se relacionan e interactúan diversos subsistemas, debido a que las entradas al sistema son de diversa naturaleza. Tenemos los recursos que el administrador provee, a través de la terminal, para realizar las funciones y procesos, entre ellos, las salidas del subsistema **equipamiento—N(-10)/11—,** los flujos de vehículos carreteros y ferroviarios, tanto en cargado como en vacío, y los flujos de mercancías.

También, señalaremos que los flujos de mercancías desde el modo carretera, pueden entrar a las playas-muelles de carga y descarga desde dos subsistemas, directamente, a través del subsistema **accesos y control—N(-10)/12**—, en los camiones y vehículos pesados para su carga inmediata, si las mercancías no están almacenadas o no requieren almacenaje (por ejemplo depósitos aduaneros), o bien desde el del subsistema **almacenaje—N(-12)/6**. Pueden darse casos en los que exista un solapamiento, espacial y funcional, entre los subsistemas playa-muelles de carga y descarga, y almacenaje, como por ejemplo en los contenedores.

En cuanto a las salidas del subsistema playas-muelles de carga y descarga, también son de diversa naturaleza. El servicio o utilidad que se presta a la terminal/administrador (línea verde continua), los flujos de vehículos carreteros y ferroviarios tanto en cargado como en vacío y los flujos de mercancías. Los flujos están representados por la línea roja discontinua, el carretero, por la línea roja continua, el ferroviario, que corresponde a trenes y maniobras, con los consiguientes vagones, y, por ultimo, la línea continua-discontinua a las mercancías.

La estructura de los subsistemas del subsistema playas-muelles de carga y descarga estará en función del tipo y naturaleza de las mercancías que se manipulan, porque dependiendo de la mercancía que se cargue y descargue en cada zona, los procesos, las instalaciones logísticas y los elementos de manipulación serán distintos. Para realizar el proceso de carga y descarga en el subsistema es necesario el subsistema **elementos de manipulación—N (-11)/7—**. Puntualizaremos, como hemos señalado

---

[236] Sería muy interesante y necesario el estudio de la capacidad del subsistema de operaciones de terminales y estaciones, tanto para la entrada de camiones y vehículos pesados, como de trenes, así como la capacidad de operaciones de maniobras. La aplicación de la Teoría de Líneas de Espera o Colas, podría ser de gran ayuda para poder establecer el volumen máximo de tráfico, carretero y ferroviario, que puede admitir el subsistema.

Otro aspecto relacionado con los accesos que sería necesario estudiar, desde el punto de vista de la intermodalidad ferroviaria-carretera, correspondería al subsistema carretera, es decir, cómo son las conexiones externas de acceso al subsistema ferroviario. Su número, calidad, capacidad, la conectividad y accesibilidad a otros puntos del territorio, etc.

anteriormente, que este proceso puede llevarse a cabo también en el subsistema almacenaje—N (-12)/6, que veremos a continuación.

Los elementos de manipulación como hemos dicho, variarán dependiendo del tipo de mercancía y su naturaleza. Entre los distintos elementos de manipulación es posible encontrar grúas pórtico, grúas móviles telescópicos (*reach-stackers*), carretillas elevadoras de contenedores tipo *straddle* (horcaja), gatos hidráulicos para contenedores, grúas móviles con cuchara, carretillas con distintos tipos de horquilla, cintas transportadoras o tornillos sinfín, rampas, camas hidráulicas para la carga de pallets, bombas extractoras e instalaciones de canalización de graneles líquidos, etc.

Hemos hecho referencia varias veces al subsistema de **almacenaje—N(-12)/6—**, pertenece al subsistema **instalaciones logísticas—N(-11)/8—**. Los subsistemas se estructurarán en función de los tipos de mercancía y sus condiciones de conservación y manipulación. Las entradas a cada uno de los subsistemas lo constituyen, además de los recursos asignados a cada uno de ellos, los flujos de mercancías. Las salidas son los flujos de mercancías. El lugar habitual de almacenaje de los contenedores es el subsistema **playa de estocaje—N (-13)/3—**, aunque también existen los denominados *depots*.

Si bien, no solo son lugares donde se almacenan contenedores, sino también donde se inspeccionan técnicamente cada uno de ellos y se les hace una puesta a punto, consiguiendo la idoneidad, para seguir circulando en tráfico internacional.

En el subsistema acceso, hay situados lectores de matrícula de los contenedores cargados en los camiones que vuelcan la información al sistema informatico, agilizando los procesos administrativos y la gestión. Señalaremos que para las cajas móviles también es válido el sistema. No obstante es problemático en el caso de los contenedores por la coexistencia de un código de matriculación antiguo y otro moderno, y en el caso de las cajas móviles por no estar suficientemente estandarizada su identificación entre países.

Los contenedores son descargados y depositados en la playa de estocaje, bien porque esperan su cargue, o bien, porque al cliente le interesa mantenerlos en stock durante un tiempo. En las terminales más modernas del mundo de gran extensión existen sistemas automáticos de posicionamiento de los contenedores basados en la localización vía satélite, con lo que se hace más eficiente el proceso de estocaje.

Con la aparición de los precintos electrónicos se está sustituyendo el sistema GPS mucho más caro. Estos dispositivos cuentan con un pequeño transmisor de señal, que lo hace identificable por una antena en forma automática, es decir que constantemente está emitiendo como mínimo la señal de su presencia. Para localizar los contenedores se emplean coordenadas definidas que determinan su posición en una celda, realizándose la búsqueda visual por medio de un zoom que se va reduciendo la zona en cuestión hasta llegar a la información de un contenedor en particular.

A esta función se le puede añadir una amplia gama de posibilidades de interconexión con sensores capaces de controlar temperatura, humedad, vibraciones, etc. Para otras mercancías son necesarios los almacenes propiamente dichos, representados en el subsistema **almacenes y depósitos —N(-13)/4—** . Un tipo de almacén que destacaremos es el de temperatura controlada para productos perecederos, porque actualmente, son fundamentales para el segmento de distribución asociado a la logística del frío, con grandes volúmenes y altas rotaciones de productos.

En estos almacenes en todo momento se monitoriza la temperatura, controlando que dicha temperatura permanezca dentro de los límites marcados por el cliente, para que los productos conserven su calidad hasta llegar a los puntos de consumo. Para las mercancías líquidas el almacenaje se realiza en recipientes de gran capacidad (varios miles de m^3) en el subsistema que hemos denominado **tanques—N (-13)/5—**, en los que se almacena combustibles y gases licuados, se encuentran en derivaciones

particulares, y si se trata de tráfico marítimo en las terminales marítimas de carga y descarga de esos productos.

Los graneles sólidos se almacenan en el subsistema **silos/naves—N (-13)/6—** los depósitos, pueden estar a la intemperie (carbón) o en naves sin pilares, dependiendo de las características de las mercancías (condiciones climáticas, polución, toxicidad, etc). Los silos son elementos especializados para mercancías como el cereal o el cemento. La carga de los vagones está automatizada utilizándose tolvas reguladoras.

El último subsistema **campas —N (-13)/7—** está relacionado con los automóviles. Son centros a la intemperie para almacenaje de vehículos, donde además, se suministran servicios de valor añadido a los vehículos. Algunas pertenecen a los propios operadores de transporte terrestres. Señalaremos, por su importancia actual, que las campas son un subsistema intermodal de transporte que interactúa con el subsistema logístico de distribución física.

Desde el punto de vista del transporte y la logística, por una parte generan economías de escala, puesto que concentran en grandes superficies, elevadas cantidades de vehículos (demanda nacional de los fabricantes e importación) para su posterior distribución a los distintos concesionarios locales y, por otra, permiten agrupar vehículos de distintos fabricantes nacionales con objeto de confeccionar trenes conjuntos con destino a los principales mercados de exportación o a los puertos desde dónde se sirve.

Señalaremos por último, para el conjunto del subsistema **operaciones —N(-8)/6—**, que se están desarrollando nuevos modelos de gestión en las instalaciones logísticas, para mejorar la eficiencia del sistema, como son la gestión directa, la gestión integral, la gestión por sociedades y la auto-prestación[237].

Ante la liberalización del transporte de mercancías, con la llegada de operadores privados, y la entrada en vigor de la ley Ómnibus (ver anexo 8), con figuras jurídicas nuevas como, por ejemplo, los contratos de explotación y las concesiones, se ha abierto una nueva etapa que establece nuevas relaciones entre las esferas pública y privada, como son la colaboración público-privada (CPP), la asociación público-privada (APP) y la participación pública-privada (PPP).

Algunas de estas relaciones se han aplicado en innumerables ocasiones en el pasado en distintos países. La novedad del modelo actual radica en la aplicación de los métodos de evaluación, estructuración y control de los proyectos, y en la asignación de riesgos. Así, se estructurará el proyecto entre los sectores público y privado de la forma más adecuada, que se desarrollará poniendo en marcha la licitación, seleccionando el mejor contratista y adoptando mecanismos de regulación y control para el futuro. El objetivo es que sea el sector privado el que acometa alguna de las tareas de diseño, construcción, mantenimiento, gestión y financiación de infraestructuras, transfiriéndole buena parte de los riesgos y responsabilidades a dicho sector. Sin embargo, la Administración mantendrá las potestades de control y regulación de la actividad del sector privado.

El último subsistema del administrador de infraestructuras es **servicios logísticos**—**N (-8)/8—**, que agrupa en las terminales y estaciones los servicios necesarios para

[237] Gestión directa: prestación de los servicios a las Empresas Ferroviarias, bien con recursos propios o con contratos de servicios específicos con empresas debidamente habilitadas. Gestión integral: prestación de los Servicios Complementarios y Auxiliares a las Empresas Ferroviarias, por empresas habilitadas que cuenten con la preceptiva autorización, en régimen de exclusividad de la instalación. Gestión por sociedades: encomienda la gestión completa de una instalación a una sociedad para la prestación de los Servicios Complementarios y Auxiliares, su explotación y desarrollo logístico. Esta sociedad estará participada por Adif. Autoprestación: prestación de los Servicios Complementarios y Auxiliares a las Empresas Ferroviarias, por empresas habilitadas que cuenten con la preceptiva autorización, en régimen de exclusividad de la instalación, o por las propias Empresas Ferroviarias.

satisfacer las necesidades de manipulación y almacenaje asociadas al transporte demandadas por los clientes. Las funciones del subsistema son proveer servicios logísticos de calidad, en función de las necesidades de los clientes, que integren y añadan valor a los diversos procesos logísticos de sus cadenas de suministro.

Parte de las salidas del subsistema también son entradas al subsistema terminales y estaciones. La estructura del subsistema esta compuesta por tres subsistemas, desarrollo comercial y prestación de servicios—N (-9)/5—, atención al cliente—N (-9)/6— y colaboraciones y coordinación—N(-9)/7—. El subsistema **desarrollo comercial y prestación de servicios—N (-9)/5—** cobra especial relevancia actualmente con el nuevo modelo ferroviario que empezó a cambiar el uno de enero de 2005. Se caracteriza por la liberalización y la presencia de múltiples clientes, lo que exige una nueva orientación comercial en cuanto a los servicios logísticos.

Más aún, los nuevos modelos de gestión[238] implantados en algunas terminales y estaciones, así como la entrada en vigor de la denominada *Ley Ómnibus* (Ley 25/2009, de 22 de diciembre), hacen necesario, caso de solicitarlo y si reúnen las habilitaciones pertinentes, poner a disposición de los clientes los espacios logísticos y las instalaciones o medios que necesiten.

Los compromisos de calidad en el servicio obligan a cumplir escrupulosamente con los tiempos de entrega y a poner a disposición de los clientes el material y las mercancías en óptimas condiciones, también a utilizar los medios para la manipulación correcta de los materiales. Caso de no ser así es necesario atender sus reclamaciones con amabilidad, corrección y celeridad.

Los subsistemas de su estructura, **adicionales—N(-10)/4—**, **complementarios—N(-10)/5—** y **auxiliares—N(-10)/6**—, son entradas al subsistema terminales y estaciones. Se verán en un último subsistema, terminales intermodales, todos los servicios logísticos agrupados, tanto del administrador como de los operadores de transporte y logístico.

Sobre el subsistema **atención al cliente—N (-9)/6—**, señalaremos que el principal objetivo de cualquier empresa y, más aún, de una de servicios de transporte, en este caso asignación de capacidades y servicios logísticos, es conocer y entender a los clientes, de tal manera, que el producto o servicio pueda ser definido y ajustado a sus necesidades con el objetivo de satisfacerlo con la máxima calidad.

Pero además, el cliente ha de percibir que es atendido en sus consultas y reclamaciones con empatía, la atención adecuada y de forma individualizada por un único interlocutor habitual. También es muy importante que tenga cualidades como la cortesía, la confianza, la simpatía, y el conocimiento del sector y de ambas empresas, la prestadora de los servios y la del propio cliente.

La buena calidad en la atención al cliente y en la prestación de los servicios transporte contratados es la piedra angular del su negocio, tanto para el administrador de la infraestructura, como para los operadores de transporte y logísticos. Por último el subsistema **colaboraciones y coordinación—N (-9)/7—**hace referencia a un aspecto fundamental para, junto con otras medidas, lograr la máxima eficiencia en los sistemas de transporte y logístico.

Es absolutamente necesario que todos los agentes implicados en las cadenas de suministro de los clientes colaboren y coordinen, tanto las operaciones como la información para el buen desarrollo de los servicios de transporte y logísticos.

Con las relaciones e interacciones de ambos subsistemas, transporte y logístico, la prestación de los servios adquiere un enfoque integral, con el consiguiente incremento

[238] Uno de las nuevas figuras contempladas en la Ley Ómnibus es la autoprestación, entendida como la prestación de servicios complementarios y auxiliares por empresas ferroviarias y candidatos titulares de material rodante que los realizan para sí mismos.

del alcance geográfico de los envíos, de la calidad y de la eficiencia de ambos subsistemas. La colaboración y coordinación de los administradores de infraestructura entre sí, y con los operadores de transporte y logísticos, tiene como resultado el alargamiento de las cadenas de transporte y de suministro de los clientes, pudiendo incrementar su eficacia y sin perder eficiencia.

Por otra parte, es conocido que un elemento fundamental en el sistema de transporte es el subsistema portuario, y su interacción con el subsistema ferroviario en ciertos puntos nodales, los puertos, de la superred de transporte. La interacción se produce con mayor intensidad, como ya se ha dicho, en los nodos más importantes, que son las puertas de entrada a los territorios (*gateway*). Por ello, destacaremos, en nuestro país, la colaboración entre Adif y Puertos del Estado, desarrollada por el Convenio Marco firmado entre ambos el 31 de diciembre de 2005, en el que se regulan todos los aspectos de la interacción entre los dos subsistemas conforme determina la *Ley del sector Ferroviario* y la *Ley de Puertos*.

Mediante acuerdos marcos entre Adif y los distintos puertos, con muchos de ellos ya realizados, se les ha otorgado la gestión de las líneas férreas dentro de los puertos con las mismas competencias de administrador de infraestructuras que a Adif (también reguladas por la *Ley Ómnibus*).

N (-7)/2 Operador de transporte ferroviario

Actualmente, con la liberalización del sector y desde la entrada en vigor de la ley del sector ferroviario el 1 de enero de 2005, además de Renfe Operadora, una de las dos empresas surgidas junto con Adif, han entrado al mercado algunos operadores privados, en total son 12 operadores con licencia de empresa ferroviaria y uno en trámite (a 9 de abril de 2010).

Aún estamos lejos de Alemania con 351 o Gran Bretaña con 56. Otras 6 empresas operadoras cuentan con habilitación de adjudicación de capacidad. La actividad de los operadores de transporte ferroviario se centra en la prestación de servicios de transporte de mercancías, que ha de ser con seguridad y con criterios de calidad, sostenibilidad medioambiental, eficiencia, rentabilidad e innovación, desarrollando su actividad orientadaza al cliente (empresas de producción y logísticas de distribución y consumo), con el claro objetivo de la rentabilidad económica.

A. **Funciones**

Prestar servicios de transporte de mercancías, incluyendo tracción y material móvil. Pueden asimismo, como resultado de alianzas y participaciones con operadores logísticos, ofrecer servicios logísticos.

B. **Estructura, entradas y salidas**

Como ya se ha dicho en el caso del administrador de infraestructuras —N (-7)/3—, en general, con mayor o menor profundidad y exactitud, o con pequeñas correcciones, la estructura del sistema de cualquier operador de transporte ferroviario puede representarse como aparecen en las cinco figuras siguientes (ver figuras 5-13, 5-14, 5-15, 5-16 y 5-17, pp 364 a 368). Por lo que respecta a las entradas, se ha considerado genéricamente que son las necesidades del sistema de actividad, en el conjunto del sistema territorial, las que posibilitan y dirigen la entrada de recursos al sistema (línea azul continua).

Sin embargo, a diferencia del administrador, son provistos por el subsistema económico, es decir, por las empresas (operadores) que explotarán el subsistema, pero también son organizados y distribuidos entre los subsistemas del subsistema operador por el subsistema de gestión.

En cuanto a las salidas, también se ha considerado genéricamente, que corresponden a las utilidades y servicios prestados (funciones) por el subsistema en cuestión (línea verde continua), bien a otros subsistemas de su propio subsistema, o bienal

subsistema productivo. No obstante, a diferencia del administrador existe un flujo económico (rentabilidad) que puede determinar su permanencia en el mercado.

Todos los subsistemas retroalimentan con sus servicios y utilidades al subsistema Operador de Transporte para conformar un todo que corresponde con los servicios (funciones) que presta a los Operadores Logísticos —N (-7)/1— o los clientes directos. Los dos primeros subsistemas, del **Operador de Transporte** —**N (-7)/2**— son **gestión**—**N (-8)/1**— y **control** —**N (-8)/2**—, tienen muchas coincidencias con la del administrador, por lo que no repetiremos lo dicho, sin embargo, hay algunas diferencias importantes, puesto que, son las que disponen de material, locomotoras y vagones, a diferencia del administrador. Así, el subsistema **habilitaciones y certificaciones**—**N (-9)/5**—del subsistema de control, en cuanto a las habilitaciones[239] sí es muy distinto, puesto que el material, locomotoras, vagones y maquinistas—N(-10)/5 a 7—, así como, los centros de mantenimiento—N(-8)/7—deben estar habilitados por el Ministerio de Fomento para poder circular. También el personal debe estar en posesión de los títulos y habilitaciones necesarios para que puedan desarrollar sus funciones si están relacionadas con la seguridad, como por ejemplo los maquinistas, aunque también el personal que realice la clasificación, formación o carga de los trenes en los apartaderos privados.

En cuanto a las certificaciones es necesario que los operadores de transporte, al disponer de vehículos, gestionen su política ambiental con responsabilidad y respetando toda la normativa al respecto, obteniendo la Certificación medioambiental UNE-EN_ISO 14001:2004.

Por lo tanto en este subsistema, sus funciones son tramitar y conseguir dichas habilitaciones. Así que entre las entradas de recursos hay que considerar las citadas habilitaciones, y entre las salidas, la autorización para circular de los vehículos y la capacitación del personal para desarrollar sus funciones.

El siguiente subsistema es **I+D+i**—**N(-8)/3**— , que ya se diferencia del subsistema de I+D+i del administrador, no tanto por los objetivos estratégicos y sus entradas y salidas, sino por los objetivos particulares, dado que el objeto de interés es distinto, aunque obviamente existe una absoluta relación e interacción entre ambos subsistemas. El objeto de interés son los vehículos (locomotora y vagones), el mantenimiento de dichos vehículos y los procesos de innovación, tanto de los procesos asociados al servicio de trenes, como a los servicios logísticos.

De esta forma, podemos citar en cuanto a los vehículos, cuestiones como la armonización de la interfaz hombre-locomotora, los sistemas de propulsión, el control del sistema de frenado (recuperación energética), la fiabilidad de vehículos y

239 Orden FOM/233/2006 de 31 de enero, por la que se regulan las condiciones para la homologación del material rodante ferroviario y de los centros de mantenimiento; asimismo se fijan las cuantías de la tasa por la certificación de dicho material.

Orden FOM/2520/2006 de 27 de julio, por la que se determinan las condiciones para la obtención de títulos y habilitaciones que permiten el ejercicio de las funciones del personal ferroviario relacionadas con la seguridad, así como el régimen de los centros de formación de dicho personal y de los de valoración de su aptitud psicofísica

Ministerio de Fomento, Resolución de 10 de julio de 2009, de la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias, por la que se aprueba la Especificación Técnica de Homologación de Material Rodante Ferroviario: Vagones.

Ministerio de Fomento, Resolución de 10 de julio de 2009, de la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias, por la que se aprueba la Especificación Técnica de Homologación de Material Rodante Ferroviario: Locomotoras.

Ministerio de Fomento, Resolución de 19 de octubre de 2007, de la Dirección General de Ferrocarriles, por la que se aprueba la norma técnica NTC MA 001: Prescripciones técnicas de material rodante convencional.

componentes y su resistencia ante el choque. Es decir, hace referencia a diseños, a materiales, a sistemas de propulsión innovadores o a la optimización energética.

Actualmente, existen numerosas líneas de Investigación sobre estrategias predictivas para el mantenimiento de equipos ferroviarios y la reducción del número y distancia temporal de las operaciones de mantenimiento, especialmente el mantenimiento de los motores de las locomotoras. Es necesario desarrollar procesos y tecnología que permita de una forma sencilla la sensorización de variables predictivas, que evidencien el buen ó mal funcionamiento de cada subsistema y, sobre todo, la situación de su curva de probabilidad de fallos, es decir, como va deteriorándose la funcionalidad de dicho elemento.

Por último, sobre los servicios a trenes y logísticos, señalaremos que actualmente son necesarias las innovaciones en los procesos de transporte de mercancías, intermodal y multimodal, así como la investigación y aplicación de nuevas tecnologías y nuevos procesos operativos para dicho transporte, en mayor medida, si cabe, por las actuales necesidades logísticas de los clientes.

Es de destacar un proyecto pionero en el transporte ferroviario español, como es la implantación e implementación de la nueva "Plataforma Embarcada y Centro de Control para la explotación ferroviaria" que se instalará en todas las locomotoras de Renfe Operadora y que permitirá su visualización en un portal web a todos los operadores. El equipamiento a instalar en las locomotoras consistirá en un conjunto modular de ordenadores industriales montados en rack[240], realizando cada uno de los módulos una tarea específica.

Así, el módulo localizador/comunicaciones dispondrá de receptor GPS para localizar sobre un mapa los trenes en todo momento y elementos para la comunicación con el Centro de Gestión. El módulo CPU Principal realizará la gestión de todo el sistema e implementará el interfaz para el conductor que podrá mantener comunicación por voz y, enviar y recibir mensajes de voz y texto con el Centro de Control, disponer de herramientas de regulación a bordo, alarmas o consultar documentos relativos a la explotación. Además, realizará informes de calidad de conducción, sobre horarios de paso y paradas, incidencias, alarmas, topología de la red, etc.

Por último, el módulo Sistema Gestor de Energía implementa el interfaz de entradas y salidas que se emplea para la conexión con los sistemas de monitorización y diagnóstico de la locomotora, además de gestionar la alimentación del resto de los módulos y controlar los modos degradados de funcionamiento. Las necesidades logísticas y de transporte también hacen necesarias la investigación y la innovación para Interoperabilidad ferroviaria; y asociada a ella la normalización y estandarización de los vehículos y unidades de carga (contenedores).

El siguiente subsistema que abordamos, es **servicios trenes**—**N(-8)/4**— (figura 5-14, p. 366). Está compuesto de de tres subsistemas, **oferta de trenes**—**N(-9)/1**—, **demanda de trenes**—**N(-9)/2**— y **planificación de trenes**—**N(-9)/3**—. Los operadores de transporte pueden tener una oferta regular de trenes, es decir un plan de transporte, con un horario, orígenes y destinos determinados, y con las paradas comerciales asignadas para agregar o segregar material, cargado y vacío.

La oferta[241] puede ser de varios tipos, por trenes completos, por lotes de vagones o por *slots* (huecos), este último en el caso en los trenes multicliente del tráfico

[240] El Rack es un armario provisto de ventiladores y extractores de aire que ayuda a tener organizado todo el sistema informático de una empresa.

[241] Por ejemplo en Renfe Operadora en el mercado de multiproducto y en el de siderúrgicos los trenes completos se consideran a partir de 500 Tm, en el de automoción 180 vehículos como mínimo por envío. En el mercado de intermodal, la oferta de tren completo ha de ser para trenes de ida y vuelta, tanto en el ámbito nacional como internacional. En caso de la oferta

intermodal. Existen operadores de transporte en algunos países, no en España, que también disponen de una oferta de trenes para vagones dispersos.

Los parámetros de las características de cada tren, para que resulte rentable, establecen valores máximos. Para la carga, en función de los pesos totales admitidos por el perfil en planta de la línea (a partir del 75-80 % es rentable); para la longitud, que oscila entre los 450-500 m, aunque se realizaron pruebas con la circulación de trenes de 600 m entre el puerto de Valencia y Madrid, con resultados satisfactorios.

Sobre la velocidad media de los trenes es posible que deba valorarse si es ventajoso, para trenes con ciertas mercancías cuyo transporte no tenga valores críticos de tiempo, reducir la velocidad para incrementar la carga, con los límites impuestos por la adherencia del carril para evitar en las máximas rampas el patinaje de las ruedas. Actualmente en los trenes de mercancías la velocidad máxima es de 100 km/h y la velocidad comercial media de aproximadamente 55 km/h.

Puntualizaremos sobre las cargas máximas, que un problema no resuelto todavía es el que hace referencia al peso/eje, que actualmente es de 22,5 Tm/eje en las líneas principales, aunque la masa/m de carga en el vagón, varíe en las mismas, en las D2 son 6,4 Tm/m, en las D3 son 7,2Tm/m y en las D4 son 8 Tm/m.

Por otra parte, en 2008 el número total de circulaciones de mercancías ofertadas que circularon por la RFIG fue de 163.180 por 183. 358 circulaciones en 2007, con una media diaria de 446, por 502 circulaciones en 2007 (fuente: intranet Adif). De las cuales en 2007, 435 corresponden a Renfe Operadora, en toda la RFIG y 8 a los operadores privados; las diferencias pueden atribuirse a la circulación de locomotoras aisladas (Fuente: OFE, 2008, p. 88).

Pero también, puede ocurrir que existan nuevos tráficos potenciales de mercancías y los operadores los capten, lo que implica la necesidad de poner nuevos trenes en circulación, lo representamos con el subsistema **demanda de trenes—N (-9)/2—**. Los nuevos tráficos requieren un análisis de la viabilidad, subsistema **estudio de viabilidad**—**N (-10)/4**—, las entradas a este subsistema serán los estudios de demanda potencial.

Este subsistema lo estructuramos en tres subsistemas, el primero **características del transporte**—**N (-11)/1**—, en el que se desarrollará el proceso de análisis de características como el origen, destino, operaciones en las terminales, tipo de mercancía, condiciones de transporte de las mismas, etc. Señalaremos que si se trata de transportes excepcionales o materias peligrosas, existen medidas de seguridad añadidas.

Posteriormente en el subsistema **disponibilidad de recursos**—**N (-11)/2—**, se valora si existen locomotoras disponibles considerando la carga máxima de arrastre, en función de las rampas máximas de la línea, y el tipo de tracción. También si existe disponibilidad de maquinistas, generando un gráfico para dicho tráfico. Además, si existe material vacío (vagones) del tipo requerido para la mercancía en cuestión y en la cantidad suficiente para soportar el tráfico.

El último subsistema es **disponibilidad de surcos** —**N (-11)/3**—, en función de los horarios necesarios para ese tráfico. Como se ha visto con anterioridad, caso de existir, sería necesario el ajuste técnico de la malla. Una vez realizados estos procesos, la salida del subsistema estudio de viabilidad, caso de ser viable el tráfico, entraría en el subsistema **planificación de trenes**—**N(-9)/3**—, caso de no serlo, o bien, vuelve a retroalimentar el subsistema de viabilidad o se desecha, definitiva o temporalmente.

---

multicliente, dispone de 152 relaciones origen-destino a escala nacional con sus correspondientes enlaces para envíos al resto del continente.

En cuanto a la estructura del subsistema **tipo de transporte**—**N(-10)/6**—, **asignación de recursos**—**N(-10)/7** y **solicitud de surcos**—**N(-10)/8**—.El subsistema tipo de transporte, hace referencia a las autorizaciones necesarias, procesos documentales, etc., que será necesario solicitar o recabar.

Por su parte el subsistema asignación de recursos es similar al anterior subsistema demanda de trenes—N(-9)/2—, pero en este caso se produce ya la asignación de los recursos, estableciéndose los planes de transporte, los plazos de transporte, los gráficos de locomotoras y maquinistas, la rotación de material vacío, etc.

También, el subsistema solicitud de surcos tendrá que realizar unos procesos para obtenerlos, según el periodo de circulación del tráfico durante el año, realizará la solicitud al administrador de infraestructuras, como ya vimos, en el subsistema —N(-10)/2— del administrador. Una vez realizados todos los procesos, las salidas del subsistema servicios trenes—N(-8)/4— serán los propios servicios ferroviarios ya planificados.

El siguiente subsistema que encontramos es **servicios logísticos—N(-8)/5—**, que complementa a los servicios ferroviarios mencionados anteriormente, porque en la actualidad, es contraproducente considerar de forma aislada cada uno de los dos servicios (figura 5-14, p. 366). Forman un todo indisoluble que relaciona los subsistemas de transporte y logístico, creando una difusa frontera entre ambos subsistemas.

La estructura del subsistema está formada por cuatro subsistemas, subsistema **prestación personalizada—N(-9)/4—**, **acarreos O-D—N(-9)/5**—, **atención al cliente—N(-9)/6—** y **alianzas y participaciones—N(-9)/7—.** El primer subsistema es **prestación personalizada—N(-9)/4—** que recibe los recurso necesarios para prestar una atención personalizada a cada cliente, distribuyéndolos y adaptándolos por el subsistema servicios logísticos, según el tipo de mercancía, las condiciones de transporte que necesitan y los requerimientos que solicitan. Las entradas a este subsistema son tanto los recursos que el operador de transporte introduce como las necesidades de las mercancías y los clientes. Se ha estructurado el subsistema en cinco subsistemas**—N(-10)/9 a 13—, intermodal, graneles, siderúrgicos, automoción y multiproducto**. Se verán posteriormente, en un subsistema que agrupará los distintos servicios logísticos de los tres subsistemas, después del subsistema operador logístico.

El subsistema acarreos **O-D—N(-9)/5—**, trata de dar la respuesta a uno de los problemas, entre otros ya vistos, de que adolece el ferrocarril, su poca flexibilidad para alcanzar los puntos de origen y destino generadores de los flujos de mercancías, es decir, los focos productivos. Por muy próximas que se encuentren las terminales y estaciones a esos puntos generadores es necesaria la intermodalidad con la carretera para alcanzar esos destinos. Como consecuencia, los operadores de transporte ferroviario disponen de servicios de entrega y recogida en los mencionados puntos generadores, desde el punto de vista logístico, desde las terminales de origen o destino, es la denominada *última milla*. Corresponde a la primera y última fase de la cadena de transporte. El ejemplo más evidente es el de los servicios puerta a puerta del tráfico intermodal de contenedores que las empresas ofrecen a sus clientes.

En cuanto al subsistema **atención al cliente—N(-9)/6—** , es de aplicación lo dicho en el subsistema atención al cliente del administrador de infraestructuras. Añadiremos, que un servicio de calidad, ligero de trámites, eficaz, eficiente y competitivo en precios, crea nuevos clientes y mantiene la lealtad con los propios potenciando la fiabilidad.

La búsqueda de la excelencia, es decir, sorprender al cliente, suministrándole más de lo contratado puede resultar la base del éxito. Actualmente, en los operadores de

transporte, la atención al cliente está personalizada con recursos humanos especializados en sus respectivos mercados (tipos de mercancías) que también asesoran al cliente y colaboran con él. También se ofrecen sistemas de información que facilitan los trámites y son capaces de efectuar el seguimiento de los transportes, conociendo en todo momento la situación de sus mercancías. La calidad del servicio es percibida por los clientes con mayor grado de satisfacción que en años anteriores. Citaremos como ejemplo las encuestas de calidad[242] percibida por los clientes, tanto para el administrador de infraestructuras Adif como para Renfe Operadora.

[242] El seguimiento de la calidad percibida por los clientes de Renfe Mercancías en este año arroja un aumento de 0,52 puntos en la valoración global del servicio respecto al mismo dato de 2008. El atributo más valorado es la eficacia del interlocutor habitual, con un 8,27.
Una muestra de 64 clientes encuestados ha otorgado a Renfe Mercancías un 7,23 sobre 10 en su valoración global del servicio en 2009. Este dato supone un aumento de 0,52 puntos con respecto al año anterior y la continuación de la tendencia al alza en el índice de satisfacción de las empresas que confían el transporte de sus mercancías a Renfe.El análisis de la valoración global de Renfe Mercancías en función del tipo de cliente muestra un incremento respecto a 2008 tanto si la puntuación la ofrece un operador logístico, con un 7,11 (1,03 puntos más), como si se trata de un cliente directo, con un 7,32 (0,25). Igualmente, el aumento de la valoración se produce en los casos del transporte Intermodal, con un 6,76 (0,35), y de los vagones completos, con un 7,47 (0,62).
Dividida en los ocho atributos principales, la valoración global más alta es la alcanzada por la eficacia del interlocutor habitual, con un 8,27, lo que significa un incremento en 2009 de 0,41 puntos sobre el año anterior. Cabe destacar que la eficacia del interlocutor habitual es el segundo atributo al que los clientes conceden mayor relevancia, por detrás de los plazos de entrega y por delante del trato a las mercancías. Precisamente, este último es el segundo aspecto que alcanza una mayor valoración en la encuesta a los clientes de Renfe Mercancías, con un 7,67 sobre 10, es decir, 0,41 puntos más que en 2008.

Los seis atributos restantes han sido valorados de la siguiente manera: los plazos de entrega reciben por parte de los clientes un 7,30 (0,78 puntos más); el proceso de facturación un 7,08 (0,06 menos); la información en general un 7,04 (0,04 más); las detasas un 6,67 (0,01 menos); el servicio de reclamaciones un 6,54 (0,09 menos), y el interlocutor no habitual (sólo válido para clientes de Intermodal) un 6,32 sobre 10 (0,79 puntos más).

La media de los atributos, que es la valoración resultante como media aritmética de las puntuaciones de los ocho aspectos analizados, es de 7,22. Esta cifra se traduce en un incremento de 0,39 puntos sobre los datos de 2008. Por su parte, la media subyacente, que es la media de las valoraciones de los atributos ponderados por su importancia a nivel de individuo, se sitúa en 7,22, (0,27 más).

En cuanto a la valoración global diferenciada por Áreas de Negocio, señalaremos que ha habido un crecimiento en todas ellas, subrayando que las 64 empresas encuestadas han sabido valorar las mejoras llevadas a cabo en cada una de ellas. Así, Intermodal ha registrado un 6,76 en 2009, que supone un crecimiento de 0,35 puntos con respecto al año previo; Graneles, un 6,76 (0,06 más); Multiproducto, un 7,71 (1,13); Automóvil, un 7,69 (1,24), y Siderúrgico, un 7,68 (0,31). La última Encuesta de Percepción de la Calidad realizada a los clientes de la Dirección Ejecutiva de Red Convencional (ancho ibérico), tanto dentro de Adif como en Renfe Operadora, a finales de 2008, refleja una mejora de su imagen como organización. La valoración global se sitúa en 7 puntos sobre 10, frente a los 5,9 puntos obtenidos en 2004, fecha del estudio anterior.

Ha subido la puntuación en la práctica totalidad de los indicadores e incluso se alcanzan los máximos históricos de valoración en muchos casos. En general, los clientes perciben una imagen más moderna y señalan avances en su perfil empresarial y productivo.

La valoración más alta corresponde a las Dirección Ejecutiva de Circulación de Adif, seguida de las direcciones de Mercancías y Logística, Cercanías, Larga Distancia y Alta Velocidad de Renfe.

Fuentes: intranet de Adif (En linea: 9 de marzo de 2009) y de Renfe Operadora (En línea: 4 de enero de 2010).

Por su parte, el subsistema **alianzas y participaciones—N(-9)/7—**, hace referencia a las uniones de operadores de transporte con operadores logísticos que, con objetivos complementarios, buscan el interés y la rentabilidad común. Es una práctica empresarial muy habitual actualmente. Las entradas a este subsistema corresponderán a una parte de las salidas finales de ambos subsistemas, es decir, de la capacidad de negocio de ambos considerada, en cada uno de ellos, en conjunto como un todo. En cuanto a las salidas serán las propias relaciones servidas que, tal vez, por la escasez de recursos individuales, la diversificación del negocio, o por estrategia empresarial, unifican las capacidades de cada uno de los actores, alcanzado sinergias de operaciones y negocio, que quizás, cada uno de ellos por separado no lograrían.

El siguiente subsistema que abordamos es **vehículos—N (-8)/4—** (figuras 5-15, 5-16 y 5-17, pp. 367 a 369**)**. Se ha estructurado en dos subsistemas, locomotoras y vagones, que son típicamente ferroviarios, junto con las infraestructuras y las estaciones del administrador. Hemos considerado conveniente incluir en los esquemas de los subsistemas de la estructura del subsistema vehículos, el subsistema **mantenimiento y modificación—N (-8/5)—** para tenerlo en todo momento presente. Lo veremos al finalizar el subsistema vehículos.

Las funciones de este subsistema son la producción de trenes, es decir, locomotoras arrastrando vagones. Por ello las entradas entre otros recursos son dichas locomotoras y los vagones. Las salidas son los propios trenes, que para circular necesitan de los otros subsistemas del administrador (vías, terminales y estaciones, ect.). Por lo tanto, la función del subsistema **locomotoras—N(-9)/1**, conocida sobradamente, es arrastrar las composiciones de vagones, cargados y vacíos, entre lo orígenes y destinos. Se entiende por locomotora el vehículo ferroviario que, por medio de tracción térmica o eléctrica, es capaz de desplazarse por sí mismo y cuya principal función es remolcar a otros vehículos ferroviarios.

Las entradas al sistema son las locomotoras que las industrias de fabricación de material ferroviario proveen a las empresas que explotan los ferrocarriles y, en el caso español, a los operadores de transporte con licencia de empresa ferroviaria. También la energía necesaria para el funcionamiento de las locomotoras que, en nuestro caso, se obtiene en las terminales y estaciones del administrador de infraestructuras (y la electricidad, además en la catenaria de la vía)[243].

Las salidas del subsistema, con efectos positivos son la tracción que prestan las locomotoras para arrastrar a los trenes, pero también, salidas con efectos negativos medioambientales, como se vio en apartados anteriores. Actualmente, existe una notable ventaja en la tracción eléctrica frente a la tracción diesel, no tanto los efectos cualitativos comunes a la tracción eléctrica y a la diesel sino cuantitativamente.

La tracción eléctrica requiere, para el mismo servicio, menos energía primaria (del orden del 25% menos). Esto es debido a la diferente cantidad de energía perdida en los procesos de transformación y transporte de la energía antes de llegar al vehículo y en los rendimientos del propio vehículo. También por la menor producción de ruido y emisiones de efecto local. Además es mucho menor la energía procedente de fuentes fósiles y por tanto no renovables (aproximadamente del 45% menos), lo que implica, menos emisiones de gases de efecto invernadero (alrededor de un 59% menos).

Otro aspecto es la diferencia en el origen de la energía necesaria para cada tracción. Pueden establecerse en la posibilidad de utilizar energías renovables y sin emisiones de gases de efecto invernadero en la tracción eléctrica, pero no en la tracción diesel. Puntualizaremos, que el proceso de producción de energía eléctrica en las centrales

[243] En el año 2007 los ferrocarriles españoles emplearon, para tracción y para servicios auxiliares de los trenes (aire acondicionado, iluminación, etc.) un total de 3.203 GWh de energía eléctrica (medidos a la salida de las centrales generadoras) y 108,4 millones de litros de gasóleo. (Fuente: García Álvarez, A., 2009, p. 56).

térmicas es contaminante, aunque con cotas mucho menores que en el caso de la obtención y refinado de los combustibles fósiles.

Por último, señalaremos la posibilidad de emplear el freno regenerativo en la tracción eléctrica y, por lo tanto, de reducir el consumo neto de energía y las emisiones. La posibilidad de emplear freno eléctrico regenerativo reduce de forma significativa, entre un 17 y un 36%, el consumo neto de energía en la tracción eléctrica y consiguientemente las emisiones. Indicaremos también, que el número de locomotoras no ha dejado de descender en los últimos treinta y cinco años[244], a diferencia del parque de automotores, que ha seguido una tendencia moderadamente ascendente.

La razón a la afirmación anterior podemos encontrarla en los cambios en la movilidad por el modo ferrocarril. Por una parte, por la disminución del transporte de mercancías como consecuencia del incremento de los tráficos en el modo carretera y, por otra, en el incremento de los servicios de cercanías, urbanas e interurbanas (actualmente existen en España 12 núcleos de cercanías[245]).

La estructura del subsistema está compuesta, según el tipo de motor, por los subsistemas **diesel—N(-10)/1— y eléctrica—N(-10)2—**. Cada uno de los dos subsistemas se podría haber estructurado en tantos otros subsistemas como tipos de locomotoras existen circulando, puesto que difieren en algunas de sus características. No obstante se ha optado por estructurar los subsistemas de manera más general para dar una visión de conjunto. Puntualizaremos que se ha tomado como referencia, aunque no única, para el subsistema diesel la locomotora de Renfe Operadora de la serie 333.3 y para el subsistema eléctrica la locomotora Traxx de la serie 253.

Así, podemos establecer en cada uno de los dos subsistemas un subsistema **caja—N(-11)/1—** , un subsistema **tren de rodadura —N(-11)/2—** y un subsistema **bastidor—N(-11)/3—**. Señalaremos, que también sería posible establecer la estructura con dos subsistemas, eléctrico y mecánico, puesto que son los componentes que tiene cada locomotora; también añadir un subsistema electrónico, porque actualmente incorporan ordenadores. No obstante esto, como ya se dijo, no profundizaremos hasta esos niveles y, además, la estructura seleccionada, en nuestra opinión, es más intuitiva para su comprensión. El subsistema mantenimiento en líneas generales, es válido para los dos, porque los tipos de mantenimiento y los subsistemas que mantiene o modifica se realizan en todas las locomotoras, tanto diesel como eléctricas.

El subsistema **diesel—N(-10)/1—**, está compuesto por el parque de locomotoras de línea de los operadores con tracción diesel. Las entradas a este subsistema son las propias locomotoras procedentes de la industria ferroviaria, el combustible diesel del subsistema energía del administrador en el caso de España (también puede ser biodisel, menos contaminante) y otros recursos necesarios, entre los que destacan algunas de las salidas del subsistema de mantenimiento. Las salidas consideradas son la potencia de tracción (también la potencia de frenado) y la contaminación.

El subsistema **caja—N(-11)/1—** es un conjunto único autoportante construido en acero de alto limite elástico y gran rigidez, que hacen que la caja sea una estructura ligera pero de gran solidez. En la estructura del subsistema hemos considerado los subsistemas **cabinas—N(-12)/1**—, **ventilación—N(-12)/2**—, **motor principal—N(-12)/3—**, **generadores/distribución—N(-12)/4—** y **transmisión—N(-12)/5—**.

---

[244] Locomotoras totales Renfe (hasta 31 diciembre 2004) y Renfe Operadora (desde esa fecha): en 1975, 752 eléctricas y 391 diesel (1.143); en 1990, 694 eléctricas y 592 diesel (1.287); en 2000, 459 eléctricas y 440 diesel (899); en 2007, 356 eléctricas y 360 diesel (716). (Fuente: Anuario de la movilidad 2008, p. 134). Locomotoras mercancías Renfe Operadora: en 2008, 235 eléctricas, 115 diesel (total 350) (Fuente: Intranet Renfe Operadora).

[245] Madrid, Barcelona, Bilbao, San Sebastián, Valencia, Murcia, Asturias, Cantabria, Sevilla, Málaga, Cádiz y Zaragoza.

El primer subsistema es **cabinas—N(-12)/1—** incluye las dos cabinas de conducción con las que cuenta la locomotora. Actualmente se construyen en acero avanzado de alto límite elástico y gran rigidez que hace que la cabina tenga un peso ligero a la vez que proporciona una alta protección al personal de conducción. La concepción modular de las cabinas hace que sean fácilmente desmontables del bastidor.

El control y accionamiento de todos los sistemas de seguridad, se han incluido en el subsistema **seguridad circulación—N(-13)/1—**, ASFA, ATP, dispositivo de vigilancia hombre-muerto[246], tacómetro, tacógrafo, etc. El dispositivo de radiotelefonía (tren-tierra), del que ya se habló en el subsistema del administrador comunicaciones—N(-13)/13—, por su importancia y estructura se ha incluido en el subsistema **radiotelefonía—N(-13)/2—.** Su función es establecer la comunicación entre el Puesto de Mando o Jefe del C.TC., el jefe de circulación de las estaciones y los maquinistas.

También, hemos agrupado el subsistema **mando y control—N(-13)/3—** las funciones de conducción como son el manejo del regulador de tracción y el manipulador del freno automático, la vigilancia de de los dispositivos de control y diagnosis de los sistemas de la locomotora, etc. La mayoría de estas funciones de mando y control de la locomotora se realizan desde la cabina de condución y el maquinista cuenta con equipos informáticos para apoyar esas funciones. Entre dichas funciones se encuentran las que ofrecerá cuando se implemente por completo la nueva plataforma de comunicaciones *omnium* para la explotación ferroviaria y la localización de la flota.

Para finalizar este subsistema destacaremos que la locomotora está diseñada para poder circular sola o funcionando en múltiple tracción con mando único, hasta un total de tres unidades, que se controla desde la cabina del maquinista titular. Cuando se circule en este modo todas las unidades se controlarán simultáneamente desde la unidad motor guía.

El siguente subsistema del subsistema diesel—N(-10)/1—/ caja —N(-11)/1— es **ventilación—N(-12)/2**—, este subsistema podía haberse incluido en el subsistema refrigeración N(-13)/7, sin embargo, se ha extraído porque los ventiladores de los radiadores que refrigeran el motor principal y otros elementos se sitúan en la capota de radiadores en la parte superior de la caja .

Cuando la temperatura del agua que refrigera los radiadores excede del límite establecido el ordenador de abordo excita los contactores que conectan los ventiladores y hacen circular aire para disipar el calor de los radiadores. Son accionados por dos motores de corriente alterna que funcionan independientemente controlados por el ordenador.

Dicho ordenador, primero conectara un ventilador y si la temperatura no decrece o se mantiene conectara el segundo ventilador. Cualquier ventilador estará funcionando hasta que la temperatura del agua caiga por debajo del limite inferior establecido, en cuyo caso el computador desexcita los contactores que desconectan los ventiladores en el mismo orden en que fueron conectados Cada vez que un ventilador sea puesto en marcha permanecera funcionando a una velocidad de aproximadamente 1.700 rpm durante al menos 2 minutos antes de que sea detenido, excepto en el caso de que la temperatura del motor diesel caiga por debajo de 65,5 ºC, en cuyo caso los dos ventiladores seran parados inmediatamente

Por su parte, el subsistema **motor principal—N(-12)/3—**, realiza el proceso de producción de la energía mecánica necesaria para mover el generador eléctrico. Consta de elementos como la culata, los pistones, la biela o el cigüeñal. La biela y el cigüeñal transforman el movimiento lineal del pistón en movimiento circular que se transfiere a la transmisión.

---

[246] Tiene como misión activar el frenado de emergencia en el caso de que maquinista sufra un desvanecimiento. Consiste en un pedal que el maquinista ha de pisar a intervalos de 30 segundos.

El motor diesel más usado es el que realiza el proceso en cuatro tiempos: admisión, compresión, combustión y escape[247]. Básicamente, el proceso de producción de potencia de tracción en el interior del subsistema diesel, consta de otros subprocesos que se realizan en los subsistemas que componen su estructura. Así, para el funcionamiento del motor de ciclo diesel, que es un motor térmico de combustión interna, es necesario el subsistema **alimentación-combustible—N(-13)/5—**, en este caso gasoil[248].

También debido a la compresión elevada y las altas presiones y temperaturas es necesario el subsistema **lubricación—N(-13)/6—** para lubricar y enfriar los pistones. Por último señalamos el subsistema **refrigeración—N(-13)/7—**, necesario por las elevadas temperaturas que se alcanzan, especialmente en la culata. La función principal del sistema de refrigeración consiste en disipar el calor generado en el motor diesel como consecuencia del rozamiento de los cilindros en el proceso de combustión. Además, tiene la función de enfriar el calor absorbido por el aceite del sistema de lubricación y el calor generado en el compresor de aire.

Otro subsistema del subsistema caja es **generador/distibución—N(-12)/4**, su función es transformar la energía mecánica del motor principal (entrada) en energía eléctrica (salida). En su estructura cuenta con un subsistema generador principal y otro subsistema generador auxiliar. A su vez, la estructura de ambos generadores está formada por un subsistema alternador y un subsistema rectificador.

La entrada al subsistema es la energía mecánica producida por el motor diesel. Dicha energía hace girar una bobina, generando un campo magnético que actúa sobre una armadura fija, en cuyo interior se encuentran los conductores eléctricos dispuestos en la bobina, que producen corriente alterna trifásica de alta tensión. Dentro del generador principal, están situados también dos bancos rectificadores que convierten la corriente alterna producida por el alternador a corriente continua de alta tensión.

Esta salida del subsistema se transmite a los motores de tracción por medio de contactores e interruptores de potencia de gran capacidad, proporcionando a dichos motores la potencia eléctrica necesaria para transmitir a los ejes y ruedas, a través del reductor.

Subrayaremos el subsistema **compresor—N(-13)/8—**, su función es la de producir el aire comprimido necesario para el funcionamiento del equipo de freno y de los equipos auxiliare. Esta equipado con un compresor de tres cilindros y dos etapas de compresion que es accionado directamente por el motor diesel a traves de un acoplamiento. Su producción de aire a 900 r.p.m. es de 5.340 l/m.

El aire comprimido generado por el compresor pasa a través de un serpentín refrigerador, situado debajo del bastidor. Dicho aire comprimido pasa a continuación a través de un equipo de secado de aire. El aire ya seco de aire

---

[247] Los más utilizados son los de cuatro tiempos, aunque también los hay de dos tiempos, pero su eficiencia es menor; no obstante producen más potencia que los de cuatro tiempos del mismo tamaño. No son utilizados en las locomotoras, aunque si lo son en algunos buques y vehículos militares.

[248] La composición de este combustible químico obtenido por refinamiento del petróleo es: 75% hidrocarburos saturados (principalmente parafinas) y un 25% hidrocarburos aromáticos. El promedio de la formula química para el diesel común es $C_{12}H_{26}$, variando entre $C_{10}H_{22}$ a $C_{15}H_{32}$.

El proceso de combustión es una reacción termoquímica muy rápida que se produce por la oxidación del combustible al contacto con el oxígeno del aire. El resultado de esta reacción exotérmica es dióxido de carbono y agua, también calor. Además, en las zonas pobres de combustible dentro de la cámara de combustión, se producen óxidos de nitrógeno (NOx) y quedan restos de hidrocarburos sin quemar que se volatilizan.

pasa a almacenarse en los dos depósitos principales de aire de la locomotora de 450 y 100 litros.

Por su parte, el generador auxiliar es accionado por el tren de engranajes de la distribución del motor diesel. La salida es corriente alterna que posibilita el funcionamiento, entro otros dispositivos, de los ventiladores de los radiadores de refrigeración del motor diesel, el aire acondicionado o el motor eléctrico de la bomba de combustible. También, a través de un rectificador, puede suministrar corriente continua de baja tensión para el funcionamiento de los circuitos de control, el alumbrado y la carga de la batería.

El subsistema **transmisión—N(-12)/5—** tiene diversas funciones, entre la que destacamos, asegurar el arranque de los motores de tracción de las locomotoras, así como su funcionamiento a ralentí durante las paradas de los trenes. Si el motor está a máxima potencia que la locomotora pueda ir a diferentes velocidades y, si no lo está, permitir trabajar con el máximo rendimiento sin que haya bruscos cambios de velocidad del motor.

En su estructura podemos establecer dos subsistemas con funciones diferenciadas, uno mecánico, que hace referencia a la transferencia de la potencia mecánica, y otro eléctrico, que corresponde a la transmisión de la potencia eléctrica. En el primer subsistema, el eje principal del motor diesel (cigüeñal), a través del embrague y el tren de engranajes[249] acciona los generadores principal y auxiliar.

También acciona las bombas de aceite del sistema de lubricación, para suministrar aceite a las partes del motor diesel que lo requieren, y dos bombas centrifugas de agua, para hacer circular el agua de refrigeración a través del motor diesel.

Asimismo, cuando los gases de escape del cilindro no son capaces de accionar el turbo-alimentador de aire a presión procedente del exterior, en las locomotoras diesel que lo llevan (por ejemplo la 333.3 de Renfe operadora), el motor diesel, a través del tren de engranajes y su embrague lo acciona.

En los niveles de potencia alta, la energía calórica obtenida del escape es suficiente para que actúe el embrague del tren de engranajes y accionarlo. Además, otro tren de engranajes mueve las bombas de agua de refrigeración del motor diesel y de aceite para lubricarlo.

Por su parte, el generador auxiliar tiene también una caja auxiliar de engranajes que mueve el motor eléctrico del compresor de aire del sistema neumático y otros dispositivos, como los sopladores del generador principal y motores de tracción.

Señalaremos por último, que los motores de tracción, accionados por la potencia eléctrica que reciben del generador, proporcionan el esfuerzo tractor y de freno de la locomotora, transmitiendo su par y velocidad a los ejes y sus ruedas a través del reductor de la transmisión.

Este elemento de la transmisión mecánica, es una caja de engranajes compuesta por una corona calada en cada uno de los ejes y un piñón montado en el eje de cada uno de los motores de tracción. Piñón y corona, van dispuestas en el cárter para su engrase. Cuando el tren no está en movimiento (velocidad nula), el embrague permite transmitir el par motor a los ejes a partir y, con ello, arrancar e iniciar el movimiento del tren.

---

[249] Los engranajes son el mecanismo formado por dos ruedas dentadas (piñón-corona) cuya función es transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina, en este caso la locomotora. Si el engranaje está compuesto por más de dos ruedas dentadas se denomina tren de engranajes.

En las locomotoras diesel podemos encontrar en embrague, en el que una de las ruedas está conectada a la fuente de energía (engranaje motor) y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor (engranaje conducido).

Es decir, el motor diesel produce energía mecánica, se convierte en eléctrica en el generador, y vuelve a transformarse en mecánica en los motores de tracción. Actualmente, se están desarrollando investigaciones para eliminar la transmisión mecánica que transfiere el esfuerzo de tracción del motor a los ejes, convirtiendo el eje montado en el inducido de cada motor de tracción. Así, se evitarán tiempos de mantenimiento y se aligerará el peso de la locomotora.

En cuanto al segundo subsistema, las locomotoras que circulan en nuestro país son en casi su totalidad de transmisión eléctrica. La razón está en que para el arrastre de mercancías son más utilizadas locomotoras con transmisión eléctrica, porque les permite una mayor capacidad de carga.

Entre las ventajas de la transmisión eléctrica podemos encontrar la utilización de la potencia máxima del motor con distintas velocidades y un rendimiento entre el 85%-90%. También que hay un buen reparto del peso, por lo que se aprovecha muy bien la adherencia. Además, la potencia producida por el motor es distribuida por igual en todos los ejes como consecuencia de los enlaces eléctricos y es posible el desarrollo de grandes esfuerzos.

La corriente continua de salida del generador principal, en este tipo de transmisión[250], se transmite a los motores de tracción por medio de contactores e interruptores de potencia de gran capacidad que trabajan con corriente de alta tensión. Por su parte, el generador auxiliar o la batería transmiten corriente de baja tensión para los aparatos de control. Citaremos como ejemplo la locomotora euro 4.000, la locomotora diesel-eléctrica más potente de Europa, que equipada con un motor diesel de alto rendimiento y tracción de cadena eléctrica puede desarrollar un esfuerzo tractor máximo de 400 kN.

El siguiente subsistema que encontramos es **tren de rodadura—N(-11)/2—** está compuesto por los ejes montados –conjunto de un eje y sus dos ruedas— y la suspensión primaria. Su función es guiar a la locomotora por las vías y soportar el peso de la caja (incluido su bastidor o chasis). No obstante, para una mejor comprensión del conjunto, hemos estructurado el subsistema en los subsistemas **bogies—N(-12)/6—** y **suspensión primaria—N(-12)/7—**.

El subsistema ***bogie*—N(-12)/6—** son carros giratorios, también llamados carretones, dotados de una limitada capacidad de movimiento que permiten pequeños desplazamientos relativos[251]. Cada uno constituye un vehículo de dos o más ejes y las locomotoras habitualmente llevan dos o tres.

Los *bogie* tienen un bastidor estructural suspendido que descansa sobre las manguetas exteriores de los ejes a través de la suspensión primaria y de las cajas de grasa, que veremos posteriormente. Es una estructura de chapa de acero, de alto

---

[250] Existen otros tipos de transmisión de la potencia producida por el motor. La transmisión mecánica convencional, actualmente en desuso, se ha usado en pequeñas locomotoras de maniobras en las industrias; para locomotoras de mayor potencia, no es adecuada.

La transmisión hidráulica (por ejemplo, en España la G1700 de Comsa), convierte la energía eléctrica, producida por el generador de las locomotoras diesel, en energía mecánica. La energía generada por el motor, eleva hasta una determinada presión un fluido (aceite), lo hace circular por una tubería hasta un cilindro o un motor hidráulico que reconvierte la energía eléctrica en energía mecánica. Con las válvulas se controla la dirección del movimiento, la velocidad y el nivel de potencia a la salida del motor o cilindro.

[251] También podemos encontrar trenes autopropulsados de “rodadura desplazable”, que mediante los interambiadores de ejes les permite circular por la red de ancho ibérico y la red de ancho intenacional, como por ejemplo el “Sistema Universal de Rodadura Desplazable Brava” (Bogie de Rodadura de Ancho Variable Autopropulsado) desarrollado por CAF, permite a los vehículos ferroviarios adaptarse a cualquier ancho de vía y sobre la marcha.

Como hemos dicho en el subsistema I+D+i del administrador, se están realizando estudios sobre la circulación por ambos anchos de trenes de mercancías.

límite elástico, con sección rectangular, constituida por la unión soldada de dos largueros y dos traviesas para formar un conjunto rígido.

En él se sueldan todos los soportes necesarios para el montaje de los elementos que van en el *bogie*. Además de alojar a los motores de tracción, los bogies están diseñados para soportar y distribuir el peso de la locomotora sobre las ruedas motrices. Este subsistema se ha estructurado en los subsistemas **motores de tracción—N(-13)/11—**, **ejes—N(-13)/12—**, **cajas de grasa—N(-13)/13—**, **llantas/ruedas—N(-13)/14—** y **freno—N(-13)/15—**.

En el subsistema **motores de tracción—N(-13)/11—**, la función que tiene el motor es desarrollar la función de potencia que tiene dos utilidades. La primera, como motor, es decir, proporcionar la potencia necesaria para mover la locomotora y desarrollar el esfuerzo de tracción precisado en cada momento para arrastrar el tren. La segunda, como generador de freno, proporcionando el esfuerzo necesario para frenar el vehículo con las suficientes garantías de seguridad.

Los motores utilizados pueden ser de distintos tipos, dependiendo de la corriente eléctrica que circule por ellos. Así encontramos, motores de corriente continua y de corriente alterna, monofásica y trifásica, pudiendo ser los de corriente alterna síncronos, asíncronos o lineales. Los motores de corriente alterna, al carecer de escobillas, son más sencillos, requieren menos mantenimiento y son más robustos. Suelen presentar rendimientos más elevados y son más potentes y ligeros, lo que les hace más ventajosos para altas velocidades.

Generalmente, las locomotoras tienen un motor de tracción por eje, que puede estar situado de forma semi-suspendida en el *bogie*, reposando sobre tres puntos, dos de ellos directamente sobre el eje por medio de cojinetes y el tercero sobre el bastidor del *bogie*, o bien suspendido en el bastidor del *bogie*. Su eje es paralelo al eje o ejes de la locomotora.

Otro subsistema bien distinto es **ejes—N(-13)/12—**. Actualmente, los ejes están unidos a las ruedas (eje montado) y en las locomotoras modernas es habitual que todos los ejes sean motrices con transmisión mecánica independiente. Junto con las cajas de grasa y las ruedas, los ejes forman la parte no suspendida de la locomotora. El eje está formado por un cuerpo cilíndrico de acero al carbono.

En él es posible distinguir distintas zonas que se utilizan para el calado de ruedas/llantas, de la corona dentada, de los anillos distanciadores[252], de los rodamientos de las cajas de grasa y de los apoyos del motor de tracción. Sobre las las funciones que desarrollan los ejes, señalaremos varias diferenciadas. La primera función, es aguantar el peso del bastidor del *bogie*, que descansa sobre los ejes a través de la suspensión primaria y de las cajas de grasa. Se apoya en el eje sobre dos cojinetes de fricción que reciben el engrase por una ventana practicada en uno de los dos medios cojinetes. Los esfuerzos se transfieren al cuerpo de caja de grasa a través de las bielas de arrastre que permiten un guiado elástico de los ejes.

Otra función es unir las ruedas para que ambas tengan la misma velocidad angular de giro y mantengan una distancia constante entre ellas. La última, es transmitir a las ruedas el par y velocidad recibida del motor de tracción. El proceso de transmisión del par y velocidad es realizado por el arrastre que efectúa el motor de tracción en su giro sobre el eje mediante el acoplamiento del piñón, calado en el extremo del eje del inducido del motor, a la corona dentada de acero calada en el eje. Ambos elementos están situados en el cárter para su engrase.

Los esfuerzos de tracción y frenado se transmiten de los ejes motrices al bastidor del bogie a través de las bielas de arrastre de la suspensión primaria, y de los bogies a la

[252] Elemento que limita tanto la posición de la corona en el eje como los desplazamientos axiales del motor de tracción.

caja de la locomotora a través de la interacción pivote-arrastradera del subsistema suspensión secundaria.

El subsistema **cajas de grasa—N(-13)/13—**, corresponde a los depósitos de grasa utilizados para lubricar los ejes de un vehículo ferroviario. Como ya se ha dicho, es una de las partes no suspendidas de la locomotora.

Las cajas de grasa están formadas por un cuerpo de forma circular que aloja en su interior los rodamientos, del que salen dos brazos laterales y sobre los que se apoyan los resortes de la suspensión primaria. Desarrollan dos funciones, transmitir los esfuerzos del eje al bastidor del bogie, a través de la suspensión primaria, permitiendo además su giro. También realizar el enlace entre el eje, junto a los rodamientos[253] alojados en su interior, y el resto del vehículo.

Todos los ejes tienen instaladas una caja de grasa; además, una de ellas incorpora en su tapa el sensor del equipo taquimétrico con dos canales de salida, uno utilizado por el ordenador de abordo como referencia de la velocidad de la locomotora y, otro, para la medida e indicación de dicha velocidad en el pupitre de conducción.

Las entradas a este subsistema son los esfuerzos que transmiten el peso de la locomotora y los de circulación a través de las ruedas. Así mismo, la velocidad de rotación del eje, para su lectura por el sensor de velocidad. Las salidas son las vibraciones y el calor resultantes de la absorción por parte de las cajas de grasa de los esfuerzos, movimientos laterales y verticales, y de la magnitud de la velocidad angular de rotación del eje.

El subsistema **ruedas/llantas—N(-13)/14—**, está formado por las ruedas que se sitúan en los extremos de los ejes. Las ruedas[254] tienen diversas funciones en los vehículos ferroviarios. Entre ellas, la de sustentar y guiar a los vehículos, permitir la circulación en tramos curvos mediante la pestaña[255], transmitir al carril los esfuerzos y frenar el vehículo.

Existen distintos tipos fundamentales de rueda en función de la unión entre la llanta y el velo[256]. Mono-bloque, es una rueda de acero forjada de una sola pieza y templada, en las que la llanta y el velo se unen a través de un radio de acuerdo, perteneciendo la llanta y el velo a la misma unidad. Centro y bandaje, en el que la llanta se une al velo a través de un arco metálico (cinchillo). Elástica, rueda que incorpora elementos elásticos a su estructura, destinados a eliminar la transmisión de vibraciones ocasionadas por el frotamiento con el carril, la llanta se une al velo mediante una banda de goma.

Las entradas al subsistema tienen naturaleza mecánica, por una parte y, por otra, térmica. Entre las primeras, podemos citar los esfuerzos de tracción y frenado, por otra, las fuerzas centrífugas, golpes en la vía y vibraciones inherentes a la circulación del vehículo. La principal causa de las vibraciones generadas por la circulación de un

---

[253] Los rodamientos son unidades compactas preensambladas, prelubricadas y estancas que contienen rodillos cónicos.

[254] En Europa las ruedas deben cumplir la *Especificación técnica para el suministro de ruedas monobloque de acero no aleado laminado para el rodante motor y remolcado*. (Ficha U.I.C 812-3, 5ª edición, 1984).

[255] Pestaña: aro saliente en el borde de la llanta las ruedas de los vehículos ferroviarios cuya función es impedir el descarrilamiento de la rueda.

[256] Llanta: corona circular metálica, que calada sobre el núcleo (centro de la rueda), constituye la superficie de rodadura de la rueda sobre el carril. Las llantas están torneadas en forma de cono, para reducir los movimientos laterales, y acabadas en la cara interna con una pestaña que trabaja por la parte interior del carril para impedir el descarrilamiento del vehículo en curvas, agujas, etc.
Velo: corona circular metálica que une la llanta al cubo de una rueda. Cubo: elemento metálico que establece la unión entre la rueda y el eje.

tren reside en el contacto rueda-carril, especialmente en las fluctuaciones de la fuerza de contacto provocadas por las irregularidades del perfil de ruedas y carriles.

Entre las segundas las altas cargas térmicas, producto de los esfuerzos de frenado y los deslizamientos asociados. Todas ellas estarán en función del diseño del *bogie*, del peso y velocidad, así como de las condiciones del acoplamiento rueda-carril. Las salidas corresponden a la resistencia de los materiales, es decir, a la capacidad de absorción de estas fuerzas que dependerá del diseño y materiales utilizados en las ruedas (también en la suspensión).

El último elemento de la estructura el subsistema bogies es el subsistema **freno—N (-13)/15—**. Puntualizaremos, que se podía haber situado este subsistema en el subsistema caja, pero hemos considerado más intuitivo hacerlo en el subsistema ejes, dado que es en el lugar en que se instala la timonería de freno y es en la rueda donde se aprecian sus efectos.

El freno es una de las funciones de control del movimiento que realiza el equipo eléctrico de la locomotora junto con el arranque y regulación de la velocidad de la locomotora y la inversión del sentido de la marcha. Podemos distinguir en las locomotoras, entre otros, tres tipos (sistemas) distintos de freno, el electrodinámico, el neumático de adherencia (fricción) y el de estacionamiento.

Los procesos de frenado son distintos pero el objetivo último de cada una de ellas es reducir la velocidad, detener o inmovilizar la locomotora o el tren. Las estradas al subsistema serán la fuerza electromotriz, el aire comprimido y la potencia mecánica, respectivamente, según los tipos de freno, y las salidas los distintos esfuerzos de frenado.

De los tipos de freno eléctrico, en la actualidad, se está implantando el freno regenerativo en los nuevos trenes y locomotoras. Es un freno electrodinámico de motor que se basa en el funcionamiento del motor como generador. El proceso es invertir el sentido de giro del inducido y cambiar el sentido de la corriente en los bobinados de campo. Esto genera un par contrario de giro que hace disminuir la velocidad del motor hasta valores en que los frenos de fricción puedan actuar y detener la locomotora.

Este sistema de frenado tiene algunas ventajas. Como que al transformar la energía cinética del motor de tracción en energía eléctrica, puede ser reenviada, bien a la catenaria, o a la resistencia de freno, con el ahorro de consumo y, consecuentemente, de costes medioambientales y económicos. También al carecer completamente de desgaste entre parte mecánicas no necesita mantenimiento; además disminuye el mantenimiento de las ruedas al reducirse el desgaste sobre las llantas por la menor utilización de las zapatas del freno neumático.

Por su parte, el freno neumático de adherencia está basado en el aire comprimido[257] producido por un compresor, que después de de su enfriado y secado es almacenado en los depósitos que tienen las locomotoras. Cuando es necesaria la aplicación del freno, el aire comprimido a través de las tuberías y del cilindro de freno actúa sobre las dos zapatas fijadas a cada rueda en ambos lados del velo o sobre los discos. En el caso de que la locomotora no esté equipada con discos y lo esté con zapatas[258] el proceso es el mismo.

[257] El de freno de vacío está extinguido, salvo en trenes históricos, con coches y locomotoras antiguas.

[258] Las zapatas son piezas del sistema de frenado fabricadas mediante componentes orgánicos e inorgánicos aglomerados que se colocan en los portazapatas de la timonería de freno de los vehículos ferroviarios.

Los discos son piezas del sistema de frenado fabricadas en acero con una alta resistencia a la fricción sobre los que actúan las pastillas del freno de disco.

En cuanto al freno de estacionamiento, indicaremos que es un freno mecánico fundamentado en los muelles de acumulación. Tiene la función de mantener estacionada la locomotora en pendientes de hasta 45 milésimas con notable margen de seguridad.

El segundo y último subsistema del subsistema tren de rodadura es **suspensión primaria —N(-12)/7—**. Tiene como función transmitir los esfuerzos de tracción y frenado de los ejes motrices al bastidor del *bogie* y de éstos a la caja de la locomotora. Se realiza a través de las bielas de arrastre de la suspensión primaria, vía caja de grasa, y del bastidor de los bogies a la caja de la locomotora mediante del enlace pivote-arrastradera de la suspensión secundaria.

Básicamente, cada suspensión[259] se compone de dos muelles helicoidales y de un amortiguador vertical. Los amortiguadores se colocan entre cada extremo del larguero del bastidor y el cuerpo de la caja de grasa. Su función consiste en amortiguar el movimiento vertical primario y el movimiento de cabeceo del *bogie*.

El tercer subsistema del subsistema diesel —N(-10)/1— es **bastidor —N(-11)/3—**, se trata de una estructura rectangular del tipo de sección constante y sirve como elemento principal portante para la caja. El bastidor de la locomotora consiste en una construcción enteramente soldada, encargado de soportar el peso de todo el conjunto, de resistir los esfuerzos de tracción y frenado de los bogies, así como, los contactos violentos sobre los topes. Así mismo sostener y sujetar los dispositivos de tracción, de freno y de choque. Puntualizaremos que se trata de un subsistema distinto y con una función diferente a la del bastidor de los bogies.

Las entradas al subsistema, además de los componentes y la tecnología, son las fuerzas resultantes de los esfuerzos dinámicos de tracción y frenado. El proceso de absorción de los esfuerzos es realizado por las características de los materiales de la estructura, es decir, por su resistencia y su diseño, que disipan la energía mecánica del esfuerzo. Las salidas del subsistema, serán la potencia de tracción y frenado de los subsistemas motor, generadores y transmisión. Además de las vibraciones estructurales y la contaminación producidas por dichos esfuerzos.

Se ha estructurado en cuatro subsistemas, **elementos de tracción—N(-12)/8—**, **elementos de freno—N(-12)/9—**, **elementos de choque—N(-12)/10—** y **suspensión secundaria—N(-12)/11—**.

El subsistema **elementos de tracción—N(-12)/8—**, corresponde a los dispositivos de enganche de un vehículo con otro para formar un tren (pueden ser locomotoras). Su función es transmitir el esfuerzo de tracción a todos los vehículos que forman parte del tren y soportar la resistencia a su movimiento.

Este subsistema tiene dos componentes. El primero, el gancho de tracción, cuya función es aguantar el esfuerzo de tracción del vehículo siguiente y de la resistencia al movimiento (debe soportar 100 t). El segundo, el tensor de tracción, que tiene como función unir un vehículo al siguiente y transmitir el esfuerzo de tracción a los vehículos siguientes hasta la cola del tren (debe soportar 85 t). El proceso se inicia con la sujeción de la brida del vehículo siguiente al anterior en el ojo del gancho de tracción. Posteriormente mediante la manija se filetea el husillo hasta conseguir la distancia y tensión adecuada por su alargamiento o acortamiento.

Existen también sistemas de enganche automático, como por ejemplo en los ferrocarriles norteamericanos. Dichos enganches resisten los esfuerzos tanto de tracción como de frenado y, por eso, los vagones no llevan topes. En Europa, los ganchos de tracción solo aguantan los esfuerzos de tracción, por ello, son necesarios los topes. Entre las causas para no implantarse en los vagones podemos señalar el

[259] La suspensión primaria es la que existe entre los ejes y el bastidor del bogie y la secundaria entre el bastidor y la caja.

coste económico que supondría y la dificultad de la coexistencia temporal de dos sistemas. No obstante, si que se utilizan enganches automáticos en las locomotoras de maniobras que también deben resistir un esfuerzo de tracción de 100 t.

El segundo el subsistema **elementos de freno—N (-12)/9—**, hace referencia a los elementos necesarios para que cuando se acciona el freno automático desde la locomotora pueda frenarse todo el tren. Su función es hacer llegar el aire comprimido producido por el compresor de la locomotora hasta el vehículo de cola de la composición a través de la tubería general de freno y otros dispositivos (depósitos aire, distribuidor, cambiadores, etc.) para que llegue el frenado toda la composición del tren.

Consideramos dos elementos principales en este subsistema. Los semi-acoplamientos de freno automático, que son mangas elásticas acoplables entre ellas. Su función es unir las tuberías de aire de un vehículo ferroviario a otro. También los grifos de aislamiento, que tienen como función conectar o dejar fuera de servicio el equipo de freno del vehiculo, permitiendo o no la circulación del aire comprimido.

Por suparte, el subsistema **elementos de choque—N(-12)/10—,** contiene los elementos amortiguadores de impactos (topes) que llevan incorporados los vehículos ferroviarios por parejas en los extremos del vehículo. Se trata de piezas rígidas de acero fabricadas por extrusión con propiedades mecánicas excelentes, puesto que, no se trata de fundición ni soldadura. Constan de la una cabeza (plato) que es la zona de contacto con la del otro vagón y en su interior un muelle más un polímero con comportamiento elástico (elastómero fluido).

Su función es proteger el bastidor de un vehículo ferroviario, amortiguando y suavizando los choques o esfuerzos de dos vehículos consecutivos producidos en la marcha del tren, por la aceleración, deceleración y frenado; también en la maniobra de acoplamiento de la locomotora a la composición de vagones o a otra locomotora. Por otra parte, señalaremos que existen enganches integrales, más avanzados, que reúnen en un aparato único las funciones de tracción, absorción de choques, y las conexiones de la tubería de freno y acoplamientos eléctricos. Aunque su uso se circunscribe a los vehículos del metro.

Finalizaremos el subsistema diesel con el subsistema **suspensión secundaria—N(-12)/11—**, que tiene como funciones soportar y transmitir las cargas verticales estáticas y dinámicas de la caja de la locomotora al bogie y mantener la caja a una altura constante. Asimismo, proporcionar un buen grado de confort en las cabinas de conducción. Las entradas al subsistema serán los esfuerzos verticales y horizontales que transmiten el peso de la locomotora y los de circulación a través de las ruedas. Las salidas serán esas mismas fuerzas, pero con el módulo mucho menor y las vibraciones resultantes de la absorción de los esfuerzos.

Con respecto a los elementos de esta suspensión, señalaremos que está formada por muelles helicoidales, a los que complementan amortiguadores verticales y horizontales. Los primeros, tienen como función limitar la frecuencia y amplitud de los desplazamientos verticales de la suspensión entre la caja y el bogie. Los segundos, limitar la amplitud de los movimientos transversales, el movimiento lateral entre el *bogie* y la caja.

Actualmente, es posible encontrar distintos tipos de locomotoras diesel circulando por la RFIG. Así, Renfe Operadora cuenta con 115 locomotoras (octubre 2008)[260]: serie

[260] Para clasificar y describir de manera abreviada y comprensible la disposición de los ejes en las locomotoras diesel y eléctricas, se utiliza actualmente la notación europea de la U.I.C., que es la más extendida. También existe la notación de la Asociación de Ferrocarriles Americana (AAR), usada en Norteamérica, que básicamente es una simplificación de la anterior. Para las locomotoras de vapor se usa la notación de Whyte. La notación de Whyte cuenta los ejes y la notación de UIC cuenta pares de ejes.

319.200 (28 unidades, Co' Co', 120 km/h, 1.190 Kw), serie 319.300 (11 unidades, Co' Co', 120 km/h, 1.641 Kw), serie 319.400 (10 unidades, Co' Co', 140 km/h, 1.641 Kw), y serie 333.300 (66 unidades, Co' Co', 120 km/h, 2.100 KW). La operadora Comsa Rail cuenta con 25 locomotoras: serie 335, Euro 4.000 (3 unidades, Co' Co', 120 km/h, 3.178 Kw, esfuerzo tractor arranque 400 kN), serie G1.700 (2 unidades, diesel-hidraúlica,), serie 312, MZIII (2 unidades,) y LDE (18 unidades, Co' Co', 120 km/h, esfuerzo tractor arranque 320 kN).Señalaremos que la Euro 4.000 de Vossloh es la locomotora diesel más moderna y de mayor potencia y eficiencia energética en el mercado en la actualidad.

Contiental Rail opera 28 locomotoras de ancho internacional y dos de ancho ibérico: Class 37 (14 unidades, Co' Co', 128 km/h, 935 Kw), Class 58 (12 unidades, Co' Co', 129 km/h, 1.780 KW) y 2 unidades de la serie 333.300. Ha contratado la construcción de 4 unidades de la serie 335 (Euro 4.000). Eurocargo Rail no dispone de locomotoras en propiedad, pero tiene alquiladas 5 locomotoras de la serie 335 (Euro4000). Por último indicaremos que Logitren ha adquirido una locomotora de la serie 335 (Euro 4.000).

En cuanto al subsistema **eléctrico—N(-10)/2—**, señalaremos que la estructura tiene similitud con el subsistema diesel pero difieren de forma importante algunos de los subsistemas del subsistema caja —N(-11)/1—, entre otros subsistemas interiores. Las características de ambos tipos de locomotoras son diferentes y, aunque, sus funciones son las mismas, las necesidades de alimentación de las locomotoras eléctricas, obviamente, hace que únicamente puedan circular por vías electrificadas.

De forma general, puesto que hay distintos tipos de sistemas eléctricos, señalaremos que existen una serie de elementos en las locomotoras de tracción eléctrica que realizan la función de potencia para alimentar los distintos subsistemas.

Así es posible encontrar dispositivos para la alimentación de corriente eléctrica y de transmisión de la misma. También interruptores, situados entre la toma de corriente y el transformador principal en el caso de la corriente alterna o entre la toma y los dispositivos de regulación para corriente continua. Asimismo, conductores de sobretensión, transformadores auxiliares, conexiones a tierra, etc.

Las funciones de control, dependiendo del tipo de corriente empleada, serán desarrolladas por convertidores, rectificadores, onduladores, *choppers* (troceadores), etc. Además, existen dispositivos del sistema eléctrico que alimentan los elementos auxiliares, tales como, los equipos de aire comprimido, las baterías, sistemas de refrigeración, iluminación, etc.

Dicho lo anterior, precisaremos que sólo se abordarán algunos subsistemas que difieren absolutamente del subsistema diesel. Así, dentro del subsistema caja —N(-11)/1—, el subsistema **alimentación/pantógrafo—N(-12)/2—** en nuestro caso la línea aérea de contacto (LAC), cuya salida tiene como función proveer a la locomotora de energía eléctrica de forma continuada. El pantógrafo esta situado en el techo de la caja y tiene como función recibir la corriente de la catenaria y alimentar a la locomotora. Por lo tanto, la entrada al subsistema será la corriente continua de 3kV.

Los subsistemas principales serían: el bastidor base que es la parte fija del pantógrafo que soporta el bastidor y va montada sobre aisladores fijados al techo del vehículo. El bastidor, se trata de una estructura articulada que permite que el cabezal colector se mueva en dirección vertical con respecto al bastidor base del pantógrafo. El cabezal

---

Como ejemplo, para el caso de las locomotoras que circulan actualmente en España, señalaremos que en la notación de la U.I.C., las letras mayúsculas indican el número de ejes consecutivos (A, uno; B, dos; C, tres,…). En estos pares si cada eje es tractor, es decir conectado a un motor de tracción, se indica con una "o" minúscula (por ejemplo, Bo, Co). El número de bogies se indica con la repetición del grupo anterior (Bo Bo, Co Co, si todos los ejes son tractores). El apóstrofe indica que el bogie es orientable (Bo' Bo'; Co' Co'). El signo "+" indica que se trata de varios vehículos acoplados formando una sola unidad (B' B'+B' B', dos locomotora unidas formando un tandem).

colector, es la parte del pantógrafo soportada por el bastidor que incluye las tiras de contacto (piezas de desgaste sustituible que constituyen la interfaz con la línea aérea, también conocidas como frotadores), los cuernos (extremos del cabezal colector que aseguran un paso suave al hilo de contacto, también conocidas como trocadores) y puede incluir una suspensión. Por último, el sistema operativo, que es un dispositivo que suministra una fuerza para elevar o bajar el pantógrafo.

Las salidas serán entradas al subsistema **cámara de alta tensión—N(-13)/5—** a través de los pasamuros que hacen la unión eléctrica con el patógrafo. En el subsistema encontramos elementos como el **disyuntor principal —N(-14)/2—** , cuya función es abrir o cerrar un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente que circula por él excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos. Además, hay dos **seccionadores manuales—N(-14)/1—** para la desconexión de pantógrafos en caso de avería, un pararrayos y un disyuntor extrarrápido.

De la cámara de alta tensión corriente continua de entrada entra en el siguiente subsistema, que es **convertidores—N(-12)/3—**. Su función es transformar la corriente contínua en alterna para alimentar los motores[261] y algunos sistemas auxiliares.

La corriente convertida en alterna entra en el subsistema **onduladores —N(-13)/6—** en el que encontramos dos principales que alimentan cada uno de ellos los dos motores instalados en cada bogie y dos auxiliares que alimentan los distintos dispositivos auxiliares a frecuencias distintas (fija a 60 Hz y variable a 30-60 Hz). Señalaremos, que existen componentes que requieren también de transformadores para modificar la tensión de entrada, incluso otros, como por ejemplo la batería, que utiliza un convertidor para volver a convertir la corriente alterna en corriente continua para funcionar (110 Vcc).

Entre los distintos subsistemas alimentados por los onduladores subrayaremos el subsistema **Compresor —N(-14)/3—** el compresor de la locomotora 253 es de cuatro pistones con un caudal de 2.400 litros/minuto a la velocidad nominal de 1.750 rotaciones/min. Está propulsado mediante un motor asíncrono alimentado a 60 Hz.

Con respecto al subsistema **motores de tracción —N(-13)/8—** ya se dijo que los de corriente alterna son los más utilizados. Por ejemplo, la locomotora de la serie 253 tiene cuatro motores trifásicos asincrónicos. En cualquier caso, las entradas al subsistema serán el tipo de corriente que utilicen para su funcionamiento y las salidas serán la potencia de tracción y frenado. Pero además, las salidas, en el caso de utilizar freno reostático, serán también calor y en el caso de freno regenerativo, que convierte la energía cinética en energía eléctrica, será dicha energía que, a su vez, retroalimentará al sistema o volver a la red de alimentación.

El parque de locomotoras eléctricas que circulan por la RFIG tiene una alimentación de 3kVcc. Así, Renfe operadora cuenta con 283 locomotoras (octubre 2008): serie 250 (20 unidades, C' C', 100 km/h, 4.600 Kw), serie 251 (29 unidades, B' B' B', 100 km/h, 4.650 Kw), serie 253 (65 Unidades aprox., B' B' , 100 km/h, 5.600 Kw), serie 269.100 (85 unidades, Bo' Bo' , 80 km/h, 3.100 Kw), serie 269.200 (44 unidades, B' B' , 80

[261] Los convertidores eléctricos estáticos son utilizados para convertir la energía eléctrica según las necesidades específicas de uso. Entre ellos podemos citar los **rectificadores**, que transforman una corriente alterna monofásica o polifásica en corriente continua, generalmente con modificación simultánea de la tensión. Los **onduladores** que transforman una corriente contínua en alterna con la posibilidad de alimentar una carga en alterna, regulando la tensión, la frecuencia o bien ambas. Los **convertidores de corriente alterna** y los **convertidores de frecuencia** que transforman la corriente alterna monofásica o polifásica en corriente alterna de frecuencia o tensión diferentes. Los **convertidores de corriente continua** que transforman la corriente contínua en corriente contínua de tensión o de polaridad diferentes.

km/h, 4.650 Kw), serie 269.700 (18 unidades, B' B' , 120 km/h, 3.100 Kw), serie 269.850 (7 unidades, B' B' , 100 km/h, 6.200 Kw, 2 acopladas), serie 269.950 (7 unidades, B' B' , 100 km/h, 3.100 Kw), 279.000 (2 unidades, B' B' , 80 km/h, 2.700 Kw), 269.950 (1 unidades, Bo' Bo' , 80 km/h, 3.100 Kw), 289.100 (9 unidades, B' B' + B' B', 100 km/h, 6.200 Kw, 2 locomotoras unidas).

Por su parte, Comsa Rail dispone de 3 locomotoras: serie 253 (3 unidades). Actualmente las locomotoras eléctricas más modernas son las citadas 253, suministradas por Bombardier. Pertenecen a la plataforma Traxx, que cuenta con versiones en corriente alterna y continua (también diésel-eléctricas). Ha sido diseñada específicamente para el transporte de mercancías en redes de 3.000 voltios de tensión de alimentación de corriente continua, como la red española de ancho ibérico, y puede alcanzar velocidades máximas de 140 kilómetros por hora, gracias al sistema de propulsión y tecnología de control Bombardier Mitrac.

Dichas locomotoras mejorarán en fiabilidad hasta una estimación de 200.000 kilómetros y un 50% en reducción de costes de mantenimiento. También habrá una mejora de aproximadamente un 67% en potencia, es decir, que dadas las mismas condiciones de rampas y velocidad, las nuevas locomotoras podrán traccionar un 30% más de toneladas (300 kN esfuerzo tractor máximo en el arranque). Además las nuevas locomotoras podrán alcanzar una velocidad máxima de 140 kilómetros por hora, como consecuencia del sistema de propulsión y tecnología de control Bombardier Mitrac.

Finalizaremos el subsistema vehículos con el subsistema **vagones—N(-9)/2—**, que son vehículos ferroviarios sin tracción propia cuya función es transportar mercancías de distinta naturaleza. Para ello, se adapta la caja del vagón a ciertas necesidades de las mercancías, dando como resultado distintos tipos de vagones (figura 5-17, p.369).

Señalaremos que utilizamos como referencia el parque de vagones de Renfe Operadora. Hay que tener en cuenta que con la entrada de los operadores de mercancías privados, en algunos casos, pueden tener un parque más moderno.

La estructura del subsistema se ha realizado atendiendo en el primer nivel a las características estructurales de la caja—N(-10)/3 a 7—. Posteriormente, como, en general, todos presentan una estructura similar se ha organizado en tres subsistemas **caja—N(-11)/1—**, **bastidor—N(-11)/2—** y **tren de rodadura—N(-11)/3—**, aunque lo más correcto hubiese sido que cada tipo de vagón contase con su propia estructura de subsistemas.

En la estructura el primer subsistema encontramos los vagones **cerrados—N(-10)/3—**. La caja tiene una estructura prismática rectangular con techo abovedado. Hay vagones cerrados de dos ejes, con las paredes forradas de paneles de madera protegidos con resinas fenólicas[262]. Proceden de los antiguos vagones J1, transformados de 1985 a 1989. Tienen dos puertas deslizantes por costado (JPD1), que pueden ser cargados con distintos tipos de mercancía (polivalentes) y, a su vez, también son vagones especializados en el transporte de mercancías paletizadas, algunos de paletización directa (JPD2).

Existen vagones de este tipo con dos bogies de dos ejes, los testeros y el techo está construido con perfiles y chapas de acero, siendo su suelo de madera. Los primeros fueron construidos en 1990. Poseen cuatro puertas por costado, están especializados en mercancías paletizadas y son aptos para el tráfico internacional[263] (JJ2 y JJ4)[264].

[262] Son polímeros termoestables que se utilizan cuando se requiere resistencia de la madera ante la humedad.

[263] Los vagones aptos para el tráfico internacional están dotados de bogies Y-21 PSE, adecuados para 25 Tm/eje y con bastidor preparado para válvula de pesada WM-10.

[264] Los vagones que llevan duplicada la letra son de dos bogies de dos ejes (Por ejemplo, JJ, XX, etc. Los que no la son de dos ejes (J, X, etc).

Pueden dividir la caja en dos compartimientos mediante un panel divisor desplazable. Los JJ2 tienen una carga máxima de 22 Tm/eje y algunos JJ4 de 22,5 Tm/eje[265]. Otro tipo de vagones cerrados, son los porta-bobinas. La estructura consta sólo de una base con cunas sobre la que se acomodan las bobinas; llevan toldos exteriores deslizantes para su cierre. Están especializados en el transporte de bobinas de acero y chapa, que pueden ir dispuestas, dependiendo de la estructura de las cunas, con su eje su eje en posición horizontal (JJ5, JJ92, JJ93) o vertical (JJ7).

Algunos JJ5 tienen una carga máxima de 22,5 Tm/eje y todos los JJ92 y JJ93. Los JJ7 pueden transportar también otros productos de alta densidad y peso. Los JJ5 proceden de la modificación realizada entre los años 1997 y 2006 de los vagones MMB y los JJ7 de la modificación realizada entre los años 2002 y 2004 de los JJ3. Los JJ92 y JJ93 se construyeron entre los años 2000 y 2005.

El siguiente subsistema es **abiertos—N(-10)/4—.** La caja tiene una estructura en prisma rectangular sin techo. Los hay con bordes altos y una puerta lateral a cada costado (X8), y con bordes máximos y dos puertas laterales a cada costado (X7), ambos especializados en madera en rollizos. Los primeros proceden de la modificación de los vagones X4 en el año 1984 y los segundos de la modificación de los vagones X1 entre los años 1987 y 2000.

También existen vagones de bordes máximos (XX) con dos y tres puertas por costado, para el tráfico de distintas mercancías (polivalentes). Los de tres puertas tienen piso metálico y los de dos de madera o metálico. Fueron transformados en el año 1983 los de dos puertas y entre los años 1976 y 2002 los de tres. Otro tipo de vagones son los porta-traviesas (X6, MM2), los X6 tienen bordes metálicos de chapa perforada en ambos costados. Proceden de la transformación de los M1, MA1, MQ y MM2 en 1990.

El siguiente subsistema es **plataformas—N(-10)/5—,** existen una gran variedad de tipos de plataformas, dependiendo del tráfico para el que están destinadas. Su característica común es que la caja rectangular sólo tiene piso, sobre la que se incorporan distintos elementos para el acondicionamiento de las mercancías. Las plataformas portacontenedores carecen de piso por lo que los contenedores se apoyan directamente en el bastidor del vagón con los pivotes de anclaje adecuados.

- *Polivalente*: Convencional (M1), algunas están acondicionadas para el transporte de palanquilla y alambrón, y para el tráfico internacional, fueron construidas entre los años 1966 y 1975; (MQ). Con costados y testeros bajos abatibles, pueden llevar contenedores; fueron construidos en los años 1983 y 1984; (MM2), algunas aptas para el tráfico internacional, fueron construidas entre los años 1973 y 1989; (MM2Q), con piso de madera, pueden transportar también productos siderúrgicos y graneles, fueron construidas en los años 1976 y 1977; (MM9C) tienen una caja baja con costados y teleros bajos abatibles, son todas aptas para el tráfico internacional, tienen piso de madera y fueron construidas en el año 2005; (MM9L), con piso de madera, sólo tiene los dos testeros bajos abatibles y algunos son aptos para el tráfico internacional.

- *Porta-automóviles*: (MA), para el transporte de vehículos de carretera. Está formada por dos semi-vagones de dos ejes, con continuidad entre ellos y con piso metálico, por lo que puede transportar hasta cinco vehículos, procede de la transformación de los vagones del tipo J1 en el año 2006; (MA1), también puede transportar traviesas, procede de la transformación de J entre los años 1988 y 1989; (MA5), similar a la MA, pero de dos pisos.

  Estan protegidos por una malla lateral entre piso inferior y superior, fueron construidas en el año 1995.; MA6, podía considerarse como un vagón cerrado sin testeros, puesto que la estructura de la caja es similar a la de los JPD y proceden de los J2 que fueron transformados entre los años 1996 y 2001;

[265] La carga máxima incluye la tara.

(MMA), es similar a M5 pero con dos bogies de dos ejes (MMA), algunos son aptos para el tráfico internacional y fueron construidos entre los años 1981 y 1982, circularon en los expresos en el pasado.

–*Porta-bobinas*: (MMB), transportan bobinas con su eje en posición horizontal y algunos son aptos para el tráfico internacional; (MMB9), en este caso están especializadas en el transporte de dos bobinas de 32 Tm cada una y proceden de la transformación de los anteriores vagones en los años 1989 y 1990.

–*Transporte alambrón*: (MM4) transporten bobinas de alambrón, con constado y testeros bajos abatible, también tiene teleros[266] abatibles, llevan cunas longitudinales de madera y son aptos para el tráfico internacional, fueron construidos en los años 1989 y 1990; (MM42), son como los anteriores pero fueron transformados entre los años 1999 y 2001, proceden de MM2.

–*Porta-traviesas*: (M5), para el transporte de traviesas de hormigón, tiene testeros abatibles, fueron transformados entre los años 1990 y 1995.Transporte de tubos y otros productos siderúrgicos: (MM5), tienen testeros altos de chapa metálica y teleros especiales de la misma altura, ambos fijos, proceden de vagones transformados MM2 entre los años 1994 a 1997.

–*Carrileros*: (SM1), estos vagones no circulan aislados, forman parte de trenes carrileros, cuentan con tres durmientes metálicos para el apoyo de los carriles, fueron construidos en los años 1971 y 1989.

–*Portacontenedores (2 ejes):* todos son vagones especializados para el transporte de contenedores, no tienen piso y la mayoría son aptos para el tráfico internacional y tienen, una o dos, válvulas de pesada, salvo los MC y MCE; (MC),son aptos también para cajas móviles, su capacidad es de 40’ (pies) (2 Teus).

Fueron construidos entre los años 1972 y 1999, y 1966 y 1967, no siendo aptos para el tráfico internacional estos últimos; (MCE), la única diferencia con los anteriores son su dotación de clavijas especiales de anclaje para el tráfico de contenedores en vacío con una tara inferior a 3.000 Kg; (MC3), sus características son similares[267] a los anteriores, fueron construidos entre los años 1989 y 1991; (MC3), similares a los anteriores, fueron construidos entre los años 1989 y 1992; (MC4E), dispone de las mismas clavijas especiales que MC y MCE, su capacidad es de 45’ (2, 25 Teus), fueron construidos en los años 2000 y 2001; MCI, capacidad 40’ (2 Teus);

–*Portacontenedores (2 Bogies)*: todos son vagones especializados para el transporte de contenedores y no tienen piso, a diferencia de los anteriores no disponen de válvulas de pesada y dependiendo del tamaño de los contenedores que se carguen, su disposición sobre la plataforma y su número variará; (MMC/MMC1), capacidad 60’ (3 Teus), en los MMC, si se transporta un contenedor de 40 pies debe ir centrado.

Algunos fueron construidos entre los años 1971 y 1975, no siendo aptos para el tráfico internacional, los construidos en el año 1978, sí que los son; (MMC3/MMC2), tienen características similares a los anteriores, algunos fueron construidos en los años 1974 y 1975, no siendo aptos para el tráfico internacional.

Los construidos entre los años 1980 y 1982, sí que los son; (MMC3E), tiene clavijas especiales de anclaje para transportar contendores vacíos de menos

[266] Son barras verticales, dispuesta por parejas a cada costado de las plataformas para sujetar la carga en caso de desplazamiento hacia los laterales del vagón.

[267] No se incluyen todas las características técnicas, si se hiciera, no se podría afirmar que son similares.

de 3.000 Kg de tara, fueron construidos en los años 2002 y 2003 y son aptos para el tráfico internacional; (MMP), también pueden transportar cajas móviles y semi-remolques de camión, la carga máxima variará según se trate de contenedores y cajas móviles de 20`,30`y 40`, en el primer caso, ó de semi-remolques en el segundo, dispone de válvulas de pesada en un *bogie*, fueron construidos en el año 1985 y no son aptos para el tráfico internacional.

– *Porta-contenedores (3 bogies):* capacidad 80' (4 teus), son vagones articulados construidos en los años 1989 y 1990 que no son aptos para el tráfico internacional.

– *Porta-contendores transporte de sal:* (MM9S), transportan sal a granel y están provistos de piso con chapa de cubrición de acero inoxidable, con extremos antideslizantes y canalones laterales de desagüe; dispone de válvula de pesada en un *bogie,* construidos en el año 2004 y son aptos para el tráfico internacional.

Otro subsistema es **tolvas—N(-10)/6—** como en las plataformas, existen una gran variedad de tipos de tolvas, dependiendo del tráfico de graneles para el que están destinadas. Salvo las destinadas al cemento y a las cenizas la descarga se realiza por gravedad. Su caja es una estructura de chapa de acero, en algunos casos inoxidable, con una cuna de acero sobre la que se transporta la mercancía a granel. Las tolvas abiertas tienen una estructura en tronco de pirámide rectangular invertida; en las tolvas cerradas varía, en algunas la parte superior y, en otras, su estructura es cilíndrica.

– *Transporte de Balasto*: son tolvas abiertas destinadas al transporte de balasto; la descarga se realiza por bocas bilaterales en la vía mediante accionamiento manual de los dispositivos. (T3), circulan formando un conjunto de dos vagones indivisibles con unión intermedia por barrón y fueron construidas en los años 1974 y 1975, algunas tienen una boca de descarga central; (TTF), pueden transportar también materia prima para la construcción, dispone de válvula de pesada en un bogie, pede realizar la descarga por la parte central de ambos costados, fueron construidas en los año 1987 y 1988; (TTM), pueden transportar también mineral, están diseñadas para ambas mercancías con densidades mayores de 1,5 Kg/dm^3, asimismo, pueden transportar materia prima para la construcción, fueron construidas en los años 2000 y 2001 y son aptas para el tráfico internacional, su carga máxima es de 22,5 Tm/eje y la descarga es manual orientable por las bocas centrales bilaterales.

– *Transporte de Carbón*: son tolvas abiertas. (TT4), construidas entre los años 1980 y 1983 son aptas para el tráfico internacional, tiene cuatro bocas automáticas de descarga central; (TT49), están especializadas en carbón con una densidad de entre 0,6 y 0,9 Tm/m^3 , construidas en los años 2003 y 2004 son aptas para el tráfico internacional, su carga máxima es de 22,5 Tm/eje, tiene cuatro bocas automáticas de descarga central; (TT6), especializada en carbón de granulometría fina es también polivalente para graneles (minerales, abonos, remolachas, etc), construidas en los años 1980 y 1981 son aptas para el tráfico internacional.

  Tienen cuatro bocas de descarga bilaterales; (TT9), su estructura tiene dos cubas separadas -troncos piramidales unidos- por sus lados interiores, puede transportar también mineral y materia prima para la construcción, fueron construidas entre los años 1975 y 1988, tienen dos bocas automáticas de descarga central.

– *Transporte de cereal*: son tolvas cerradas. (T1), también pueden transportar abono, la descarga es manual por dos bocas centrales, construidas en el año 1966 son aptas para el tráfico internacional; (TT5), también pueden transportar abono, la descarga es manual por dos bocas centrales, fueron construidas entre los años 1970 y 1976; (TT8), su estructura es cilíndrica, pueden

transportar también otros graneles, tienen cuatro bocas de descarga manual centrales, proceden de la transformación de vagones cisterna RR en el año 1986;

- *Transporte de Cemento y Cenizas*: (TTC9), su estructura es cilíndrica, las cenizas transportadas tienen una densidad de 1 gr/cm^3, tiene dos tubos de descarga en cada costado que accionados neumáticamente por una fuente externa a una presión de 2 Kg/ cm^2, fueron construidas en el año 2003.

- *Transporte de graneles diversos*: (TT7), puede transportar mineral, abono, remolacha, materiales de construcción, etc., tiene dos bocas de descarga manuales a cada lado, fueron construidas en el año 1984 y son aptas para el tráfico internacional.

Por último, el subsistema **cisternas —N(-10)/7—** su función es transportar líquidos y su estructura es cilíndrica. La descarga se realiza por gravedad. Podemos encontrar dos subtipos: (RR2), utilizadas para el transporte de combustibles líquidos, dispone de una boca manual de descarga bilateral y de una válvula de aireación para su realización.

Fueron construidas en 1968; (RR92), similar a la anterior, tiene dos dispositivos de recuperación de gases, construidas en los años 2001 y 2002, son aptas para el tráfico internacional. Señalaremos que se están investigando nuevas estructuras para el diseño de los vagones y nuevos materiales, como el aluminio, para disminuir la tara del vagón e incrementar su capacidad de carga neta (útil).

Como se ha dicho anteriormente la estructura de cada uno de los tipos de vagón está compuesta por tres subsistemas caja—N(-11)/1—, bastidor—N(-11)/2— y tren de rodadura—N(-11)/3—. El subsistema **caja—N(-11)/1—**, tiene la función de transportar el tipo de mercancía para la que fue diseñada con las suficientes garantías de seguridad, tanto para la circulación de los trenes, como para la integridad de dicha mercancía.

El primer subsistema que encontramos es **estructura—N(-12)/1—** está formada, dependiendo del tipo de vagón, por vigas y perfiles metálicos para el armazón y los durmientes, planchas metálicas para testeros y paredes laterales, planchas de madera para revestimientos interiores, etc.

El diseño y los materiales de que están construidas deben cumplir una serie de requisitos[268], como por ejemplo, de resistencia longitudinal y vertical a las fuerzas transversales y verticales, tanto estáticas como dinámicas, los esfuerzos de compresión y de choque, los límites de rigidez a la torsión, etc. Señalaremos que a las propias fuerzas de aceleración y frenado, hay que añadir las que puedan derivarse de la naturaleza de las mercancías en su transporte y en los procesos de carga y descarga. No se abundará más en este subsistema porque se han visto algunas de sus características en los subsistemas anteriores.

El siguiente subsistema considerado es **sujeción y anclado de cargas—N(-12)/2—** , tiene como función sujetar y anclar los cargamentos para evitar movimientos y desplazamientos durante la marcha. Dependiendo de los tipos de vagón y la naturaleza de las mercancías transportadas variará. Así, es posible encontrar sujeciones interiores como cuñas, anillas de amarre, cintas, mallas, etc., en los vagones cerrados. Mallas, toldos, elementos de fijación de amarras en el bastidor, etc. en los vagones abiertos. Teleros de sujeción, rodillos tensores, anillas de amarre, elementos de fijación de amarras en el bastidor, brazos de sujeción de bobinas.

[268] Para mayor información consultar: CEN (Comité Europeo de Normalización), *Norma UNE EN 12663: Aplicaciones ferroviarias. Requisitos de dimensionamiento de las estructuras de los vehículos ferroviarios*, AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), 2001, Madrid.

Calces y barras de sujeción en los vagones porta-automóviles. Clavijas sencillas en el bastidor y clavijas dobles interiores en los vagones portacontenedores.

Por último, el subsistema dispositivos de **carga y descarga—N(-12)/3—**, que tiene como función permitir el desarrollo del proceso de carga y descarga de los vagones. Los vagones que necesitan de estos dispositivos propios de los vagones son las tolvas y las cisternas. En todas las tolvas encontramos bocas de descarga de accionamiento manual mediante volantes y en las de descarga automática mediante palancas de apertura con resorte; la carga se realiza mediante tolvas de carga o con cintas sin fin.

Como se ha visto, en las tolvas que transportan cemento y cenizas, son necesarios elementos externos para su descarga; el cargue se realiza por dos bocas superiores. Las cisternas disponen de cierre de la tapa; para la descarga disponen de dos bocas laterales y una de fondo dotadas con válvulas de cierre.

El siguiente subsistema del subsistema vehículos es **bastidor—N(-11)/2—** su estructura rectangular está formada por vigas de acero, con refuerzos transversales también de acero. Su función es sostener el peso de la caja y absorber vibraciones y cabeceos propios de la circulación que le transmiten los ejes y bogies. El bastidor está soldado a la caja. Su estructura la forman tres subsistemas, aparatos tracción—N(-13)/1— dispositivos freno—N(-13)/2— y aparatos de choque—N(-13)/3—.

El subsistema **elementos de tracción—N(-12)/4—**, su función es transmitir el esfuerzo de tracción a todos los vehículos que forman parte del tren y soportar la resistencia a su movimiento. Coincide con el subsistema ya visto en el subsistema bastidor de las locomotoras por lo que no se abundará más.

En cuanto al subsistema **dispositivos de freno—N(-12)/5—** tiene como función hacer llegar el aire comprimido producido por el compresor de la locomotora hasta el vehículo de cola de la composición, para que pueda aplicarse el frenado automático a toda la composición del tren. Este subsistema consta de distintos elementos con diferentes funciones. La tubería de freno, situada debajo del bastidor entre ambos extremos del vagón, su función es permitir la circulación del aire a presión por todo el tren; los grifos de aislamiento, conectan con la tubería de freno y tienen como función conectar o dejar fuera de servicio el equipo de freno del vehiculo, permitiendo, o no, la circulación del aire comprimido; los semi-acoplamientos de freno automático, que son mangas elásticas que se acoplan entre ellas, y su función es unir las tuberías de aire comprimido de un vehículo ferroviario a otro.

Otros elementos son el distribuidor de freno, cuya función es ejecutar la orden de freno en cada vehículo; la válvula de aflojamiento, que permite aflojar el freno de un vehículo sin que sea necesario aumentar la presión de la tubería de freno automático; cilindro de freno, tiene como función desarrollar el esfuerzo de frenado, al transmitir al émbolo la presión del aire y este, a su vez, transferirla a la timonería de freno, que la traslada a las zapatas de freno; el depósito auxiliar, que almacena aire para el cilindro de freno; el regulador de freno, que permite mantener constantes los juegos entre las zapatas y ruedas en su valor normal.

Incluye elementos que tienen como función mejorar la eficiencia para que el esfuerzo del freno sea máximo. Así, tenemos el cambiador de régimen, que discrimina viajeros y mercancías, logrando el máximo apriete de las zapatas. También el cambiador de potencia que dimensia el apriete de las zapatas si el vagón circula vacío o cargado.

Finalizaremos el subsistema bastidor con el subsistema **aparatos de choque—N(-12)/6—**. Su función es proteger a los vehículos ferroviarios y sus cargamentos, amortiguando y suavizando los choques o esfuerzos de dos vehículos consecutivos producidos durante la marcha del tren, por la aceleración, deceleración y frenado; también en las maniobras, tanto al realizar el enganche y desenganche de los vehículos como en las maniobras por lanzamiento.

Básicamente es similar, tanto en funciones, como en características, a los ya vistos en el subsistema bastidor de las locomotoras. Únicamente, señalaremos que los muelles interiores de los topes en los vagones de mercancías deben ser poco flexibles, con una reducida tensión inicial, para que la tensión final sea la mayor que permita el espacio disponible en el interior del tope. Se trata de evitar las roturas de enganches producidas por reacciones demasiado violentas en el momento de la parada de los trenes que aumentan de cola a cabeza del tren, o durante las maniobras.

El último subsistema del subsistema vagones, corresponde al subsistema **tren de rodadura—N (-11)/3—**, tiene elementos distintos con respecto al mismo subsistema de las locomotoras, porque no llevan motores, aunque su estructura y funciones es similar. Está compuesto por los ejes montados, conjunto de un eje y sus dos ruedas, y la suspensión, cuyas funciones son guiar al vagón por las vías y soportar el peso de la caja, con carga y sin ella. Asimismo, por algunos de los dispositivos de freno.

El subsistema **ejes y bogies—N(-12)/7—** se han agrupado ambos elementos porque los vagones pueden ser vagones de ejes o de bogies, auque la estructura del tren de rodadura de dichos vagones será distinta. Los ejes, individuales o integrantes del *bogie*, son ejes montados, como en el caso de las locomotoras. Sin embargo, aunque las funciones, básicamente son equiparables, presentan la notable diferencia de que no reciben directamente la fuerza de tracción y frenado de los motores. La fuerza de tracción es transmitida por los tensores del subsistema aparatos de tracción y la fuerza de frenado por los dispositivos de freno del propio vagón. Señalaremos que últimamente se sigue investigando para incrementar la capacidad del peso portante por eje en los bogies de los vagones hasta las 30 Tm/eje.

A modo de ejemplo, recientemente se han construido 60 vagones cisternas entregados a Renfe Operadora para el transporte de bioetanol y biodiesel. Se les ha dotado de un *bogie* Y-21 PSE, apto tanto para el ancho europeo como ibérico, con un peso máximo por eje de 25 Tm y con un diámetro de rueda de 920 mm.

En cuanto a la estructura del subsistema se ha organizado en tres subsistemas, ruedas—N(-13)/1— , cajas de grasa—N(-13)/2— y freno—N(-13)/3—. Sobre el subsistema **ruedas—N(-13)/1—**, señalaremos que las características y funciones referidas en el subsistema locomotoras son igualmente aplicables a los vagones, con la salvedad de los esfuerzos de tracción. Asimismo, indicaremos que los diámetros de las ruedas de los vagones son menores que los de las locomotoras, por ejemplo los 920 mm señalados anteriormente para los vagones cisterna y los 1.250mm/1.170mm para la Traxx 253. En cuanto al subsistema **cajas de grasa—N(-13)/2—**, también en este caso son de aplicación las características y funciones de este subsistema en las locomotoras. Puntualizaremos que en el caso de los vagones no llevan incorporados sensores de velocidad.

Por último, en el subsistema **freno—N(-13)/3—**, señalaremos, que nos centramos en las zapatas y no en los otros elementos ya vistos. No obstante, se recordará que la timonería de freno, un conjunto de bielas y palancas, es la encargada de transmitir a las zapatas el esfuerzo de frenado desarrollado por el cilindro de freno. Está también relacionada con los cambiadores de potencia y de régimen citados con anterioridad.

El subsistema **zapatas—N(-14)/1—** contiene los elementos que aplican el esfuerzo del frenado automático de aire comprimido sobre las ruedas de los vagones. Actualmente se utilizan las de compuesto, ya citadas, por su menor desgaste y el coeficiente de rozamiento constante durante el frenado. Además, durante el proceso de frenado hay una disminución del ruido[269], aspecto medioambiental importante, que está generando

[269] En los vagones de mercancías se considera el ruido de paso y el ruido estacionario (si está dotado de elementos auxiliares, como generadores, refrigeradores, etc.). El ruido de paso está determinado en gran parte por el ruido de rodadura (ruido producido por el contacto entre

la representación cartográfica de los denominados "mapas de ruido" siguiendo las directrices de la Unión Europea para tomar medidas correctoras.

Con respecto al cambiador de régimen "viajeros" (P/V)[270] o "mercancías" (G/M), realizaremos, por su importancia, algunas precisiones. En el caso de los trenes de mercancías largos y pesados (la actual tendencia), es necesario que la aplicación de las zapatas a las ruedas sea rápida pero ligera al iniciar el frenado, para permitir una elevación lenta y progresiva del esfuerzo de frenado. En los trenes cortos de mercancías, por el contrario, la aplicación debe ser rápida y el apriete debe alcanzarse con rapidez.

En cuanto al cambiador de potencia, "vacío" y "cargado", su función es dimensionar el apriete de las zapatas. En los vagones cargados, si es incorrecta la posición, las zapatas apretarán las ruedas insuficientemente, no frenando de forma eficiente. Si por el contrario, la posición es incorrecta en los vagones vacíos, las apretarán en exceso, produciendo en bloqueo de las ruedas y el consiguiente deslizamiento, con la formación de planos en la superficie de rodadura.

El otro subsistema es **estacionamiento—N(-14)/2—** es un mecanismo manual de freno mecánico que consta de un volante o un husillo en la parte exterior del vagón y una caja de engranajes, con piñones y una corona dentada, que aprieta las zapatas de freno de las ruedas. No están dotados todos los vagones con este dispositivo. Su función es mantener detenido o estacionado el material teniendo en cuenta el lugar, viento, pendiente y estado del material rodante. Indicaremos que el freno automático apretado al máximo, pierde su eficacia a los 90 minutos, por lo que sería necesario utilizar el freno de estacionamiento si se produjera una avería de la locomotora, un corte del tren en plena vía, etc. El freno de estacionamiento debe estar diseñado de tal forma que los vagones a plena carga se detengan en una pendiente de 40 milésimas y sin viento con una adherencia máxima de 0,15.

Por último, finalizaremos el subsistema vagones con el subsistema **suspensión—N(-12)/8—**, también en este caso son de aplicación las características y funciones señaladas para la suspensión de las locomotoras. Sin embargo, en los vagones de mercancías únicamente existe la suspensión primaria, es decir, en un nivel, que será diferente según sean de ejes o *bogies*. Así, en los vagones de ejes, la suspensión de cada uno de ellos presenta dos muelles de flexión del tipo ballesta de hojas múltiples

---

ruedas y carriles), que depende de la velocidad. El ruido de rodadura se produce, a su vez, debido a la irregularidad combinada de ruedas y carriles y al comportamiento dinámico de la vía y de los ejes montados. Los límites para el ruido de paso en los vagones varían en sus valores máximos entre 82 dB (A) y 87 dB (A), en función de su número de ejes por unidad de longitud.

En las locomotoras se consideran, además, el ruido de puesta en marcha y el del interior de las cabinas de conducción. Los valores para las locomotoras son: Ruido de puesta en marcha, entre 82 y 84 dB (A), para las locomotoras eléctricas y entre 86 (A) y 89 (A) para las locomotoras diesel, en función de sus potencias en llanta. Ruido estacionario: para ambas 75 dB (A). Ruido de paso: 85 dB (A) para ambas. Si se desea ampliar la información, consultar la decisión 2006/66/CE, *sobre la especificación técnica de interoperabilidad referente al subsistema «material rodante ruido » del sistema ferroviario transeuropeo convencional*, de 23 de diciembre de 2005.

[270] El cambiador de régimen deberá ir en la posición viajeros en los siguientes casos: 1) Trenes de hasta Tipo 120, con 500 m de longitud y 1.200 Tm de peso como máximo. 2) En el caso de que sean todos los vagones de bogies se amplía la carga hasta 1.600 Tm. 3) Si se trata de vagones homogéneos de bogies se amplía la carga hasta 2.200 Tm. En el resto de los casos la posición deberá ser mercancías, siendo el Tipo máximo 100, la longitud máxima de 700 m y la carga máxima de 2.500 Tm.

escalonadas (ballestas multihoja) [271]. El bastidor se apoya sobre cada muelle de suspensión por medio de anillas.

Por su parte, los vagones de bogies incorporan muelles helicoidales[272], un total de cuatro por cada eje montado, que pueden incorporar material sintético de fricción. Señalaremos que, a falta de la suspensión secundaria, la unión de la caja con los ejes también es diferente para los vagones de ejes y de bogies. En los primeros forma un cuerpo soldado y rígido con el bastidor del vagón, en los segundos se realiza mediante un pivote central entre el bastidor de cada *bogie* y la caja, aunque pueden ser dos apoyos en el eje longitudinal o sobre dos apoyos laterales elásticos o no. Sobre la caja de grasa se fijan las ballestas o los muelles que soportan el bastidor del vehículo transmitiendo la carga a la parte final del eje.

Finalizado el subsistema vehículos, el siguiente subsistema que encontramos es el subsistema **mantenimiento y modificación—N(-8)/5—**, que está absolutamente relacionado con el subsistema de vehículos. Sus funciones están encaminadas a conseguir del subsistema vehículos un desempeño continuo, operando bajo las mejores condiciones técnicas, sin importar las condiciones externas del ambiente (ruido, polvo, humedad, calor, etc.) al cual están sometidos los vehículos. Para ello, son imprescindibles las funciones de vigilancia, para que no se produzcan averías y, caso de que ocurran, proceder a su reparación eficiente y en el menor tiempo posible.

Otra de las funciones es realizar las modificaciones necesarias de los vehículos, en función de las necesidades y los avances tecnológicos, para mejorar la eficacia y eficiencia de los vehículos. Este sub-sistema se ha estructurado en tres sub-sistemas:

El subsistema **predictivo—N(-9)/3—** sus funciones son estudiar las técnicas y metodología que se utiliza en el mantenimiento preventivo en las intervenciones de locomotoras y vagones para evitar posibles roturas por desgaste. Las entradas al subsistema serán las técnicas y metodología existente para diseñar y desarrollar el mantenimiento preventivo, así como los avances tecnológicos y metodológicos que se vayan produciendo.

Entre las técnicas más utilizadas podemos encontrar las medidas de presión y temperatura, detección de grietas y fugas, el análisis termográfico, análisis de aceites, análisis de vibraciones, ultrasonidos, partículas magnéticas y el análisis radiográfico entre otras.

Cada uno de estos subsistemas, cuenta en su estructura con otros tres subsistemas que son los mismos. Así, tanto en el mantenimiento correctivo, como preventivo y predictivo, tenemos el subsistema electrónico—N(-10)/3—, el subsistema eléctrico—N(-10)/4— y el subsistema mecánico—N(-10)/5—. En el subsistema vagones no hemos considerado el electrónico por no haber implantación de estos elementos.

El subsistema **preventivo—N(-9)/4—** hace referencia al conjunto de operaciones que definen cada una de las intervenciones de mantenimiento que deben realizarse sobre un vehículo ferroviario y la frecuencia con que éstas han de efectuarse durante toda su vida útil. El objetivo es conservar en el estado requerido durante su validación las características técnicas que requieren los vehículos en materia de seguridad, fiabilidad, compatibilidad técnica, salubridad, protección medioambiental y, en su caso,

[271] Las ballestas están constituidas por láminas de acero superpuestas de longitud creciente de abajo a arriba. Se encargan de suavizar la rodadura del vehículo atenuando la violencia de los choques producidos por las irregularidades de la vía, origen de movimientos vibratorios, cuyo trabajo debe ser absorbido evitándo su transmisión al bastidor. Además, tienen la función de proteger la vía disminuyendo el efecto de los choques de las ruedas sobre los carriles.

[272] Los muelles helicoidales están formados por el arrollamiento de una barra de acero de sección circular, elíptica o rectangular alrededor de un cilindro o de un cono

interoperabilidad. Por lo tanto, su función es disminuir, evitando en cierta manera, las reparaciones mediante revisiones periódicas y renovación de elementos deteriorados.

El mantenimiento predictivo se basa en el conocimiento del estado operativo de una locomotora o vagón. Comprende un conjunto de técnicas de inspección, como la adquisición de parámetros y el análisis y diagnóstico. También la organización y planificación de intervenciones que no afectan al servicio del equipo y que tratan de ajustar al máximo la vida útil del elemento en servicio, planificando la intervención antes de que el fallo se produzca, cuando se ha superado un determinado umbral de trabajo.

Para determinar el umbral, dependiendo del tipo de intervención planificada se selecciona una unidad que represente el desgaste de los elementos, esta puede ser kilómetros, toneladas kilómetro (TBK) o años. A modo de ejemplo, y tomando como referencia a Renfe Operadora, encontramos una serie de intervenciones periódicas de mantenimiento del material de mercancías que realiza esta operadora.

Así, tenemos la *Visita de Seguridad*, que es la inspección que se realiza a los vagones, normalmente en vía y dirigida a asegurar los elementos y dispositivos de seguridad del vehículo. La *Revisión RIV*, realizada a los vagones de tráfico internacional para garantizar el cumplimiento del RIV (Reglamentos Internacionales de Vehículos). La *Revisión de Seguridad Intermedia*, que se realiza a determinadas series de vagones, incorporando una intervención específica de algunos elementos de los que existe constancia que necesitan una mayor atención. La *Revisión de Seguridad*, con consistencia fija es la que se realiza a los vagones por tiempo. Por último, la *Reparación Cíclica*, es la intervención generalizada que se efectuará a los vagones, bien por trabajo realizado o por tiempo.

En dichas intervenciones se procede al desmontaje total o parcial de la locomotora o vagón con el fin de revisar el estado de sus componentes, siendo reemplazados aquellos que se estimen oportunos. En cuanto a las entradas al subsistema señalaremos que serán las locomotoras y vagones susceptibles de la intervención, y la tecnología precisada para ello. En el caso de ser necesario el recambio de alguna de las piezas, serán entradas también dichas piezas. Las salidas serán las locomotoras y vagones intervenidos en plena disposición para su funcionamiento.

El subsistema **correctivo—N(-9)/5—**, su función es reparar las averías cuando se producen. El principal inconveniente que presenta este tipo de mantenimiento es que el usuario detecta la avería e utilizar el en momento de utilizar el equipo, es decir, se encuentra con el problema bien al poner en marcha la locomotora o durante su utilización. Ocurre lo mismo con los vagones en el momento del cargue o durante su ciclo de circulación en un tren. Las entradas al subsistema serán las locomotoras y vagones averiados, las piezas necesarias para su reparación y la tecnología que se precisa para ello. Las salidas serán las locomotoras y vagones reparados con plena disposición para su uso.

Subsistema **electrónico—N(-10)/3—**, se ha incorporado este elemento puesto que cada vez son más los componentes electrónicos que llevan las locomotoras, especialmente los ordenadores, que como se ha visto anteriormente, centralizan entre otras funciones, todos los sensores de control de abordo. Las funciones de este subsistema son los distintos tipos de vigilancia y reparación de todos los componentes electrónicos de las locomotoras.

Subsistema **eléctrico—N(-10)/4—** hace referencia a todos los equipos eléctricos y sus componentes necesarios en una locomotora para su funcionamiento. Podemos encontrar el pantógrafo, el motor de tracción, los elementos de protección, los contactores, las electroválvulas, las resistencias de arranque, el regulador e inversor de marcha, las baterías, los dispositivos de seguridad, etc.

El subsistema eléctrico de una locomotora desarrolla tres funciones. La función de potencia que corresponde al arranque, el desarrollo de la fuerza de tracción para el arrastre de los trenes, la inversión de la marcha y el frenado. La función de control relacionada con la regulación de la marcha, conducción en mando múltiple, protección contra sobretensiones y sobre-intensidades, etc. Las funciones auxiliares, tales como la ventilación de los motores, iluminación, refrigeración, etc.

El subsistema **mecánico—N(-10)/4—** es el sistema más importante de los el material móvil. Esta importancia viene determinada por el gran desgáste a que están sometidos todos los elementos mecánicos. Entre estos podemos encontrar las suspensiones, los frenos, los elementos de tracción, los aparatos de choque, el motor de tracción (en el caso de las locomotoras diesel también el motor generador de potencia mecánica), el sistema neumático, el tren de rodadura, la estructura, etc. y todos los componentes que los integran.

N (-7)/3 Operador Logístico

Vistos los subsistemas, administrador y operador de transporte, el último subsistema que se abordará para tener una visión panorámica de conjunto será el subsistema operador logístico. La actividad de un operador logístico es diseñar, sobre demanda del cliente, los procesos de una o varias fases (eslabones) de su cadena de suministro como son aprovisionamiento, transporte, almacenaje, distribución e, incluso, ciertas actividades del proceso productivo (ver figura 5-18, p. 370).

A. **Funciones:**

Organizar, gestionar y controlar las operaciones de la cadena de suministro para las que ha sido contratado por el cliente, utilizando para ello infraestructuras físicas, tecnología y sistemas de información, propios o ajenos, independientemente de que preste o no los servicios con medios propios o subcontratados

B. **Estructura, entradas y salidas:**

Sobre la estructura señalaremos que no se ha realizado para todos los eslabones del subsistema logístico. Únicamente para el de distribución física que es el que afecta más directamente. Añadimos un subsistema con los servicios que puede prestar el operador logístico para el proceso de distribución física de las mercancías, como se ha hecho con el administrador de infraestructuras y con el operador de transporte.

Con respecto a las entradas se ha considerado genéricamente que son las necesidades de los subsistemas industrial y productivo, incluidos en el sistema territorial, las que posibilitan y dirigen la entrada de recursos al sistema (línea azul continua). Como en el caso de los operadores de transporte, son provistos por el subsistema económico, es decir, por las empresas (operadores) que explotarán el subsistema, siendo organizados y distribuidos entre los subsistemas del subsistema operador logístico por el subsistema de gestión.

En cuanto a las salidas, también se ha considerado genéricamente que corresponden a las utilidades y servicios prestados (funciones) por el subsistema a otros subsistemas de su propio subsistema, al cliente o bien al subsistema productivo (línea verde continua). Como en el caso de los operadores de transporte, existe un flujo económico (rentabilidad) que puede determinar su permanencia en el mercado. Todos los subsistemas retroalimentan con sus servicios y utilidades al subsistema Operador Logístico para conformar un todo que se corresponde con los servicios (funciones) que presta a los clientes.

La estructura del subsistema se ha configurado en cinco subsistemas, gestión—N(-8)/1—, control —N(-8)/2—, I+D+i —N(-8)/3—, distribución física —N(-8)/4— y servicios logísticos —N(-8)/5—. Sobre los dos primeros subsistemas no se añadirá nada más a

lo dicho en los mismos subsistemas del Administrador de Infraestructuras y del Operador de Transporte porque, básicamente, la gestión y el control eficientes son un denominador común para todas las empresas.

En cuanto al subsistema **I+D+i —N(-8)/3—**, añadiremos que la investigación, desarrollo e investigación, como ya se ha dicho, es en la actualidad una necesidad para toda empresa de vanguardia, más, si cabe, en este sector sujeto a una gran competitividad, con la exigencia de altos niveles de calidad, la constante reducción de los costes y posibles impactos de la evolución del sistema logístico sobre el medio ambiente (logística verde).

La investigación de las novedades tecnológicas, organizativas y operativas en el subsector logístico y su implementación, para añadir valor a las cadenas de suministro, por las razones apuntadas en el párrafo anterior, junto con las realizadas por los administradores y operadores de transporte son la lubricación del subsistema productivo industrial. Es uno de los motores que sustentan el subsistema económico en el entorno globalizado actual. El interés radica, desde nuestro punto de vista, en relacionar los subsistemas de producción, circulación, distribución y consumo, del subsistema económico.

El subsistema **distribución física —N(-8)/4—**, hace referencia a la parte de de la cadena de suministro que se encarga de administrar los flujos de productos tangibles con fines productivos o de consumo final. Sus funciones incluyen todos los procesos relacionados con el movimiento de productos o mercancías, desde la obtención de materias primas y productos semi-facturados (aprovisionamiento) hasta la entrega del producto al cliente (distribución), entendido este, desde el punto de vista de la producción o del consumo final.

Entre las entradas hay que considerar los recursos de que dispone el operador, pero también las necesidades del cliente y las mercancías. Las salidas serán los servicios ofrecidos a las mercancías, sin embargo, en este caso, después de haber realizado con ellas los procesos necesarios que producirán su modificación espacial y temporal (transporte y almacenaje). Este subsistema se ha estructurado en tres subsistemas, aunque señalaremos que se ha incluido el subsistema centro de distribución por resaltar uno de los elementos fundamentales del subsistema de distribución, aunque puede no ser necesario en ciertas cadenas de distribución para determinados clientes.

Subsistema **centro distribución —N(-9)/2—**, corresponden a los nodos de las redes de suministro y distribución. Son puntos de rupturas de carga en los que de los productos se someterán a diversas operaciones, que pueden ser muchas y variadas, requiriendo, en algunos casos, equipo pesado y muy especializado. Como en el caso del subsistema terminales y estaciones del administrador, la distribución física no tiene necesariamente que incluir ningún centro de distribución, puesto que, por ejemplo, en el caso del cliente cuya actividad es la producción, puede ser un proceso directo entre la fuente de materias primas y el centro de producción.

Además, un volumen importante de los tráficos utiliza las cadenas trimodales intermodales ferroviaria-carretera-marítima y, en los puertos, existen almacenes, campas, tanques, etc. que realizan el transporte desde dichos puntos al cliente. Por el contrario, sí que son necesarios los centros de distribución para la distribución al cliente final, porque los volúmenes de mercancías y de referncias de entrada, que pueden llegar desde diversos orígenes, son elevados. Así, las funciones serán modificar físicamente el tamaño de los envíos y lotes recibidos, su clasificación, agrupamiento, almacenaje, distribución capilar, etc.

Las entradas al subsistema son los recursos que el operador logístico pone a su disposición, las mercancías y los ingresos que recibe por los servicios prestados. Las salidas del subsistema serán dichas mercancías ya tratadas hacia los distintos

destinos de consumo final. La estructura del subsistema consta de tres subsistemas operaciones y control —N(-10)/3— , planificación de planificación operaciones —N(-10)/4—,y equipamiento —N(-10)/5—. Por cuestiones de espacio y de diseño no se corresponde el nivel horizontal con su posición, pero no es significativo.

El subsistema **planificación de operaciones —N(-10)/4—** tiene como función realizar la planificación de todas las operaciones que se deben realizar en el centro de distribución en función de los volúmenes de mercancías y del número de referencias de entradas y salidas del subsistema. Son variadas y numerosas. Podemos citar, entre otras, los requerimientos y necesidades de los clientes, la disponibilidad de espacio en los almacenes, los procesos de carga y descarga en los muelles, la clasificación de los envíos por rutas de entrega y recogida, cálculo de índices de carga y de estiba de los camiones según el tamaño de los lotes, etc. Señalaremos que la planificación estratégica corresponde al subsistema de gestión.

El siguiente subsistema es **operaciones y control —N(-10)/3—**, sus funciones son la realización de todas operaciones que se llevan a cabo en el centro de distribución, así como su control. Cada uno de dichas operaciones se realiza en un lugar diseñado al efecto. Su estructura estará formada por seis subsistemas que serán los encargados de gestionar y controlar cada una de las operaciones que le corresponda desarrollar. Los procesos realizados con las mercancías dentro de los subsistemas tendrán como resultado (salidas) los pedidos preparados para su envío, las mercancías organizadas y almacenadas, los camiones cargados, etc.

Los subsistemas son: accesos —N(-11)/7—, muelles —N(-11)/8—, zona de recepción —N(-11)/9—, almacén —N(-11)/10—, área de preparación de pedidos —N(-11)/11— y zona de expedición —N(-11)/12—. No se abundará más porque cuando se hablo del subsistema logístico y las operaciones en terminales ya se vieron muchos de estos subsistemas. Sólo comentaremos que existen envíos y lotes que no requieren ningún tratamiento, son mercancías en tránsito que serían entradas y salidas del subsistema tránsito —N(-12)/5—.

Por último el subsistema **equipamiento —N(-10)/5—**, hace referencia a algunos de los recursos físicos y técnicos que el operador logístico pone a disposición del centro de distribución para desarrollar sus funciones. La estructura está formada por el subsistema **instalaciones—N(-11)/13—**, y corresponde al espacio físico y las distintas construcciones ocupadas por los subsistemas del subsistema operaciones y control; también por el subsistema **elementos de manipulación —N(-11)/14—** que hace referencia a carretillas, transpalets, maquinaria, estanterías, herramientas y materiales, etc., necesarios para realizar las operaciones en cada uno de dichos subsistemas.

El segundo subsistema del subsistema centro de distribución, es **distribución capilar —N(-9)/1—**. Realiza las operaciones de transporte en vehículos del modo carretera hasta un radio de aproximadamente 50 km de los centros de distribución (y de puntos nodales de otros subsistemas modales de transporte). Incluye la distribución de mercancías en el interior de las ciudades, es decir, la logística urbana. Se trata de un elemento fundamental en el subsistema de distribución física, puesto que, prácticamente, todos los centros de producción y de consumo requieren su entrega o recogida de las mercancías en dichos puntos, generalmente, puerta a puerta.

Señalaremos, que depende y está condicionada por la influencia de las infraestructuras, la estrategia de distribución y las características de los vehículos utilizados. Su estructura la forman los subsistemas flotas—N(-10)/1— y el subsistema diseño de rutas de recogida/entrega—N(-10)/2—.El subsistemas **flotas—N(-10)/1—** lo componen los distintos tipos de vehículo, así como todas sus operaciones y procesos asociados. La función del subsistema es realizar la recogida y entrega de las

mercancías. La estructura del subsistema está formada por los subsistemas mantenimiento—N(-11)/1—, vehículos—N(-11)/2— y conductores—N(-13)/3—

Para el subsistema **mantenimiento—N(-11)/1—** son de aplicación en general, salvando las distancias, las características, funciones y estructura del subsistema de mantenimiento de vehículos ferroviarios. Señalaremos que los elementos fundamentales de este subsistema, entre otros, son neumáticos, frenos, mecánica y filtros. El subsistema **vehículos—N(-11)/2—** corresponde a los vehículos y sus características desde el punto de vista técnico, de consumo, de carga, la normativa aplicable, etc. También incluye dispositivos que incorporan los vehículos, por ejemplo, los tacógrafos (se están implantando digitales), GPS, ordenadores, etc. En el caso de las locomotoras se podía haber discriminado en tantos subsistemas como tipos de vehículos integran la flota.

La estructura consta de dos subsistemas, el de **optimización consumo—N(-12)/1—** muy relacionado con el consumo energético, la contaminación y las emisiones CO2, sus funciones son la conducción eficiente y el desarrollo de las técnicas para realizarla. También realizar pruebas con combustibles más eficientes y medioambientalmente sostenibles, como los biocombustibles y los vehículos híbridos o eléctricos.

El segundo, **optimización de cargas—N(-12)/2—** relacionado con el ahorro de costes la eficiencia, la productividad y la competitividad. Será necesario conocer características del vehículo, como la carga útil, el peso en vacío, la capacidad del vehículo en superficie, volumen y número de pallets, la equivalencia entre unidades, los compartimentos de carga y sus divisiones, la altura y dimensiones de paso, etc.

También será necesario conocer características de las mercancías, como requerimientos de transporte, restricciones de carga y apilabilidad, incompatibilidad entre productos, etc. Es muy importante realizar el cálculo del factor de carga[273] y de estiba de los vehículos, considerando concretamente el peso y volumen de cada mercancía. Señalaremos, con respecto a esto que cada modo de transporte tiene una capacidad de carga máxima, que está definida por el peso máximo o el volumen máximo de la carga. Si el factor limitante es el peso o es el volumen dependerá del tipo de mercancía que se transporta.

Finalizaremos el subsistema flotas con el subsistema **conductores—N(-11)/3—**, a cada vehículo y a cada ruta será necesario asignar un conductor, también, planificar cursos de formación, reconocimientos médicos, horarios, jornada, gráficos, etc.

El siguiente subsistema es **diseño de rutas de recogida y entrega—N(-10)/2—**, que hace referencia a la planificación de las rutas de entrega y recogida de las mercancías. Está en función de los nodos de la red de carreteras que es necesario servir y de las características y restricciones de los arcos y nodos de dicha red. La función que debe realizar este subsistema es realizar la entrega y recogida en el menor tiempo posible y a un coste óptimo, garantizando los plazos de entrega y recogida, las ventanas horarias y las condiciones de acceso a los clientes.

Para ello, será necesario diseñar los tipos de rutas, recabando información de todas las variables a tener en cuenta, características de la red de carreteras y sistema viario urbano, restricciones de circulación, requerimientos del cliente, etc. El objetivo será reducir el número real de vehículos en circulación, los kilómetros por vehículo y los kilómetros por tonelada, mediante el aumento de los factores de carga (reduciendo la

[273] El factor de carga es el peso medio de la mercancía transportada, en toneladas/vehículo. El factor de estiba es la relación entre el volumen ocupado y el peso de una determinada mercancía. Incluye la pérdida de espacio entre bultos, entre granos en los cereales, etc. Es muy utilizado en el transporte marítimo y aéreo.

circulación en vacío o a media carga de los camiones) y estiba (minimizando el volumen no ocupado), la mejor formación de itinerarios y el uso de las nuevas tecnologías de la información para optimizar la carga de retorno, reagrupar entregas y compartir cargas y recogidas y entregas con otras empresas.

La estructura del subsistema tiene tres subsistemas **restricciones—N(-11)/4—**, **ventanas—N(-11)/5—** y **seguimiento—N(-11)/6—**. De forma sucinta diremos que las restricciones afectan a las normas de circulación en la ciudad, obras, horarios permitidos, etc. Las ventanas hacen referencia a los intervalos horarios de recogida/entrega en función de las necesidades de los clientes. El subsistema seguimiento incluye los sitemas de posicionamiento por GPS y GSM/GPRS, cuya importante función es conocer en todo momento la localización de cada uno de los vehículos en circulación por las rutas diseñadas, así como las paradas y la duración de las mismas.

Finalizaremos el subsistema operador logístico con el subsistema **servicios logísticos —N(-8)/5—**, este subsistema no es único de este operador, como se ha visto en los anteriores subsistemas, administrador de infraestructuras y operador de transporte. No es casual, actualmente, las empresas conocen la importancia que tiene la logística y los servicios asociados a ella. Las funciones de este subsistema son ofrecer a los clientes servicios personalizados, ordinarios y especializados, de forma racional y coordinada con el objetivo de proveer al cliente los productos y servicios en la cantidad, calidad, plazos y lugares demandados, con elevada competitividad, garantizando, además, la preservación del medio ambiente.

El diseño debe hacerse a la medida de las necesidades y requerimientos de los clientes, buscando la excelencia y altos grados de satisfacción en la calidad percibida por dichos clientes. Las entradas al subsistema son, además de los recursos, las necesidades y requerimientos de los clientes, además de los ingresos producidos por la prestación de los servicios. Asimismo, las sinergias producidas por las alianzas y las colaboraciones con otras empresas. Las salidas serán los servicios ofertados, sus costes, el grado de eficiencia y el nivel de calidad. También habría que considerar las emisiones que produce cada uno de ellos.

La estructura del subsistema consta de cuatro subsistemas, ordinarios —N(-9)/3—, especializados—N(-9)/4—, atención al cliente—N(-9)/5— y alianzas y colaboraciones—N(-9)/6—.Sobre el subsistema **ordinarios—N(-9)/3—** diremos que englobaría todos los servicios logísticos que no necesitan ni por los requerimientos de los clientes ni por las características de las mercancías, ninguna condición especial de transporte, de conservación o de manipulación. En el caso contrario estarían incluidos en el subsistema **especializados—N(-9)/4—**. La estructura la conformarían de forma discriminada todos los servicios ofertados porque los procesos que ocurren en su interior tienen mecanismos diferentes. Se verán en el último subsistema que sintetiza todos los servicios logísticos junto con los del administrador de infraestructuras y operador de transporte.

En cuanto al subsistema **atención al cliente—N(-9)/5—**, se puede aplicar en líneas generales lo dicho en los primeros párrafos del mismo subsistema del operador de transporte, puesto que, el administrador de infraestructuras y ambos operadores ofrecen el servicio con la correspondiente y necesaria atención al cliente. En general, tiene muchas características comunes a todos ellos.

Por último, en el subsistema **alianzas y colaboraciones—N(-9)/6—**, señalaremos que la necesidad de atender mercados más amplios y prestar una mayor gama de servicios ha dado lugar a un incremento del tamaño crítico de las empresas para poder efectivamente, ampliar servicios y ámbitos de actuación. Ello da lugar a operaciones de fusión, absorciones y/o colaboraciones entre empresas para cubrir todos los

segmentos y ámbitos. Es necesario también tomar en consideración, de manera general, lo dicho en los subsistemas colaboraciones y coordinación —N(-9)/7— del administrador de infraestructuras, así como, alianzas y participaciones—N(-9)/7— del operador de transporte.

Para finalizar este punto de análisis de los tres subsistemas, administrador de infraestructuras, operador de transporte y operador logístico, agruparemos los servicios logísticos que ofrecen todos ellos (ver figura 5-19, pp. 371 y 372). En nuestra opinión, la esencia de lo que son los servicios del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril sintetizado en las terminales intermodales.

En la figura, se muestra una estructura añadida en la parte superior, cuyos flujos ya se han comentado en otros subsistemas y que son también aplicables en esta parte superior y en toda la figura. Así, podemos apreciar los recursos y necesidades (línea azul continua), los servicios y utilidades (línea verde continua) y los flujos de vehículos (línea roja discontinua). A estos subsistemas del encabezado de la página no se les ha puesto nivel, ni vertical ni horizontal, pero son perfectamente localizables en la estructura de los primeros subsistemas vistos en el apartado 5.3.

Las únicas excepciones son la terminal intermodal y los centros de distribución, a los que les correspondería el (N-9) que ha extraído de su nivel, pero que, en nuestra opinión, en el caso de la terminal está clara su proyección y posición (línea negra discontinua). Los centros de distribución en este punto no nuestro objeto de interés.

Las entradas y salidas a estos dos subsistemas se han simplificado, puesto que deberían entrar y salir desde los subsistemas, administrador de infraestructuras, operador de transporte y operador logístico. Correspondiendo a ellos la interacción con los subsistemas centros de producción, centros de distribución y centros de consumo. Puntualizaremos, que en el caso de la terminal intermodal los vehículos podrían considerarse para los tres modos, ferroviario, carretera y marítimo, porque como se dijo en el subsistema terminales del administrador, existen puertos con terminales ferroviarias en su interior.

Las entradas a la terminal, desde el punto de vista de los servicios logísticos corresponden a todos los del administrador de infraestructuras, los del operador de transporte y los del operador logístico. Haremos una breve referencia a ellos (a partir del nivel N-10, puesto que el N-9 se ha visto ya en las páginas precedentes para cada agente).

Del administrador, en este caso en España, podemos citar los servicios adicionales, complementarios y auxiliares. Los **servicios adicionales—N(-10)/1—**, incluye el subsistema **acceso y expedición—N(-11)/1—**, prestados siempre por el administrador son los de acceso desde la vía a las instalaciones de mantenimiento, reparación y suministro existentes en la red gestionada por este administrador. Entre las instalaciones encontramos las de aprovisionamiento de combustible, las de electrificación para la tracción, las de formación de trenes, las de carga y clasificación.

Los **servicios complementarios—N(-10)/2—**, incluye los subsistemas **—N(-11)/2 a 7——**, en los que tenemos el suministro de corriente de tracción y el combustible, el de maniobras y cualquier otro relacionado con las operaciones sobre el material y los específicos para el control de materias peligrosas y tráficos especiales.

Los **servicios auxiliares—N(-10)/3—** incluye los subsistemas **—N(-11)/8 a 16——**, en los que encontramos la facturación, el pesaje de trenes y vagones, el estocaje y almacenaje de UTIs, la limpieza de material. La planificación de acarreos, el acondicionamiento y la infraestructura para las materias peligrosas, el acceso a la red de telecomunicación y el suministro de información complementaria.

Los servicios de **alquiler de instalaciones y espacios logísticos—N(-10)/4—** estos servicios siempre han estado a disposición de los clientes. Pero actualmente, con el nuevo modelo de gestión de algunas terminales y estaciones, así como, con la entrada en vigor de la denominada *Ley Ómnibus*[274], es ineludible, caso de que lo soliciten. Así, el administrador de infraestructuras deberá poner a disposición de las Empresas Ferroviarias y los Candidatos de Material Rodante, si poseen el título habilitante correspondiente, los espacios logísticos y las instalaciones o medios que necesiten para el desarrollo de su actividad en régimen de auto-prestación.

De los operadores de transporte, tomando como referencia Renfe Operadora, aunque son extrapolables a otros operadores ferroviarios, podemos citar (el nivel N-10 ya se ha visto): Los servicios para el tráfico de **multiproducto—N (-11)/17—** que transporta madera y papel, productos químicos, productos manufacturados, así como los productos para la logística de distribución. También realiza transportes especiales, considerados de esta forma por sus dimensiones o sus pesos excepcionales.

Los servicios para el tráfico **intermodal—N(-11)/18—**, que incluye los contenedores y cajas móviles, pueden ser trenes completos personalizados a cada cliente de acuerdo con las exigencias y operativa que ellos determinan, incluyendo los parámetros relativos a orígenes y destinos, volumen y frecuencia de envíos, etc. También hay a disposición de los clientes una red intermodal para el transporte de contenedores aislados o lotes de contenedores que no alcanzan el tamaño crítico suficiente para un tren completo.

La estructura del subsistema está formada cinco subsistemas**—N(-12)/1 a 5,** que incluyen los servicios puerta a puerta, el almacenaje, la distribución, la aduna y el alquiler de contenedores, respectivamente. Los servicios para el tráfico de **graneles—N(-11)/19—**, incluye el transporte de mercancías como carbón, cementos, clinker, cereales, áridos, abonos, etc. granel, acondicionada para su transporte en pallets, en *big bag* (grandes envases de poliuretano a modo de enormes bolsas), mediante flejes o en granel. Dichos servicios se prestan en factorías, en puertos (en línea de atraque, terminales o terminales de apoyo), en terminales ferroviarias, en derivaciones (apartaderos) particulares, en almacenes y a pie de obra.

Los servicios para el tráfico **siderúrgicos—N(-11)/20—**, las mercancías que transporta son chatarra, bobinas, perfiles, chapa, alambrón, tubos, etc. La oferta se dirige hacia empresas del sector siderúrgico productoras/cargadoras y a operadores logísticos especializados en este sector.

Los servicios para el tráfico de **automoción—N(-11)/21**— son servicios de transporte ferroviario orientados a la logística de grandes volúmenes de tráfico de automóviles entre las factorías, puertos y campas, así como entre campas. También desarrolla el transporte de piezas y componentes entre factorías, y entre puertos y factorías.

La estructura del subsistema está formada por tres subsistemas **—N(-12)/6 a 8—**, que incluyen la gestión de las campas de automóviles, la gestión de las interfases modales y el alquiler de vagones porta-automóviles, respectivamente.

Del operador logístico, la prestación puede ser de **servicios generales—N(-10)/11—**, compuesto por los subsistemas**—N(-12)/26 a 36—** que incluirían el seguimiento de las mercancías y, si es el caso, la trazabilidad, la gestión de tiempos de las cadenas de suministro de los clientes, el almacenaje, la preparación de pedidos, la gestión, tanto

[274] *Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.* BOE nº 308 de 23 de diciembre de 2009.

de inventarios como de información, la supervisión de la carga y la descarga, la formalización de documentación y los trámites que necesite, incluidas las aduanas, los seguros, etc.

También pueden ser **servicios especializados—N(-10)/10—**, formado por los subsistemas **—N(-11)/22 a 25—**, que prestan servicios para las distintas ramas industriales, para mercancías que necesitan condiciones de conservación en almacenes refrigerados, o la monitorización de algunos parámetros como la presión, humedad o la temperatura durante su proceso de transporte y almacenaje. El subsistema **sectores industriales —N(-11)/22** comprendería todas las ramas industriales, incluidas las materias peligrosas producidas o necesarias para el proceso productivo.

Como se puede apreciar, se muestra el conjunto de los servicios logísticos ofrecidos por los sistemas de transporte y logístico, que no son excluyentes, más bien complementarios. Pero además, esta complementariedad se acentúa con las relaciones de colaboración y la coordinación que se establecen entre el administrador y los operadores de transporte. Se han incluido en el subsistema colaboraciones y coordinación con el color de ambos agentes (amarillo y lavanda claros).

También podrán incluirse colaboraciones entre distintas administraciones o entre los diferentes operadores de transporte. Asimismo, con las relaciones que se establecen entre los operadores de transporte y los operadores logísticos se han incluido en el subsistema alianzas y participaciones también con los colores de ambos agentes (violeta y gris claros). Además, la colaboración y coordinación puede tener lugar entre varios administradores de infraestructura, entre varios operadores de transporte o entre varios operadores logísticos, incluso entre todos ellos a la vez.

Las sinergias generadas amplifican considerablemente las capacidades, tanto en recursos como en alcance geográfico, incrementando la competitividad de todos los agentes implicados, que tal vez, individualmente no podrían conseguir. Es necesario tener en cuenta que la nueva organización globalizada de la producción mundial se ha visto reflejada en la concentración de la industria del transporte y en la tendencia a la colaboración entre todos los actores, dado que el transporte es uno de los tramos de la cadena de suministro más difíciles de armonizar con las necesidades de los proveedores y los clientes, porque el abastecimiento y la distribución constituye un proceso dinámico que en la cadena de suministro exige una alta coordinación.

Con las colaboraciones, alianza, participaciones y fusiones, el resultado será el alargamiento de las cadenas de transporte y, por lo tanto, de las de suministro, pudiendo competir en los subsistemas globales de transporte y logístico de manera más eficaz sin perder eficiencia. Obviamente, el beneficiario último será el cliente que contrate los servicios, puesto que, podrá abrir nuevos mercados más lejanos a unos precios más competitivos. Como ejemplos de colaboración, sin ser exhaustivo, podemos citar la suscrita entre Adif y Puertos del Estado, en la que mediante acuerdos marcos con la mayoría de las Autoridades Portuarias se les ha otorgado la gestión de las líneas férreas dentro sus los puertos.

Asimismo, la realizada entre Adif y Refer (*Rede Ferroviaria Nacional de Portugal*), por la que ambos administradores homologaron los sistemas de señalización y control de las locomotoras, a principios de 2009, no siendo ya necesario el cambio de locomotora en la frontera entre ambos países. También la acordada entre Renfe Operadora con la empresa del grupo Sncf, Naviland Cargo, que realiza tráficos hacia Lyon (Francia) desde el puerto de Barcelona, el denominado *Barcelyon Express*.

Pero existen colaboraciones más complejas desde el punto de vista operativo, como la realizada entre Adif y DB Schenker, primer operador logístico ferroviario europeo, a través de su filial Euro Cargo Rail España para el transporte de fruta en contenedores

refrigerados a Dagenham Railport (Reino Unido) desde la terminal de Silla (Valencia) en menos de 60 horas.

Para la creación del nuevo surco ha sido necesaria la colaboración con otros administradores de infraestructuras europeos, como *Reseau Ferre de France* (Francia), la sociedad privada *Eurotunnel* y *Network Rail* (Reino Unido). En el transporte y gestión logística de los contenedores refrigerados Euro Cargo Rail contará con el apoyo de DB Schenker y Stobart Rail Group. El servicio está dirigido a productores y mayoristas de productos hortofrutícolas, importadores y distribuidores de supermercados.

En cuanto a las alianzas encontramos la de Renfe operadora y la operadora de cargas de los ferrocarriles portugueses (CP carga), que desarrolla tráficos interoperables con Portugal, el llamado *Iberian Link*, o la de la operadoras privadas Comsa Rail y la portuguesa Takargo, denominado Ibercargo Rail.

Por último, citaremos las alianzas y coparticipaciones entre Renfe Operadora y otros operadores diversos para operaciones de sus unidades de mercado que mostrarán la complejidad de relaciones que se pueden establecer.

En el tráfico intermodal con Intercontainer-Interfrigo (ICF) y Combiberia, operadores de tráfico combinado ferrocarril-carretera, y Cargometro, operador logístico para el tráfico de piezas de automóvil desde el puerto de Bacelona hasta la factoría de SEAT en Martorell. Para automoción con LTF, operador logístico ferroviario, SEMAT, operador logístico ferroviario que también realiza el mantenimiento, almacenamiento y distribución de vehículos, y Tranfesa, operador logístico integral de transporte ferroviario que actualmente es filial de DB Schenker. El mercado de siderúrgicos, con RailSider, operador logístico ferroviario, y con ArcelorMittal, la mayor empresa siderúrgica mundial, creando una alianza estratégica para mejorar la cadena de suministro de las factorías de la compañía siderúrgica en el Principado de Asturias. En cuanto a multiproducto con Alfil Logistics, proveedor logístico integral.

En las terminales también existen estas alianzas, con Conte-Rail, empresa cuya actividad es la explotación, las operaciones y la gestión integral de terminales intermodales, con TMZ, puerto seco de Zaragoza relacionado con el puerto de Barcelona y con la UTE de servicios ferroviarios del puerto de Musel (Gijón).

Esta visión holística de los servicios logísticos que hemos sintetizado en las terminales intermodales de mercancías muestra uno de los aspectos en que debe basarse el subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril, en la colaboración entre todos los agentes que intervienen en la cadena de suministro a los clientes. Aún más, tal vez fuese posible desarrollar una línea de investigación sobre una oferta integral de todos los servicios logísticos aquí vistos y, otros, por un único operador que trabajase en red a gran escala de medios técnicos y humanos que operase a escala geográfica global.

Para finalizar, señalaremos, que aquí únicamente se han mostrado cuatro agentes implicados en el proceso de transporte, el administrador de infraestructuras, los operadores de transporte y logísticos, y los clientes. Sin embargo, son muchos más los agentes, administraciones, legisladores, industria ferroviaria, otras empresas tecnológicas, instituciones financieras, etc., que incrementan exponencialmente las relaciones entre todos los agentes que forman parte del proceso de transporte.

Figura 5-8. Administrador. Gestión, Control e I+D+i. Niveles N (-8)/1,…,3 a N (-10)/1,…,11

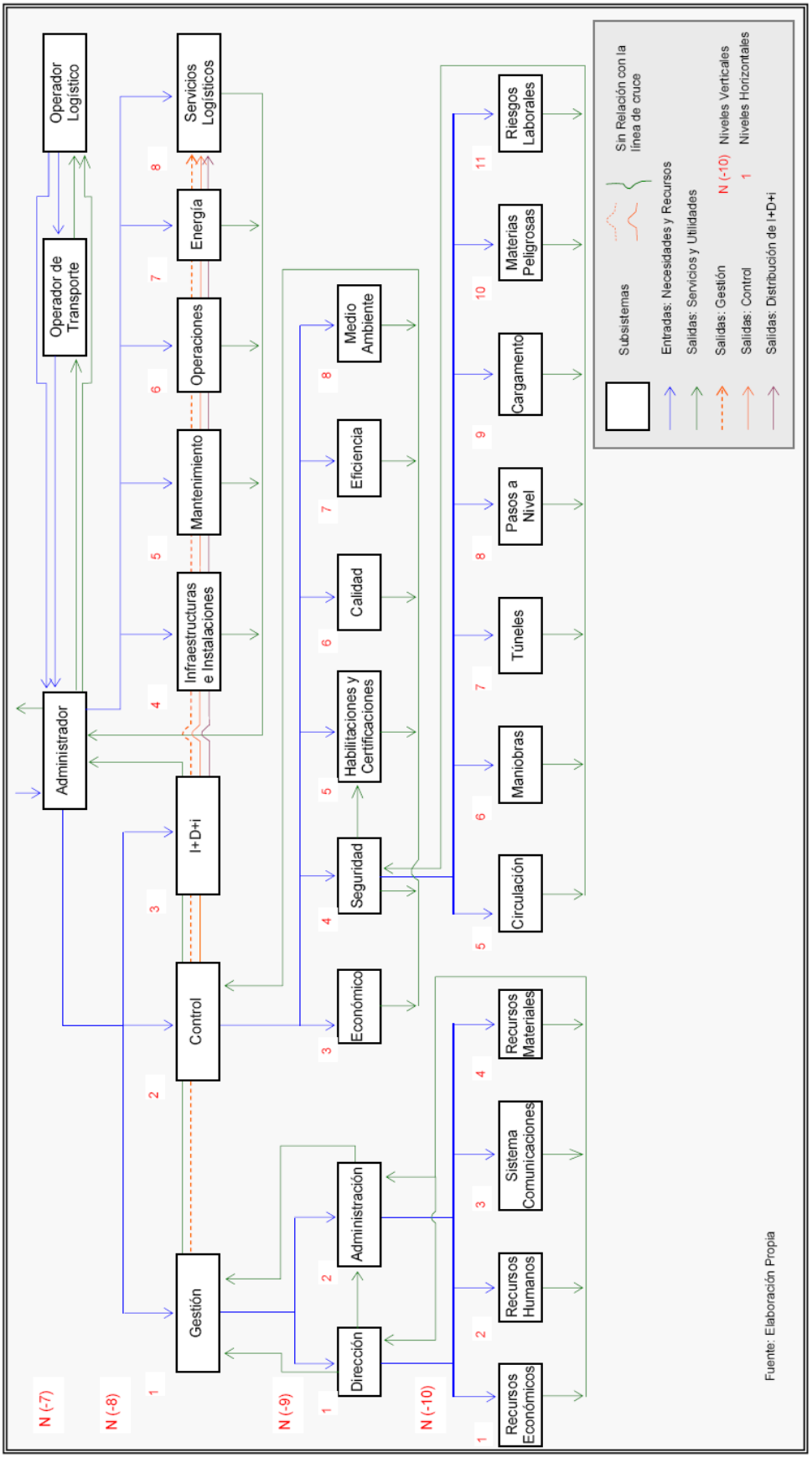


Figura 5-9. Administrador. Infraestructuras e Instalaciones de Línea. Mantenimiento. Niveles N (-8)/4 y 5 a N (-14)/1,…,9.

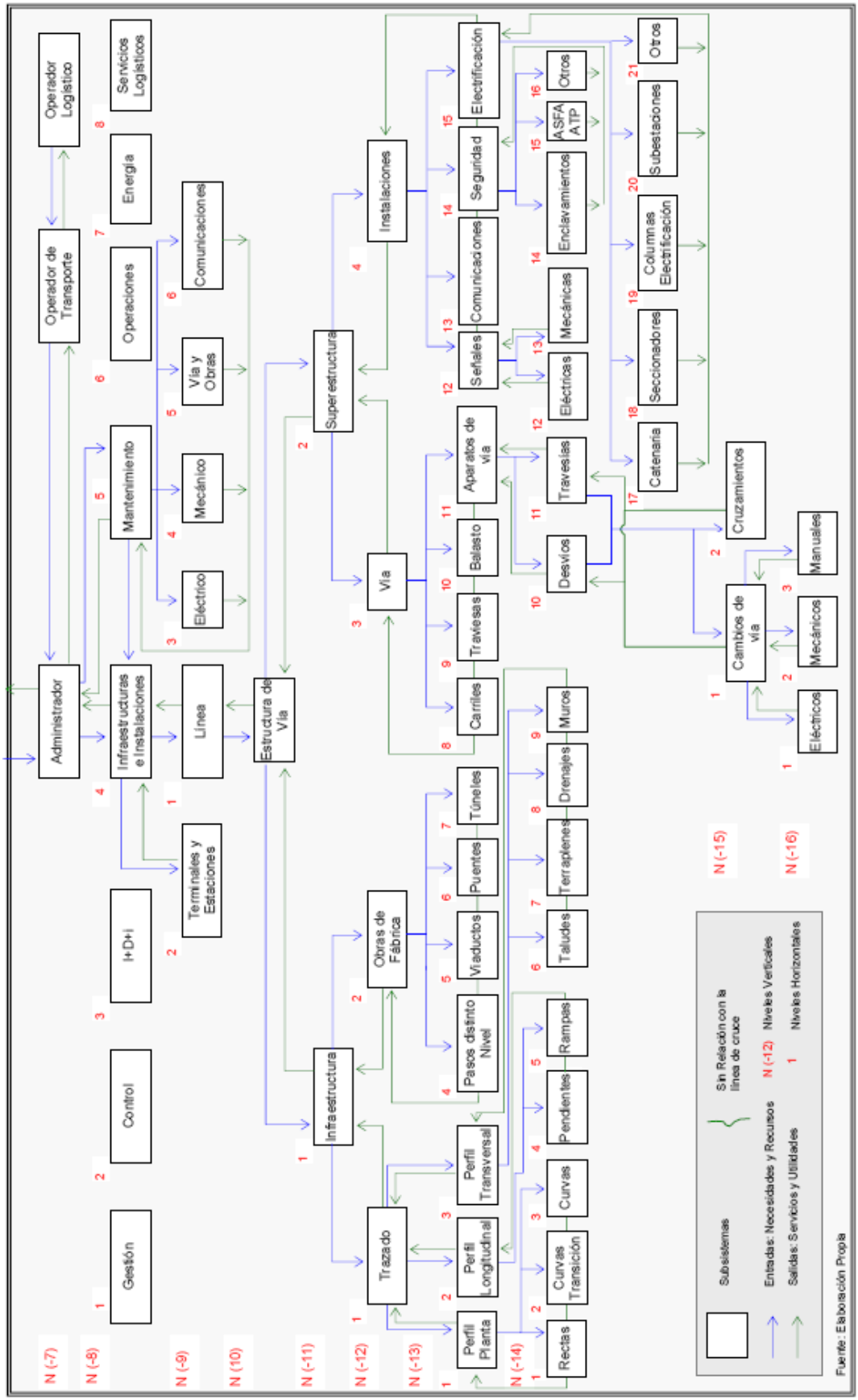


Figura 5-10. Administrador. Infraestructuras e Instalaciones de Terminales. Mantenimiento. Niveles N (-8)/4 y 5 a N (-14)/1,…,9.

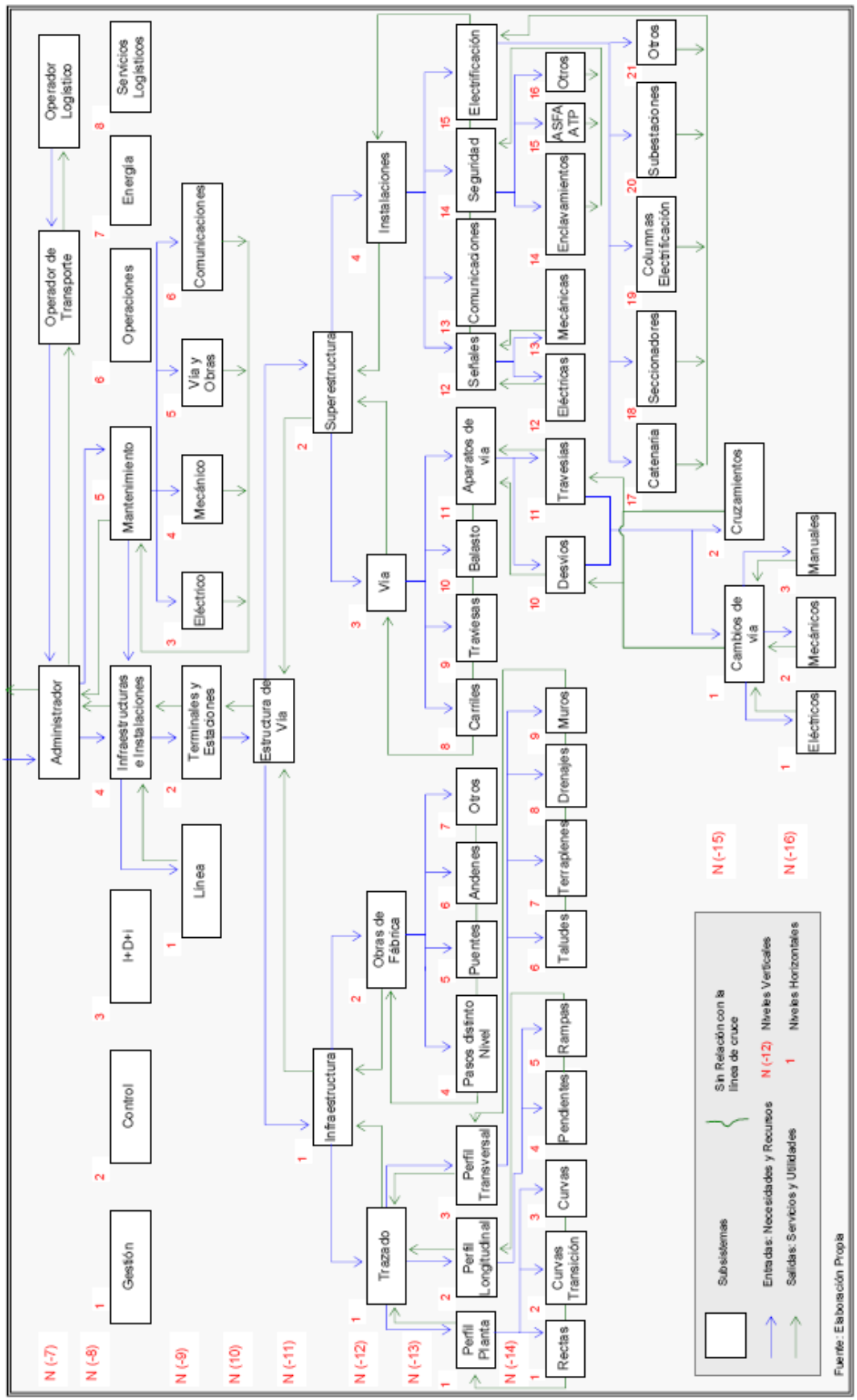


Figura 5-11. Administrador. Operaciones y Energía. Niveles N (-8)/6…8 a N (-13)/1,…,7.

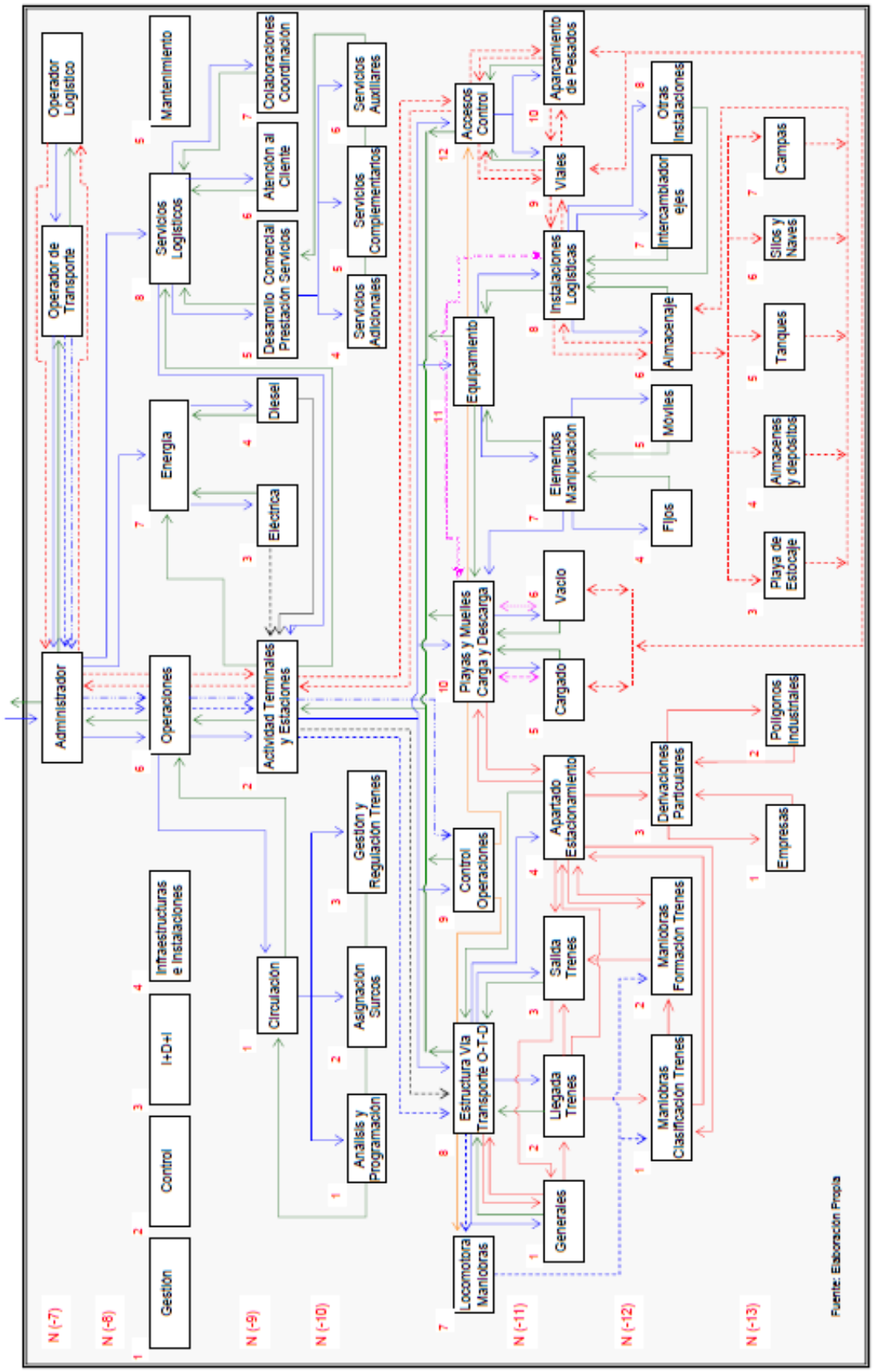


Figura 5-12. Leyenda Administrador. Operaciones y Energía. Niveles N (-8)/6…8 a N (-13)/1,…,7.

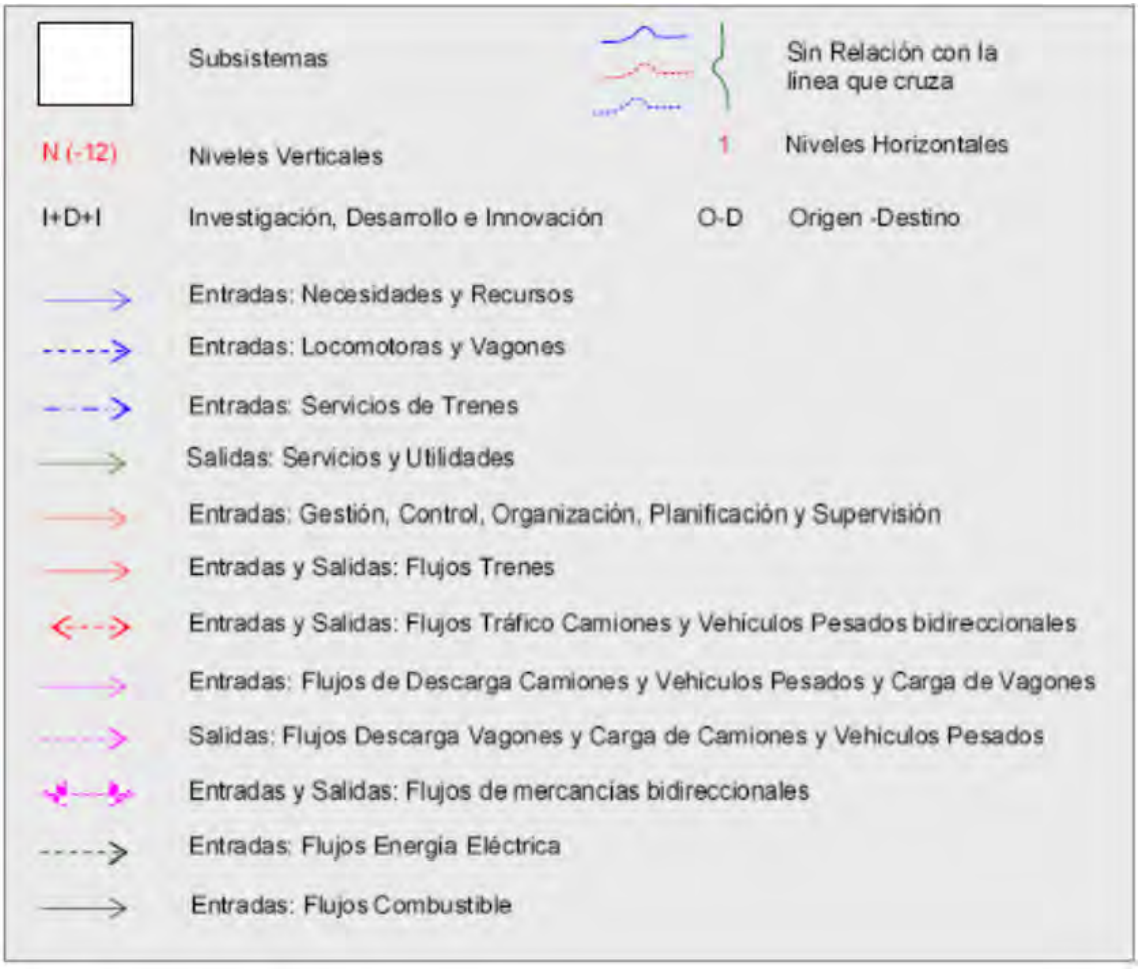


Figura 5-13. Operador de Transporte. Gestión, Control e I+D+i. Niveles N (-8)/1,…,3 a N (-10)/1,…,8.

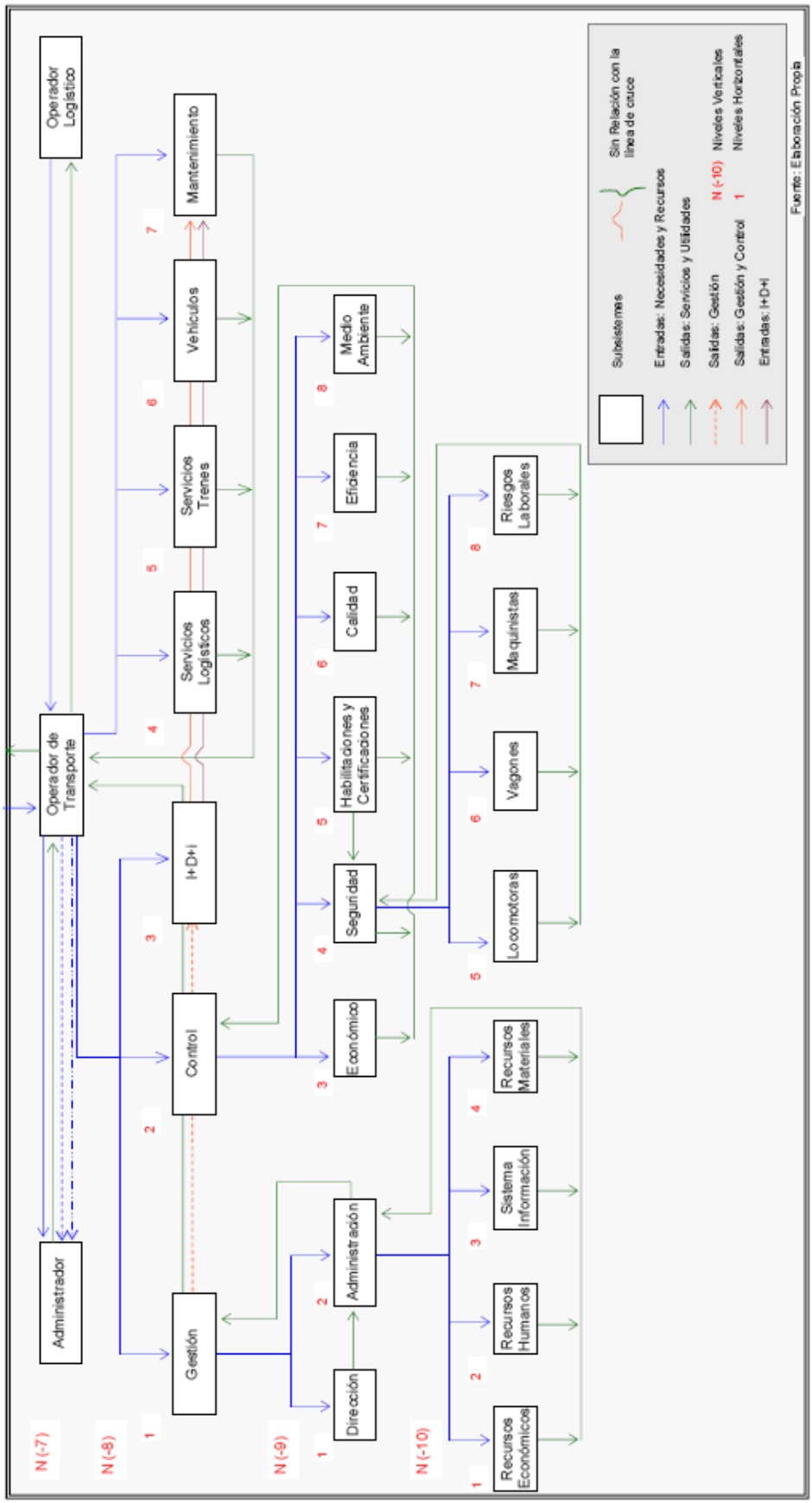


Figura 5-14. Operador de Transporte. Servicios de Trenes y Servicios Logísticos N (-8)/4 y 5 a N (-11)/1,…,7.

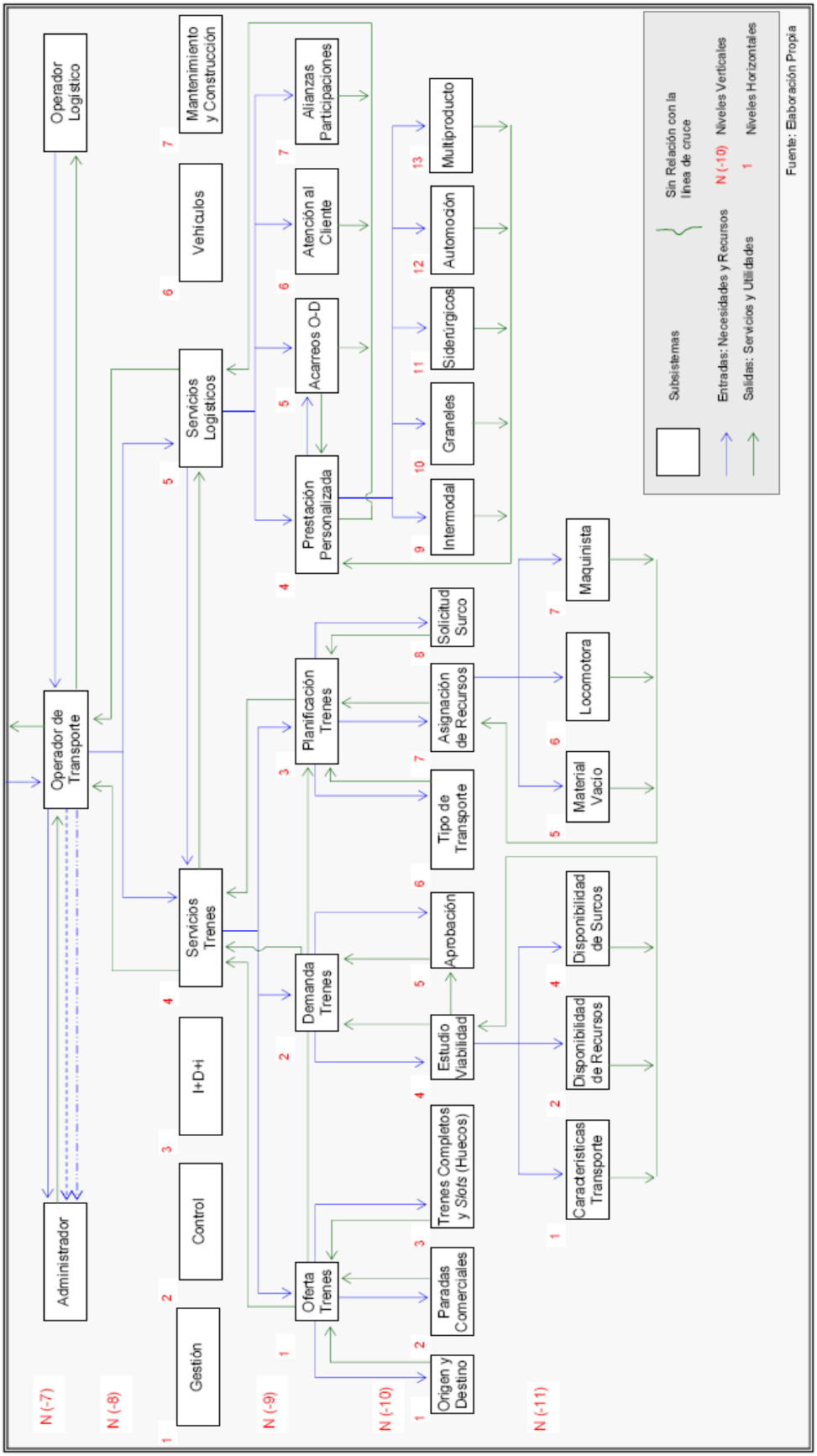


Figura 5-15. Operador de Transporte. Vehículos: Locomotoras Diesel, y Mantenimiento y Modificación. Nivel N (-8)/4 y 5

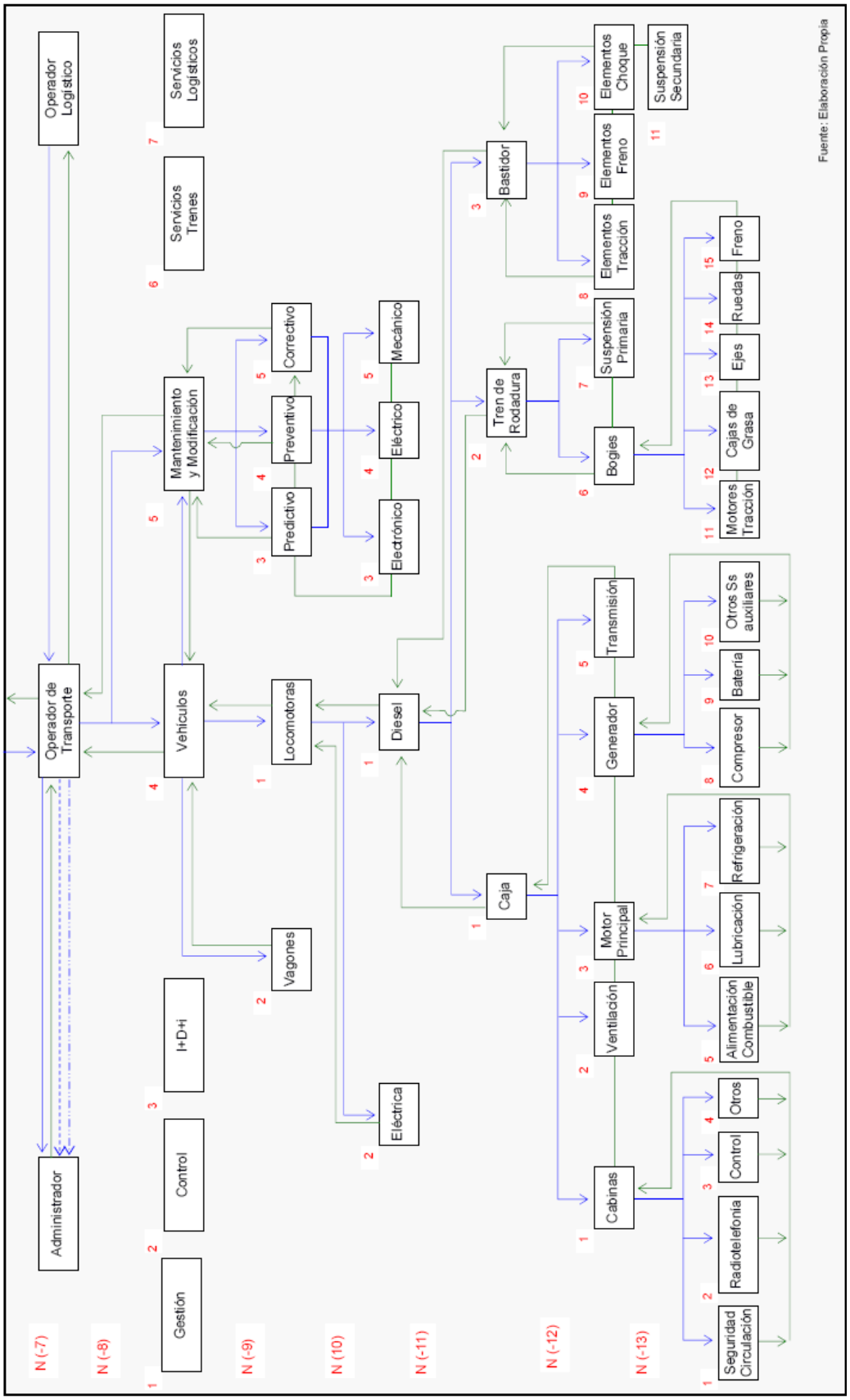


Figura 5-16. Operador de Transporte. Vehículos: Locomotoras Eléctricas, y Mantenimiento y Modificación. Nivel N (-8)/4 y 5

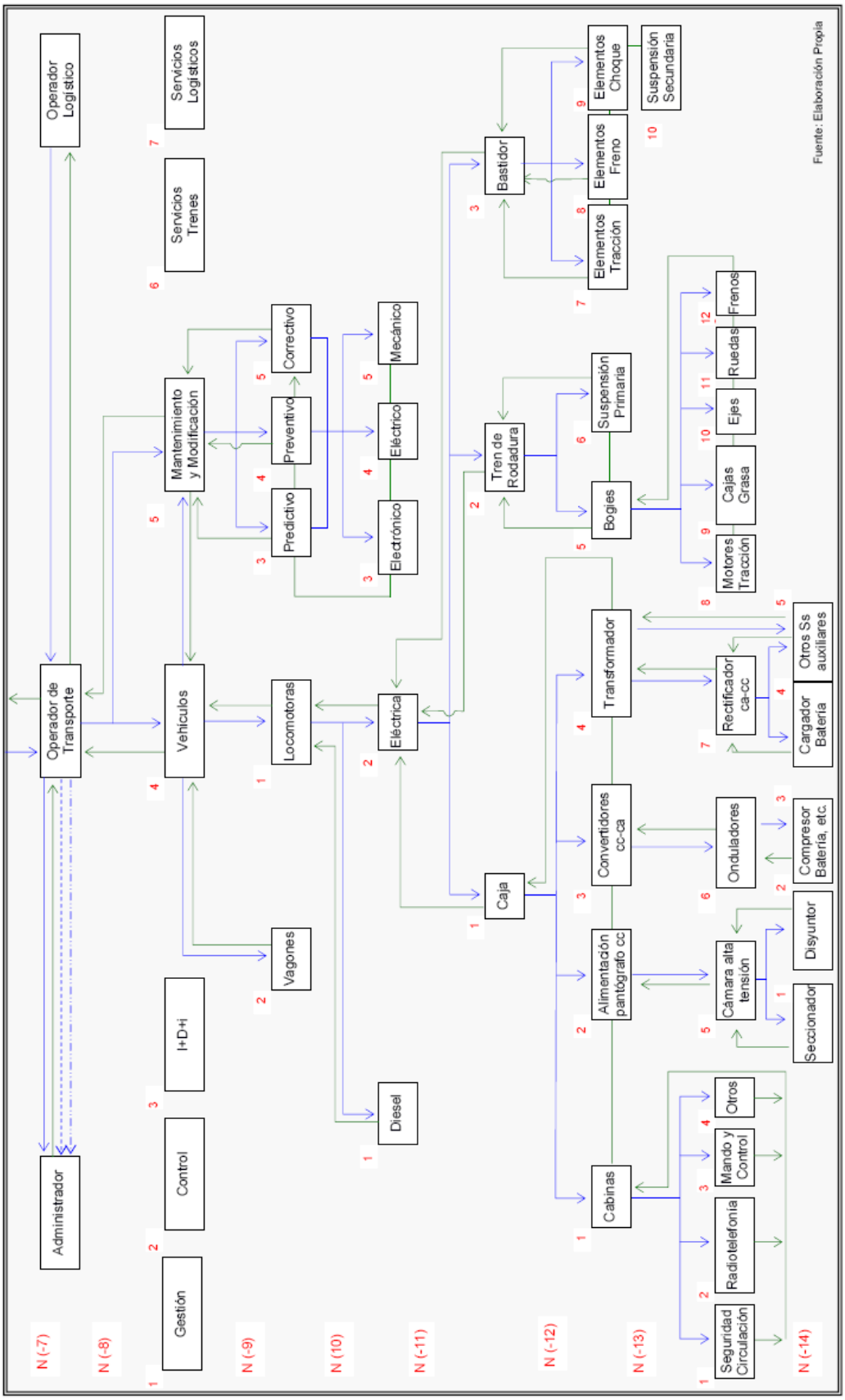


Figura 5-17. Operador de Transporte. Vehículos: Vagones y Mantenimiento, y Modificación. Nivel N (-8)/4 y 5

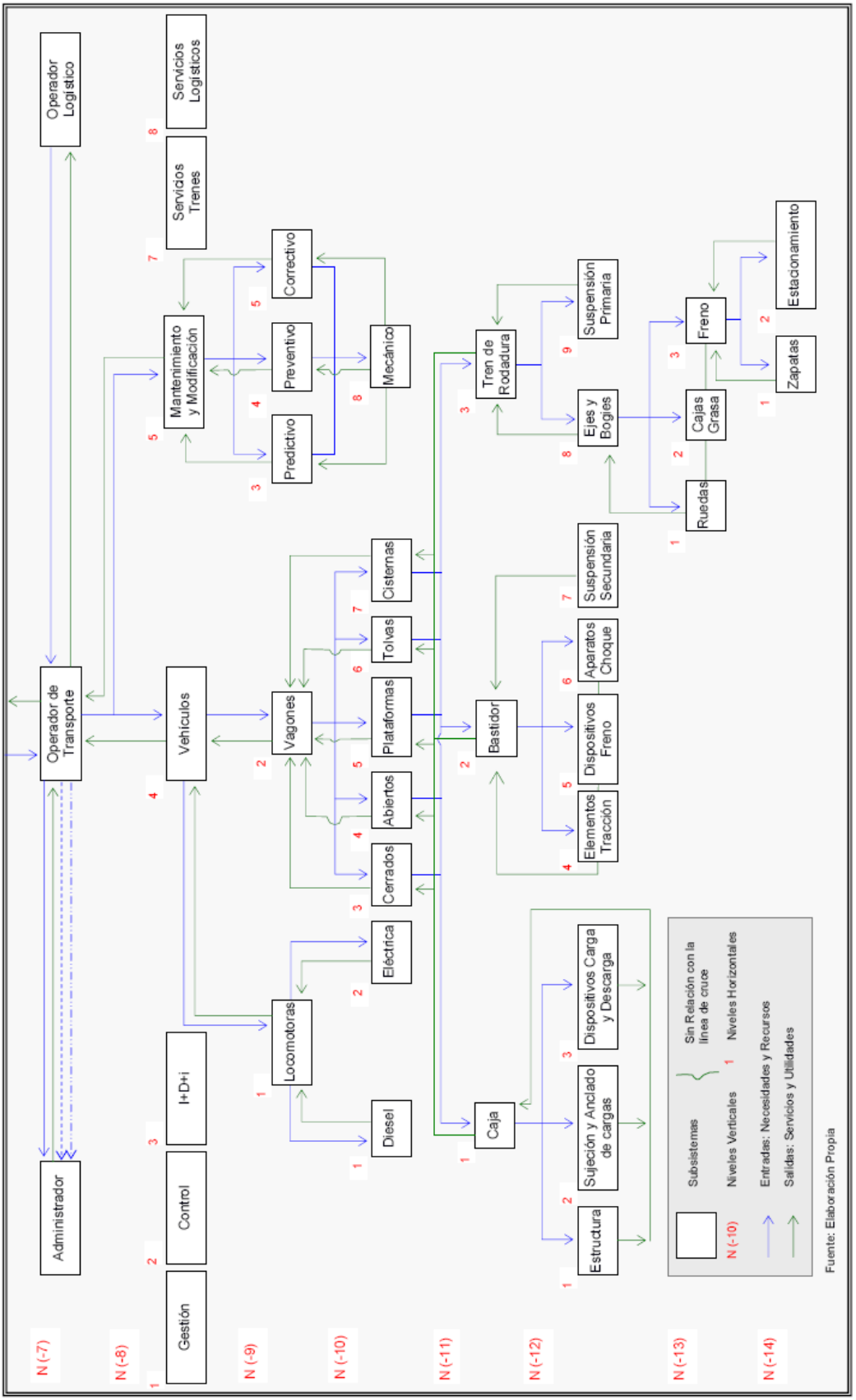


Figura 5-18. Operador Logístico. Distribución Física y Servicios Logísticos N (-8)/4 y 5 a N (-11)/1,…,7.

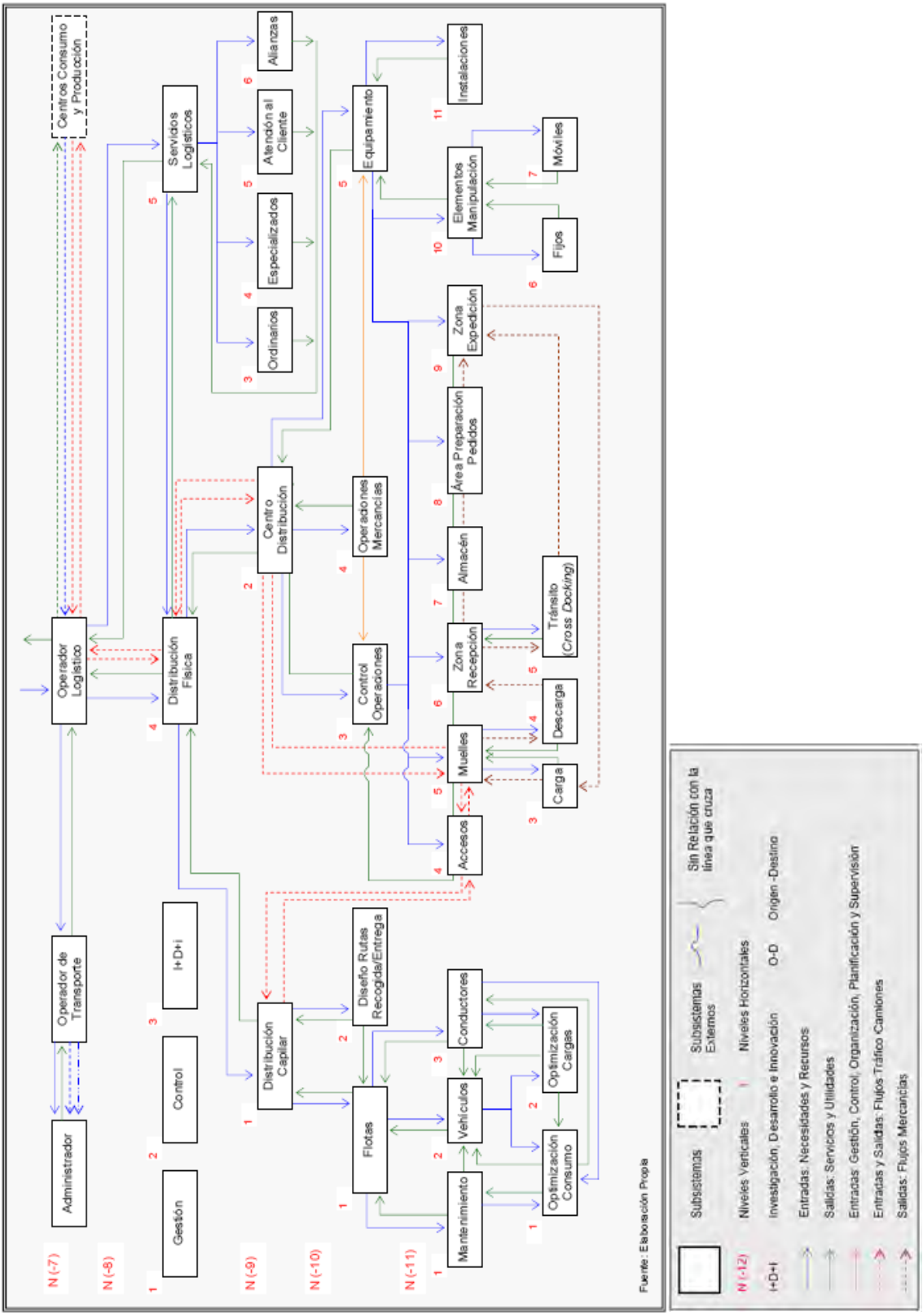
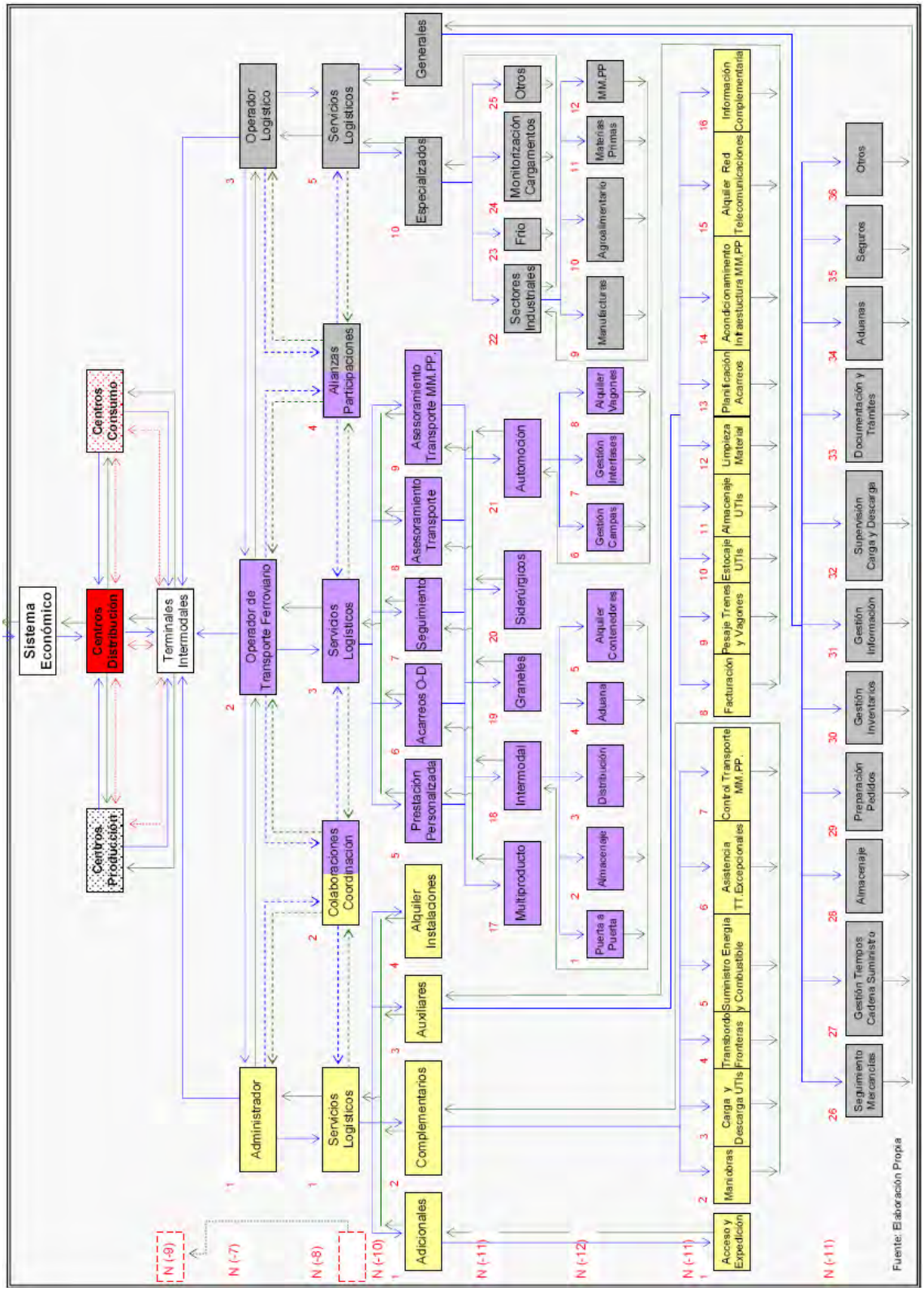
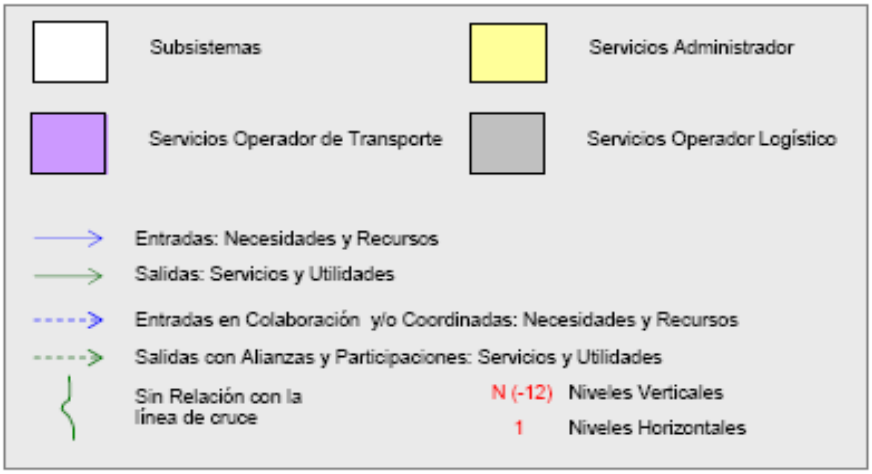


Figura 5-19 Servicios Logísticos del Administrador, Operador de Transporte y Operador Logístico N (-7)/ 1…3 a N (-11)/1,…,11.



Leyenda figura 19



5.2.4. Síntesis del sistema

Como se indicó en el apartado 2.2., dedicado a la adaptación metodológica del enfoque sistémico, la síntesis del sistema se realizará mediante una aproximación conceptual al método Botton-Up, que servirá para valorar en mejor medida los ajustes o modificaciones potenciales del sistema que se propongan desde un punto de vista más técnico. Para ello, nos basaremos en las posibles ineficiencias o mejoras que se hayan identificado en la etapa anterior de análisis.

Así, como resultado de la descomposición funcional y estructural de la etapa de análisis, una vez que se dispone de más información del subsistema ferroviario de mercancías, en el proceso de síntesis se podrán apreciar algunas ineficiencias, para las que se propondrán ciertas propuestas de mejora y, de este modo, incrementar la eficiencia y productividad de dicho sub-sistema.

Se seguirá el mismo orden de la estructura de los subsistemas administrador de infraestructuras y operadores de transporte y logístico, buscando las interacciones entre los componentes de los distintos subsistemas. Las relaciones básicas entre los distintos componentes del sistema son bastante intuitivas puesto que, no se ha agregado mayor complejidad ni profundizado en exceso, por ello, tampoco en esta etapa se realizará. Como se ha dicho, es una aproximación y, por lo tanto, en nuestra opinión, puede servir como una orientación que se puede seguir futuras investigaciones.

En cuanto a los impactos de las mencionadas propuestas de mejora que se propondrán, se valorarán mediante una aproximación al modelo conceptual de Manheim, para determinar la naturaleza, positiva o negativa, de los cambios de estado que pudieran producirse. Las entradas al modelo corresponderían a las propuestas consideradas y las salidas a los impactos que se pudieran identificar.

La naturaleza de los cambios de estado que pudieran producirse en todos los subsistemas, relacionados con los bucles de retroalimentación, positiva o negativa, en la terminología de la dinámica de sistemas, determinarán los impactos cualitativos que las tendrían las medidas propuestas, tanto sobre el propio sistema de transporte como de otros subsistemas del sistema territorial.

No obstante, como ya se dijo en el apartado 2.2, existe la posibilidad de "traducir" o volcar el modelo conceptual en un modelo cuantitativo. De la misma forma las mejoras propuestas y sus impactos.

(N-7)/1 Administrador de infraestructura

Con respecto al subsistema infraestructura e instalaciones —N(-8)/4— , línea —N(-9)/1— estructura de vía —N(-10)/1—, infraestructura —N(-11)/1—el primer subsistema susceptible de mejoras es trazado —N(-12)/1— y, dentro de este, el subsistema perfil en planta—N(-13)/1—, constituido por los subsistemas rectas y curvas. Las mejoras en las salidas serán la posibilidad de incrementar las velocidades de los trenes, si no existen muchos tramos curvos o si los radios[275] de las curvas no son muy reducidos y los peraltes son los correctos. Además, es uno de los factores que influyen, entre otros, en las cargas máximas de las locomotoras.

También dentro del trazado el perfil longitudinal —N(-13)/2—, se podrán mejorar las cargas máximas de las locomotoras, que estará en función de la longitud de los tramos en rampa[276] y pendiente, la velocidad de inicio de la rampa y las paradas frecuentes en la rampa por señales, También por la humedad en el carril (túneles y proximidad a ríos), situación del tiempo atmosférico (lluvia, niebla, nieve, viento) y la suciedad en el carril (aceite, hojas caídas, etc.).

Además las características técnicas de las locomotoras[277], entre los que destacamos, el esfuerzo tractor máximo en arranque, el esfuerzo tractor a velocidad máxima y el esfuerzo tractor máximo continuado, conceptos muy relacionados con el coeficiente de adherencia y el patinaje. La pérdida de adherencia causada por los diversos factores citados puede reducirse mediante la utilización de arena de los areneros de dotación de las locomotoras para minimizar el patinaje, aunque no es conveniente abusar porque se desgasta más la banda de rodadura y también puede dificultar el acoplamiento de los espadines de las agujas de los cambios al desecar la grasa de los patines de las mismas. Otras locomotoras como las 253 llevan dispositivos antipatinaje que incrementan el coeficiente de adherencia.

---

[275] El radio mínimo para la velocidad de 140 km/h es de 1.000 m y para 160 km/h de 1.300 m.

[276] La rampa máxima recomendable para la velocidad de 140 km/h es de 20‰ y para 160 km/h de 15‰. Las vías con rampas de entre 10‰ y 25‰ en la red convencional suponen 3.996 km (29,8%).

[277] En 1982 se realizaron pruebas con las primeras locomotoras recibidas de la serie 251 (Co'Co') en el puerto de Pajares donde la locomotora consiguió subir un tren de 1300 Tm, aunque a una velocidad mas baja de 50 km/h. Se puede resaltar que la maquina no tenía apenas problemas de patinaje con un tren de 1300 t a pesar de que según la normativa de RENFE la carga máxima era de 1100 Tm en rampas de 20 milésimas. (esfuerzo de tracción en régimen continuo y velocidad, 35.600 Kg y 44 km/h, respectivamente; coeficiente de adherencia 28,3 % con 1.200 Tm; esfuerzo máximo de tracción 46.200 Kg). Ese comportamiento contrasta con el de la locomotora 253 más moderna y de mayor potencia que si tuvo problemas de patinaje en pruebas similares (300kN de esfuerzo de tracción máximo y dispositivos antipatinaje, aunque con dos ejes menos, pues es Bo'Bo').
Esfuerzo de tracción: esfuerzo acelerador proporcionado por todo tipo de vehículos motores para que un vehículo o conjunto de vehículos inicie su movimiento; es siempre acelerador, moderable y depende de la velocidad.
Esfuerzo tractor: fuerza que realiza la locomotora sobre la composición remolcada a través del gancho de tracción; hay que distinguir entre esfuerzo tractor en el gancho y esfuerzo tractor en llantas de la locomotora, de acuerdo con el lugar que se considere; el segundo es mayor, debido a que incluye el esfuerzo necesario para arrastrar la propia locomotora
Hablamos de *potencia unihoraria* como la que puede ofrecer el motor durante un corto periodo de tiempo, mientras que la *potencia continua* es la que puede rendir de forma indefinida, conceptos que, por analogía, llevan a los de *esfuerzo máximo unihorario* y *esfuerzo máximo continuo*. El esfuerzo de tracción máximo en el arranque es el que se necesita para pasar de la posición de inmóvil al movimiento, venciendo la resistencia al mismo (resistencia normal al movimiento, resistencias ocasionales, esfuerzos de inercia).
El coeficiente de adherencia (en el proceso de tracción) expresa el cociente entre la fuerza horizontal máxima que puede transmitir un eje motriz sin que la rueda patine y la masa que soporta dicho eje. La adherencia se expresa en tanto por ciento o en forma de coeficiente en tanto por uno.

Otra mejora es la ampliación de los gálibos de los trenes para permitir la circulación de contenedores y cajas móviles más anchos y más altos, pero en el subsistema, obras de fábrica—N(-12)/2—, en algunos casos, puede que existan dificultades para dicha ampliación.

Por ejemplo, los contenedores de alta capacidad (*hight cube*) tienen una altura externa de 2900 mm. Como se vio en las medidas de los gálibos citadas en el análisis, el límite en la red española es de 2890 mm, por lo que este tipo de contenedor debería tener la consideración de transporte excepcional. Otros contenedores domésticos en Estados Unidos, diseñados para competir con la carretera, son más largos y tienen 16, 15 m de longitud (53 pies); y si bien, su anchura se inscribe en el gálibo, su altura alcanza el límite con 2900 mm.

Existen vagones plataforma especializados, con el plano de carga más bajo, pero también tiene un límite inferior, por lo que, aún en el caso de rebasar el gálibo en altura de los túneles[278] construidos en el pasado, sería posible bajar la solera e instalar vía en placa para incrementar la altura del túnel. Otro elemento que permite incrementar el gálibo en altura es la catenaria rígida que permite la circulación de unidades de transporte intermodal (y otros cargamentos) más altas al desaparecer los vanos de la catenaria, pero en los túneles ya es utilizada y en otras estructuras no es posible su instalación por la necesidad de numerosos soportes, por su mayor peso y para mantenerla recta.

En cualquier caso, tampoco será posible la utilización del doble apilamiento (*double-stack*) que se utiliza en los ferrocarriles americanos, cuyas economías de escala son muy significativas. En Europa es imposible el desarrollo generalizado de este método de transporte de contenedores por la escasez de trayectos en los que se pueda realizar a causa del gálibo de implantación de obstáculos resultante de las obras de fábrica y de la extensión de la electrificación en un gran porcentaje de las líneas. Además, no parece adecuada la utilización de líneas no electrificas por los costes externos medioambientales.

En cuanto a la anchura será mucho más difícil incrementar el gálibo en algunos puntos, sobre todo en ciertos tramos de vía doble[279], en los que habría que modificar el perfil transversal o suspender temporalmente la circulación de los trenes de sentido contrario por dichos tramos. Sin embargo, las columnas de electrificación, salvo en determinados tramos o puntos no deberían ser un impedimento para la ampliación del gálibo en anchura.

Como resultado de los factores condicionantes, podemos afirmar que las mejoras en la infraestructura de la red o en alguna de sus líneas es una solución complicada por la dificultad de modificar el perfil longitudinal y las obras de fábrica.

Tal vez fuese posible modificar algunos puntos del perfil en planta para eliminar las curvas o incrementar los radios de las curvas, de tal forma, que se pudiera incrementar la velocidad media de la línea; no obstante la inversión no estaría justificada, puesto que, las ganancias temporales no serían muy significativas.

Por lo tanto, en nuestra opinión, si sería posible mejorar los trazados en la red existente, pero en aspectos puntuales o de poca envergadura, como por ejemplo en algunas renovaciones de infraestructuras o en la construcción de vías de circunvalación de ciudades para evitar cicatrices urbanas y puntos de estrangulamiento.

---

[278]La altura del hilo de contacto (catenaria) en los túneles se encuentra a 5 metros desde el plano de rodadura en la red convencional.

[279] La distancia entre dos vías contiguas, denominada entrevía, en la red española es de 1,80 m. entre los carriles internos de ambas vías, correspondiendo a cada vía 900 mm desde el eje de la plataforma hasta el carril interior.

En estas actuaciones, las mejoras podrían variar partes del trazado, tratando de eliminar curvas o reducirlas y buscando cotas con menores rampas, sin grandes costes adicionales. Obviamente, estas medidas son las que habrá que aplicar, en la medida de lo posible, en el caso del diseño y construcción de líneas nuevas.

El siguiente subsistema de la estructura de vía que debemos tener en cuenta es superestructura —N(-11)/2—. El primer subsistema que lo integra es vía —N(-12)/3—, y las mejoras que podemos reseñar hacen referencia a la a los carriles que como mínimo deben tener 54 Kg/m, y deseable 60 Kg/m, para permitir velocidades de 140-160 km/h e incrementar el peso por eje en todas las líneas que conforman la red y no sólo en las líneas principales.

El aumento de peso por metro lineal hace referencia a las cargas dinámicas del movimiento de los trenes. Al incrementar la velocidad del tren es necesario incrementar la inercia del carril[280] para obtener una mayor resistencia a la flexión.

Cuando el tren aumenta (o disminuye) su velocidad, lo hace también la velocidad de rotación de las diversas masas que giran (por ejemplo ruedas y ejes) y crecen las fuerzas transversales debidas a la aceleración (y deceleración).

También será necesaria la instalación de traviesas de hormigón monobloque[281] con sujeción elástica para el incremento de la velocidad de los trenes. Recordaremos que las traviesas reducen las presiones transmitidas a la capa de balasto como consecuencia del área de apoyo sobre la misma y proporcionan una mayor estabilidad a la vía debido a su peso. Relacionado con los elementos anteriores, otro aspecto importante a tener en cuenta es el peso máximo por eje de las líneas de la red porque es uno de los parámetros que influye en el incremento de la carga de los trenes sin aumentar excesivamente los recursos.

Depende de la resistencia del carril, que está en función de la calidad del acero, del dibujo de la sección transversal (que determina el momento de inercia) y por el peso por unidad de longitud. También, de las características de las traviesas, su número por km de carril y la distancia entre ellas (aproximadamente 0,60 m, entre 0, 50 y 0,70 m), que, junto con otros elementos, hacen que los carriles forman un conjunto rígido[282]. Asimismo del tipo y espesor de la capa de balasto (22 cm aproximadamente) por debajo de de la cara inferior de la traviesa. Por último de la calidad del suelo en el plano de formación.

La medida que se propone es sustituir los carriles y traviesas de distintos tipos que coexisten en la red convencional por los mencionados carriles de 54 o 60 Kg/m y las traviesas PR-01. Además, es posible en el medio plazo que fuese necesaria la modificación del ancho de vía de alguna línea transfronteriza con Francia para permitir el tráfico sin necesidad de cambiar los ejes a los vagones o de transbordo. Por ejemplo, desde Zaragoza Plaza por Canfranc, si la travesía central es en ancho UIC.

Damos por supuesto que no se puede abordar de forma generalizada e inmediata la sustitución de los mencionados elementos en toda la red convencional, pero si que es, en nuestra opinión, realizable a medida que son necesarias actuaciones de renovación

---

[280] Los carriles convencionales suelen tener una dureza de 90 daN/mm^2, mientras que existen carriles excepcionales con una dureza de 110 a 120 daN/mm^2.

Hay proyectos de investigación en curso para la reducción de los costes de mantenimiento por desgaste y fractura de los carriles incrementando un 50 % su vida útil mediante la utilización de aleaciones de acero con alta resistencia a la fatiga.

[281] Actualmente se están instalando en las vías convencionales traviesas polivalentes (aptas para ancho internacional) de hormigón pretensado monobloque PR-01. Tiene una longitud de 2,60 m, una anchura de 0,30 m. en ambas cabezas y un peso entre 295 Kg y 315 Kg. Adif cuenta con 4.620 km de la RFIG (13.378 km) en los que está instalada este tipo de traviesas.

[282] La rigidez vertical óptima de la vía para velocidades inferiores a 200 km/h debería situarse en torno a los 50-60 kN/mm.

de vía. Más difícil es la renovación de vía en toda la red para permitir el incremento del peso por eje de los vagones aumentando su eficiencia. No es posible ni razonable derivar un considerable volumen de recursos para dicha adecuación. Sería valorable para las líneas que soportan las mayores cargas de tráfico.

En cualquier caso, es una medida absolutamente necesaria en la construcción de nuevas infraestructuras. Por ejemplo, renovar la vía desde Zaragoza Plaza por Canfranc, porque es de suponer que la travesía central será en ancho UIC y con mayor peso/eje. En la actualidad, las 22,5 Tm parecen insuficiente para absorber de forma más competitiva y rentable el esperado impacto del incremento de transporte a medio y largo plazo, si tenemos en cuenta que en EE.UU se alcanzan las 35 Tm/eje y en algunas líneas europeas las 25 Tm/eje (E4 y E5).

No obstante, en España, esta medida puede no tener consecuencias importantes en determinadas líneas por el perfil longitudinal de la orografía. Porque aunque pudiese incrementarse el peso por eje, los trenes no podrían arrastrar más toneladas en las rampas existentes si no se utilizan locomotoras con mayor capacidad de carga.

Por otra parte, también señalaremos que de los 11.780 km que componen la red convencional, únicamente el 24,9% (2.933 km) es vía doble y el 24,7 % vía doble electrificada (2.903 km). Esto implica que en líneas de vía única con volúmenes de tráfico elevados, puedan producirse cruces de trenes con pérdidas de tiempo de marcha que pueden ser significativas. Por lo tanto, sería deseable duplicar las líneas de mayor tráfico y las que tengan una previsión de demanda potencial significativa a medio plazo. En Zaragoza el viaducto sobre el Huerva y ciertos tramos de la ronda sur.

Por último haremos referencia al subsistema instalaciones, del que queremos destacar, entre otros aspectos posibles, la seguridad de la circulación de los trenes y su relación directa con la interoperabilidad, junto con las locomotoras y los maquinistas. Los distintos subsistemas de la estructura del subsistema instalaciones, como ya se ha dicho, cumplen esta función. Pero en la actualidad, a consecuencia de los diversos orígenes de los subsistemas ferroviarios heredados del pasado existen una gran cantidad de subsistemas de señalización, comunicaciones y seguridad en Epaña y distintos países de la Unión Europea.

La consecuencia es el incremento de costes, de tiempo de transporte y de la complejidad en las operaciones de cruce de fronteras, disminuyendo la eficiencia del subsistema ferroviario y convirtiendo el transporte internacional de mercancías en poco competitivo y poco rentable. Para corregir la dicha ineficiencia y lograr un espacio ferroviario único europeo, la red transeuropea, se ha diseñado el ETRMS/ETCS (*European Rail Traffic Management System*/*European Train Control System*), primer estándar paneuropeo interoperable, que además incrementa considerablemente la seguridad en la circulación de los trenes.

La integración del sistema de control de trenes ETCS (*European Train Control System*), junto con el sistema de radio móvil GSM-R (*Global System for Mobile Communications – Rail*) y los sistemas estándar europeos de gestión de tráfico (ETMS - *European Train Management System*), conforman el sistema de gestión europeo de tráfico ferroviario ERTMS (*European Rail Traffic Management System*). Con este sistema, en las fronteras no es necesario cambiar ni de locomotora ni de maquinista, debido a la integración de los sistemas de diferentes fabricantes y a que el equipamiento de señalización embarcado y el equipamiento instalado en la vía también puede ser de diferentes fabricantes.

Es evidente que en las nuevas líneas de la red de alta velocidad se instala e implementa el ETRMS nivel 1 (en España 1.053 km) y en un futuro próximo el nivel 2. Pero en nuestra opinión, en todas las líneas de la red convencional, o al menos en las de mayor tráfico, sería deseable su instalación, como se está realizando en el tramo Girona-Figueras de la línea Barcelona-Portbou, de 41 km. Señalaremos que

actualmente, en los niveles 1 y 2, los bloqueos de vía se realizan mediante cantones fijos asociados a los circuitos de vía o a los contadores de ejes instalados.

Cuando esté implementado el nivel 3 se utilizarán cantones móviles asociados a la ocupación real del tren, que irá desplazándose con el movimiento del propio tren a lo largo de la vía. Este avance tecnológico permitirá en el futuro un notable incremento de la capacidad de la línea, puesto que los cantones se irán liberando progresivamente por los propios trenes y se evitarán detenciones por señales que ordenen parada en la entrada al cantón fijo, que pueden ser de gran longitud, hasta su liberación. Ante el esperado incremento continuado del transporte hasta el horizonte 2045 el ETRMS nivel 3 puede ser una buena solución para incrementar la eficiencia del sistema, reduciendo los plazos de transporte y minimizando los previsibles cuellos de botella que se producirían en la red convencional.

Del subsistema instalaciones únicamente añadiremos que la red convencional sólo está electrificada en el 55,3 % (6.514 km) y, en nuestra opinión, sería necesario que la totalidad de la red lo estuviese. Tanto por la mayor eficiencia energética de las locomotoras eléctricas como por la mayor sostenibilidad de esta energía. No obstante, podría argumentarse que el sistema de alimentación de las locomotoras por catenaria impediría la utilización del doble apilamiento (*double-stack*) para los contenedores, a costa de la eficiencia y la sostenibilidad, pero mientras no se solucionase el problema de los gálibos de las obras de fábrica tampoco sería viable.

En cuanto al subsistema **infraestructura e instalaciones —N(-8)/4—** , **terminales —N(-9)/2— estructura de vía —N(-10)/1—, Infraestructura—N(-11)/1—.** En el subsistema trazado (N-12)/1, sobre el subsistema **perfil longitudinal N(-13)/2,** consideramos que en las terminales de nueva construcción es necesario que se realice con las mínimas pendientes posibles mediante una correcta explanación, en la medida de lo posible.

Con respecto a las pendientes, señalaremos que en vías con una declividad de 3 milésimas o más es necesario realizar todos los movimientos de maniobras con el freno automático acoplado y en servicio, lo que genera un incremento del tiempo de las operaciones de maniobras. Además imposibilita las maniobras por lanzamiento o gravedad.

Otro subsistema que se está mejorando en el subsistema superestructura N(-11)/2, es el subsistema **vía—(N12)/3—**. Actualmente, las nuevas terminales concentradoras de flujos (hub), cuentan con un mayor número de vías que, además, han incrementado su longitud sobrepasando los 750 m. Es una exigencia de diseño en las terminales para incrementar su capacidad, tanto de trenes como de vagones, y formar y recibir trenes más largos.

Sin embargo, el problema surge cuando circulan por líneas con vía única y es necesario realizar el cruce con otros trenes, porque es difícil encontrar estaciones, heredadas del pasado, que tengan vías tan largas. Por ello sería recomendable que en las líneas con alta demanda de tráfico los trayectos fuesen de vía doble para evitar cuellos de botella o, en el caso de vía única, vías de apartado más largas para efectuar los cruces o adelantamientos de los trenes de mayor longitud o menor velocidad. Por ejemplo, en el Cantón de Río Huerva, la Ronda Sur presenta niveles puntuales de saturación.

Las líneas de la red tienen unos límites máximos de longitud permitidos y se está realizando un esfuerzo para aumentar la productividad de los trenes incrementando su longitud máxima en el 74 % de las líneas. Este incremento de longitud constituye una longitud especial y para poner un tren en circulación es necesaria una autorización expresa. Las circulaciones de trenes de mercancías con gran longitud se están presentando al mercando como producto competitivo y atractivo para el cliente.

Las economías de escala generadas hacen que el coste de la tonelada transportada disminuya al incluir más volumen de mercancía en una misma circulación. Este hecho

es muy valorado por el cliente, a la vez que se potencia aún más el transporte de mercancías por ferrocarril.

Actualmente, incluida la locomotora, ya circulan varios trenes con una longitud de 600 m en el corredor Valencia-Madrid, entre las terminales intermodales de Silla y Madrid Santa Catalina. También se está estudiando incrementar la longitud de algunos trenes a más de 550 m en el corredor Madrid-Barcelona, entre las terminales de Madrid Abroñigal y Barcelona Morrot, que podrían tener intervención en la terminal de Plaza. Además, también se estudia aumentar su velocidad a 120 km/h.

Para realizar incrementos de longitud superiores se está investigando la instalación de un dispositivo neumático que permita aumentar la velocidad a la que se produce la depresión de aire en la tubería de freno, generando con ello una serie de olas de presión.

Sin embargo, señalaremos que actualmente la longitud especial máxima es de 600 m en unas pocas líneas. Y aunque en los ejes principales se rebasan los 500 m, en los tramos Alsasua-Irún y Girona-Portbou, que conectan con la frontera francesa, es de 500 m. Las fronteras portuguesas son más dispares, Tuy 465 m., Vilar Formoso 600 m., Valencia de Alcántara 520 m. y Badajoz 460 m. La línea de Zaragoza-Teruel 450/500, el tramo de Teruel-Valencia 400/450, y de Tardienta-Canfranc 300/350.

También, en el subsistema vía consideramos que el diseño de los distintos sectores de actividad de las terminales, con sus respectivos haces de vías, en la medida de lo posible, ha de seguir criterios de eficacia que no comprometan la eficiencia de las operaciones. El ahorro de tiempo en las maniobras es considerable si las travesías de entrada y salida de los trenes no afectan a su operativa.

Por ejemplo, el diseño puede realizarse con haces de entradas y salidas en los dos extremos de la terminal para cada sentido de circulación y tres sectores centrales en paralelo; en el centro de clasificación y formación de trenes y a cada uno de sus lados, un sector para carga, descarga y estocaje de contenedores y otro sector, diseñado a su vez, con la distribución de las vías y las instalaciones específicas para carga, descarga y almacenaje de las distintas mercancías.

Otro elemento que sería necesario considerar en este subsistema es el intercambidor de ejes, puesto que, como se ha dicho, podría cambiarse el ancho de vía de la red, solución improbable por sus elevados costes. También se ha dicho que existen instalaciones de intercambio de ejes para la transición de la red de alta velocidad a la red convencional, pero sigue investigándose para las mercancías.

Actualmente en España se cuenta con instalaciones de intercambio de ejes en las estaciones fronterizas de Port-bou e Irún que físicamente retiran unos ejes montados e incorporan otros de ancho europeo o ancho ibérico según sea el sentido de los trenes, hacia Francia o España.

El problema surge de la pérdida de tiempo en la operación, que sin ser muy elevado, por la eficiencia de los operarios, es del orden de cuatro minutos por vagón, con el consiguiente incremento del tiempo de transporte total. La implantación de los intercambiadores de ejes, junto con la simplificación de los trámites y la documentación, sería otro de los cuellos de botella que podrían eliminarse y mejorar la eficiencia del sistema. No obstante, es posible encontrar dificultades para mantener la rentabilidad y la competitividad de los operadores que cuenten con estos vagones, puesto que sus costes de adquisición y mantenimiento serían más elevados y al incrementarse su peso la carga neta transportada sería menor.

En el siguiente subsistema, **instalaciones—N(-12)/4—,** el subsistema **enclavamientos—N(-14)/14—** es fundamental, como ya se dijo, su función es garantizar la seguridad de las circulaciones mediante la posición adecuada de los aparatos de vía (y otros como las barreras) que se relacionan con las órdenes

correspondientes de las señales[283]. En las terminales de nueva construcción los enclavamientos son electrónicos. También se están renovando muchos otros, instalando este tipo de enclavamiento.

El enclavamiento electrónico es un avance tecnológico significativo en las operaciones de circulación. Sin embargo, señalaremos que las incompatibilidades de itinerarios por motivos de seguridad son muy rígidas, por lo que las terminales que tienen las operaciones de maniobras centralizadas en la mesa de enclavamiento, si bien tienen muy altos índices de seguridad, incrementan significativamente los tiempos para realizar estas operaciones de maniobras.

El enclavamiento de agujas para la protección de la ruta o senda de deslizamiento y la protección de los flancos del itinerario, en las entradas y salidas de trenes, es entre otros movimientos, una de las incompatibilidades que más afecta en tiempo a las operaciones de maniobras. Por ello, si el diseño de la terminal se realiza como se ha dicho anteriormente, sin travesías de entrada y salida que interfieran, habrá ahorros de tiempo considerables en las maniobras. Caso de no ser así, podían valorarse otras soluciones, de tal forma que no se comprometiera la seguridad, como por ejemplo, el fraccionamiento de los circuitos de vía, modificaciones del software del enclavamiento que permitiese menos afección de las rutas de deslizamiento o a los tiempos de liberación de los circuitos, contadores de ejes, u otros que pudieran plantearse.

También, en previsión de una posible electrificación de todas las líneas, en el subsistema **electrificación—N(-13)/15—**, la electrificación de todas las vías de las estaciones intermedias, en las que haya operaciones de carga y descarga, instalando seccionadores para cada una de ellas, puesto que no son numerosas. De esta forma se podrán realizar dichas tareas sin riesgos ni dificultades añadidas.

Por último, en el administrador haremos una breve referencia al subsistema **mantenimiento—N(-8)/5—,** tanto en el subsistema línea como en el subsistema terminales y estaciones, puesto que consideramos fundamental para la seguridad y la eficiencia de las operaciones en ambos subsistemas un mantenimiento excelente.

Es una de las actividades estratégicas que sostiene la eficiencia del subsistema ferroviario y salvaguarda la seguridad, sustentando la confiabilidad en todo el subsistema. Uno de los aspectos necesarios para la eficiencia del subsistema estructura de vía es el mantenimiento de los parámetros de diseño de cada elemento que componen la estructura de los subsistemas infraestructura y superestructura y de los procesos esperados con su interacción.

En el mantenimiento del subsistema terminales y estaciones subrayaremos el subsistema enclavamientos-bloqueos, puesto que como se ha dicho, es uno de los pilares de la señalización ferroviaria que más es afectado por las inclemencias del tiempo. Son comunes las incidencias de ocupaciones de circuitos de vía (falsa ocupación) efecto de la lluvia, las temperaturas, altas y bajas, así como, por los desajustes producidos por las continuas vibraciones originadas por el movimiento de los vehículos, lo que genera el bloqueo de partes del enclavamiento.

Por ello es necesaria una rápida intervención del equipo de mantenimiento, puesto que las consecuencias sobre las operaciones de la terminal y sus tiempos, se ven seriamente afectadas. Además, dichas operaciones, al depender más del factor humano, sobre todo en puestos ya saturados, incrementan considerablemente el riesgo de incidencias y accidentes comprometiendo con ello la seguridad.

Dentro del subsistema terminales y estaciones—N(-9)/2—, el siguiente subsistema al que nos referiremos es **operaciones—N(-8)/5—**. En el subsistema **control de operaciones—N(-10)/6—** es necesario que los operadores tengan una correcta

[283] Enclavamiento red convencional enero 2009: electrónico 44,21%, eléctrico 42,30%, mecánico 3, 89%, Bouré 8,33% y agujas talonables 1,27% (Fuente: documento interno Adif 2009).

programación de las operaciones de entrada, clasificación, formación y salida de trenes de trenes, así como las intervenciones a realizar en las terminales y estaciones, y que dicha planificación se transmita de forma fluida y con el tiempo necesario a las terminales para su correcta planificación. Las intervenciones pueden ser agregar o segregar vagones, cambio de locomotora, de maquinista, etc. Sobre la formación de trenes, añadiremos la necesidad de realizar lotes (lotificación), según los criterios de los operadores, que en general deberían respetar las agrupaciones por clientes y por el orden de intervención en las terminales, conociendo de antemano esta operativa.

En cuanto a la planificación en las terminales de las operaciones a realizar, el objetivo debe ser ahorrar movimientos y tiempos de ejecución para mejorar la eficiencia en todas las operaciones, que tendrían como resultado la minimización de los tiempos de transporte y los plazos de entrega. Con respecto a los mencionados ahorros incluiríamos también las operaciones de carga y descarga, especialmente en los movimientos de grúas, rotaciones de material cargado y vacío entre los distintos sectores de la terminal, etc. También, con el ahorro de movimientos de locomotoras de maniobras y grúas se ahorrarían costes de producción en conceptos como energía y mantenimiento.

Otro de los aspectos a tener en cuenta en la planificación son las mejoras de los sistemas de información existente que incluiría la integración de las distintas aplicaciones informáticas en un solo interfaz, y la incorporación y puesta a disposición de las TICs (Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación).

En resumidas cuentas, dotar de las herramientas necesarias, en este caso informáticas, para poder desarrollar el trabajo con la máxima eficiencia. Porque para minimizar la dificultad de formalización y seguimiento de todas las complejas operaciones de la cadena de transporte, incluidos los trámites y la documentación, tanto de circulación como la comercial, son necesarios los sistemas de información de gestión integrada, dónde se conjugan la informática y las telecomunicaciones. Pero para lograr una mayor eficiencia sería necesaria la formación integral del usuario para poder desarrollar toda la capacidad de las aplicaciones y las nuevas tecnologías.

Sobre los subsistemas **playas y muelles de carga y descarga—N(-10)/7—** y **equipamiento —N(-10)/8—** como se ha comentado anteriormente, es importante una sectorización eficaz de los haces de vías y las instalaciones según los tipos de mercancías. No obstante esto, no se trata de adoptar planteamientos rígidos, puesto que puede haber también playas y muelles multifución.

También, es necesario plantear que la concentración de actividades en una única terminal puede generar, con volúmenes de tráfico altos, colapso de las instalaciones y las operaciones. Por ello, consideramos que habría que contar con terminales o estaciones especializadas para determinados tráficos o bien con terminales o estaciones de apoyo, como ocurre con algunos puertos que no cuentan con espacio suficiente para albergar en su interior la terminal ferroviaria.

El mayor impedimento puede ser la mayor cantidad de recursos humanos y de renovación de las estaciones de la línea existentes. No obstante, si el volumen de tráfico es suficiente, estaría justificado para incrementar la oferta de los servicios prestados y, si la calidad del servicio se resiente, para mantenerla o aumentarla.

En cuanto al equipamiento, señalaremos que la innovación y los avances tecnológicos están permitiendo también la mejora de los procesos de carga y descarga, así como, los de almacenaje. Entre estos avances destacaremos algunos de los realizados en las grúas pórtico, por su importancia para las terminales intermodales de ferrocarril.

Así, encontramos el incremento de las velocidades de desplazamiento e izado de contenedores y el diseño de nuevos *spreaders* con capacidad para izar dos contenedores de 40 ó 45 pies que permiten posicionar y ajustar el marco de izado mediante cilindros hidráulicos. También los dispositivos que asisten al gruista en la operación, tales como automatización de determinados ciclos de movimiento.

Además, se han llevado a cabo investigaciones en áreas tales como la influencia del viento en la manipulación de contenedores y en el control remoto de los movimientos de la grúa[284]. Así, las grúas llevan incorporado, entre otros elementos de seguridad, un anemómetro, que paraliza las operaciones cuando el viento es superior a 70 km/h, y un detector de balanceo. Indicaremos también que hay terminales que cuentan con varias grúas pórtico, según su volumen de tráfico y la longitud de las vías, puesto que la velocidad de desplazamiento no es muy elevada.

Por ello, si el volumen de tráfico lo requiere, será necesario incorporar nuevas grúas pórtico, además de las grúas móviles telescópicas. En cualquier caso, también diremos que el rendimiento debe ser aproximadamente de 30 movimientos por hora para que una grúa pórtico sea productiva. Por otro lado, en cuanto al estocaje, es necesario incorporar un sistema automático de posicionamiento de los contenedores basado en la localización vía satélite mediante precintos con GPS para que sea más eficiente el proceso de estocaje.

También indicaremos, que en el subsistema **acceso y control —N(-10)/9—**, es necesario contar con lectores de matrícula de los contenedores cargados en los camiones (y de los camiones) que vuelquen la información al sistema informático, agilizando los procesos administrativos y la gestión. Si bien, señalaremos que habría que corregir ciertos problemas para su implementación en cuanto a los códigos de contenedores y cajas móviles.

Otro aspecto distinto en este subsistema, hace referencia a los viales de acceso y los aparcamientos, que deben tener la suficiente capacidad para absorber los picos horarios de llegada de los mencionados camiones.

Por último, sobre el subsistema **derivaciones particulares —N(-12)/3—** destacaremos la necesidad de que los grandes polígonos industriales cuenten con instalaciones ferroviarias, así como las plataformas logísticas. Muy pocos polígonos tienen acceso al ferrocarril dentro de sus recintos; no ocurre lo mismo, si bien es a otra escala, con las plataformas logísticas, especialmente las de implantación reciente.

Es conocida la elevada capacidad generadora de tráficos de mercancías de los polígonos industriales y plataformas logísticas; sin embargo, no bastaría con la dotación de instalaciones, también será necesario planificar los servicios de trenes adecuados, según las necesidades de los clientes, en cuanto a tipos de transporte, frecuencias y horarios.

Señalaremos por último, que todas las medidas indicadas en el subsistema operaciones—N(-8)/6—están encaminadas también a la mejora del interfaz ferrocarril-carretera (y marítimo), puesto que, uno de los fundamentos del subsistema intermodal tiene como base la fluidez del intercambio entre modos.

Finalizaremos el subsistema administrador de infraestructuras recordando que en el modo ferrocarril, las inversiones en infraestructuras, y las superestructuras asociadas, son muy importantes y que constituyen la mayor parte de los gastos fijos de la implantación y explotación de este subsistema del subsistema de transporte. Por lo que en la actualidad, la participación y colaboración público-privada, puede resultar fundamental para abordar la construcción de nuevas infraestructuras o mejoras de las existentes a gran escala.

[284] Como ejemplo de terminal de última generación, aunque en este caso se trate de una terminal marítima, por las posibilidades para las terminales de ferrocarril, citaremos la *Europe Container Terminals* de Róterdam (Holanda). En 1993 se inició el desarrollo de una terminal de contenedores completamente automatizada y actualmente está operando a un nivel satisfactorio en una región altamente competitiva.

(N-7)/2 Operador transporte

El primer subsistema a que haremos referencia es el subsistema **vehículos—N(-8)/4—**, y dentro de él, sobre el subsistema **locomotoras —N(-9)/1—**. Ya se ha indicado la necesidad de que la tracción fuese esencialmente eléctrica por su mayor eficiencia energética y su menor impacto sobre el medio ambiente, tanto en contaminación como en emisión de gases de efecto invernadero.

También, indicaremos que se está investigando la aplicación de pilas de hidrógeno al transporte, utilizando la tecnología de pilas de combustible, las cuales combinan el hidrógeno con el oxígeno de la atmósfera para producir agua y electricidad, eliminando de esta forma la contaminación. Sin embargo, para algunos investigadores hay que preguntarse si las pilas de combustible son una tecnología apropiada para la industria ferroviaria.

Las desventajas que mencionan son el incremento del peso de los trenes, por el equipo y los depósitos de reserva a bordo, los elevados costes del cambio de instalación, y la seguridad para las personas. Además, tal y como está tecnológicamente su desarrollo en estos momentos, la producción electrolítica y el uso del hidrógeno como combustible, su utilización como tracción en los trenes consumiría cuatro veces más combustible que el que una pila de combustible suministrara, por lo que se incrementaría el consumo de energía primaria.

Como consecuencia aumentaría la producción de CO2, comparada con la tracción eléctrica. Por todo ello, actualmente es más eficiente la tracción eléctrica (el 80% desde la subestación a la locomotora) que la tracción suministrada por el hidrógeno. Otra mejora es el incremento de la potencia de la tracción de las locomotoras que remolcan trenes de mercancías hasta alcanzar su límite de adherencia global que, a su vez, está en función del peso/eje y la velocidad, entre otros factores.

Es decir, será necesaria la búsqueda del equilibrio entre la carga máxima por eje permitida en las líneas o línea por la que vaya a circular y el peso/eje de la locomotora, así como, la velocidad deseada en régimen continuo por citar los más característicos.

También, es necesaria la incorporación de ordenadores a bordo de todas las locomotoras como ya se está haciendo con las nuevas locomotoras pero todavía existen en los parques, numerosas locomotoras antiguas que no disponen de ordenador. Es el caso de la operadora más importante en España, en la que todavía existen muchas locomotoras con muchos años y kilómetros de servicio. Se generan muchas averías y un costoso mantenimiento por lo que será inevitable su renovación para competir con garantías en el nuevo mercado liberalizado de mercancías.

No obstante, es cierto que se aprovecha la eficiencia de las locomotoras de la serie 269 en doble tracción con mando múltiple que, obviamente, tienen mayor capacidad de arrastre (1.660 a 1.740 Tm dependiendo de la sub-serie, en rampa de 17 ‰) que una sola locomotora de la serie 253 (1.130 Tm, en la misma rampa). La incorporación de los ordenadores de abordo facilitará también el desarrollo, que ya se está realizando, de un sistema de integración de la información entre los operadores de transporte y los puertos para mejorar los procesos logísticos de intercambio modal entre el ferrocarril y el barco.

Por último, haremos referencia a la forzosa necesidad de locomotoras interoperables (y maquinistas), puesto que como ya se ha señalado, no parece viable el cambio de toda la red a ancho internacional, ni tampoco la extensión a la misma del tercer carril que se está instalando en algunos tramos, que por otra parte, en nuestra opinión, es una solución parcial y no exenta de problemas de mantenimiento y de regulación de tráfico, si circulan por estas vías trenes pesados de mercancías y más lentos conhexistiendo con trenes de alta velociad o velocidad alta.

Sobre el subsistema **vagones —N(-9)/2—**, señalaremos que también son necesarias mejoras en los vagones para incrementar la eficiencia, la competitividad y la rentabilidad del subsistema de transporte en conjunto. Una de ellas, es la reducción de la tara de los vagones para conseguir un incremento de su carga útil. Se investigan nuevos diseños, la reducción del peso del bastidor y materiales resistentes más ligeros para su construcción.

Otra medida, sería adoptar diámetros mínimos para las ruedas, puesto que hay una relación directa entre el peso/eje, el mencionado diámetro y la fatiga de los sistemas de rodadura; las grietas consecuencias de dicha fatiga incrementan considerablemente los costes de mantenimiento.

Por otra parte, también es necesario implementar un sistema de posicionamiento GPS para su localización, control y seguimiento directo. Además, en algunos casos, como en el de las mercancías peligrosas, es necesaria la incorporación de sensores de presión y temperatura, y en las unidades de carga intermodal (UTI's), para determinadas mercancías, sensores capaces de controlar temperatura, humedad, vibraciones, etc. En ambos casos los datos serían transmitidos por el dispositivo GPS.

En cuanto al subsistema **servicios trenes —N(-8)/6—,** en el subsistema **oferta de trenes —N(-9)/1—**, existe una oferta regular de trenes, es decir un plan de transporte. También es aplicable a los subsistemas demanda de trenes—N(-9)/2— y planificación de trenes—N(-9)/3—, puesto que el servicio puede ser sobre demanda, como ya se ha dicho. Sin embargo, en nuestra opinión, no será suficiente si se produce un incremento del transporte ferroviario de mercancías en respuesta a las medidas políticas de apoyo a este modo de transporte. Por ello, sería necesario un estudio de demanda potencial que considerase el dinamismo de ciertos puntos del territorio que pueden generar tráfico de mercancías anticipándose en el tiempo al mencionado crecimiento.

Dicho estudio debería examinar los orígenes de las materias primas y productos semielaborados necesarios para la producción, así como los destinos de dicha producción, para conocer la longitud y eslabones de las cadenas de distribución. Por su complejidad, en nuestra opinión, un enfoque conveniente sería considerar el conjunto como una superred. La configuración de una red con las plataformas logísticas de rango más alto, que se está estudiando actualmente, sería una buena base para planificar nuevos servicios de trenes que cubriesen gran parte de los territorios.

También, sería necesario realizar el estudio de viabilidad, planificación y disponibilidad de recursos para operar entre puntos del interior de los territorios con los nuevos servicios. Obviamente, estarán en función de la demanda de los puertos secos y plataformas logísticas que podrían inferirse del estudio de demanda potencial. Señalaremos que con los puertos, el servicio de trenes tiene frecuencias y tiempos de transporte aceptables, aunque mejorables, pero un incremento de la demanda implicaría también nuevos servicios. Además, en cuanto a la planificación sería necesario que el ciclo de rotación del material no fuese en vacío sino en cargado, con el consiguiente incremento de la eficiencia en el sistema.

Otras posibilidades de tráficos de transporte por ferrocarril con buenas perspectivas potenciales de crecimiento, son las que propiciará la construcción de la línea transversal Santander-Mediterráneo, entre los puertos del arco mediterráneo y el arco atlántico, para la consolidación del transporte marítimo de corta distancia (*short sea shipping*) con los puertos del norte de Europa de tráficos marítimos procedentes de Asía (Canal de Suez), América (también la fachada del Océano Pacífico por la travesía a través del Canal de Panamá) y África (Túnel del Estrecho).

Para estos nuevos tráficos, y con el fomento del ferrocarril en los polígonos industriales más importantes, sería necesario el desarrollo de servicios de trenes, transportando semirremolques sobre plataformas o bogies, el denominado *ferroutage*

o autopista rodante, en las líneas de la red convencional que tengan la capacidad de generar estos tráficos. Esta modalidad de transporte está muy implantada en Austria y está tomando auge, en otros corredores europeos, en el eje Perpiñán (Francia)-Bettembourg (Luxemburgo), con el transporte de los semirremolques sobre vagones Modalohr que se realiza desde 2006. Se pretende ampliar el sistema al corredor Irún-París-Lille y lograr que esta red cubra toda Europa.

En España, se está desarrollando un proyecto piloto para dicho transporte, la Autopista Ferroviaria Ibérica (AFI), entre el Puerto de Algeciras y la frontera francesa, utilizando la terminal de Far d'Ampurdá (Girona). Desde la frontera conectaría con la mencionada autopista ferroviaria francesa. Por otra parte, la oferta actual de servicios de transporte ferroviarios no proporciona servicios para el vagón aislado, que fue abandonado en España hace algunos años.

Sin embargo, podría realizarse un estudio en profundidad sobre la viabilidad del vagón aislado con nuevos criterios de explotación. Con respecto a su viabilidad señalaremos que siete grandes operadores europeos de mercancías han unido sus fuerzas para constituir la nueva alianza Xrail para construir una oferta conjunta de mayor calidad y más atractiva para los clientes internacionales de vagón aislado, mejorar la competitividad del transporte ferroviario y reducir la congestión de las carreteras y el deterioro medioambiental. Aumentar su atractivo y eficacia es el objetivo de los siete operadores aliados en Xrail[285].

El sistema permite la competencia entre los operadores de la alianza y exige de ellos el mantenimiento del nivel de calidad y de prestaciones definidos por Xrail, sean cuales sean el operador y el país por el que se circule. La cooperación de los operadores girará en torno a los procesos de producción y de información. Las previsiones de sus impulsores apuntan que Xrail permitirá unificar normas de producción y mejorar tres de los atributos del transporte: fiabilidad, transparencia y adaptación a la demanda. Para estos operadores, el transporte en vagones aislados que representa alrededor del 50 % de lo transportado por el ferrocarril en Europa, ofrece un importante potencial de crecimiento a nivel internacional.

Otra iniciativa muy interesante para potenciar el ferrocarril, es la iniciada en Francia con los "Operadores de Proximidad", que gestionarán el transporte regional y local de mercancías por ferrocarril y su logística, a partir de un punto de intercambio, con un operador de mercancías de larga distancia. El gobierno francés adecuará las herramientas legislativas y reglamentarias para que dichos operadores puedan gestionar la infraestructura de las líneas de poco tráfico reservadas para el transporte de mercancías.

La creación de la Asociación de Operadores de Mercancías de Proximidad brindará apoyo a los operadores mediante una unidad que reunirá a los distintos agentes que intervienen (cargadores, los agentes económicos que representan los territorios, la logística y el transporte profesional, asociaciones, instituciones). Dicha unidad acompañará a los operadores en las áreas de logística, tecnología ferroviaria o el análisis de los mercados de referencia, organizando el intercambio de experiencias y facilitando el intercambio de conocimientos y el *know-how*.

También los operadores de proximidad contarán con el apoyo financiero de los agentes económicos y sociales regionales y locales para desarrollar el tejido industrial y empresarial de las regiones y ciudades en las que se implante. Conceptualmente el operador de proximidad es equiparable a las *short-lines* americanas, puesto que Fret SNCF, de no resultar económicamente rentable, suprimiría los servicios ferroviarios en ciertas líneas de poco tráfico y el ferrocarril no llegaría a algunas regiones o áreas del

[285] La alianza Xrail está formada por CD Cargo (República Checa), CFL Cargo (Luxemburgo), DB Schenker Rail (Alemania, Holanda y Dinamarca), Green Cargo (Suecia y Noruega), Rail Cargo Austria (Austria, Hungría), CFF Cargo (Suiza) y SNCB Logistics (Bélgica).

territorio, de la misma forma que ocurre con los ferrocarriles Class I y Class III norteamericanos[286].

En nuestra opinión, es un proyecto que podría adecuarse a nuestro país para ciertas líneas con poco tráfico, que podrían verlo incrementado, sin necesidad de recurrir al cierre de ninguna línea, como se está sondeando desde el Ministerio de Fomento. Esta solución evitaría la repetición de los cierres acaecidos en la red convencional en el último cuarto del pasado siglo, que supusieron la pérdida cercana a los 1.500 km de líneas de ferrocarril desde su máximo en el año 1.969 (13.314 km). El cierre de líneas transversales, como por ejemplo la de Valladolid-Ariza, entre otras, supusieron la pérdida de conectividad de la red convencional y, como consecuencia, de accesibilidad de muchas áreas de la España interior.

(N-7)/3 <u>Operador Logístico</u>

Sobre el subsistema **centros de distribución—N(-9)/2—** podemos señalar la necesidad de una correcta planificación de los mismos en cuanto a localización, dimensionamiento, funciones y equipamiento. De estos parámetros dependerá su capacidad de atraer y generar tráficos, lo que influirá en los costes y nivel de servicio, además de en otros elementos como la congestión, la contaminación y el uso eficiente de la energía.

La localización se verá afectada por los requerimientos de la cadena de distribución en cuestión y sus necesidades de transporte, en lo referente a los pares origen-destino, los modos de transporte más competitivos en tiempo y en precio, y al volumen de flujos. Otro aspecto importante será la accesibilidad y la conectividad de su situación geográfica con respecto a los trazados de las redes principales, según sus necesidades modales de transporte. Las funciones serán un aspecto estratégico del operador logístico, pero, en cualquier caso, la calidad de los servicios prestados deben tener unos altos estándares de calidad.

El dimensionamiento y el equipamiento estarán en función de los volúmenes de mercancías, de sus características y exigencias, del número de referencias de entradas y los requerimientos de preparación, según las condiciones indicadas por los clientes para su salida del subsistema. Para poder realizar la planificación adecuada serán necesarios, al igual que para el operador de transporte, estudios de demanda real y potencial, pero también de otra índole.

Es ineludible conocer las características de las redes, como pueden ser la calidad, sus trazados, tanto de los arcos, como de los nodos, su volumen de flujos según sus intensidades horarias, etc. Además, y muy importante, será fundamental conocer otros parámetros que ponen en relación las características espaciales de las redes y el territorio, como son la accesibilidad de dichas redes a los diversos puntos de los territorios y las conexiones, es decir, la conectividad de las mismas a las redes de mayor rango.

Otro aspecto relacionado con la planificación será conocer la estructura de la red de plataformas logísticas de primer nivel situadas en las áreas económicas más dinámicas del territorio y grandes núcleos de población que contarán con polos o zonas de actividad logística, puesto que será en ellas donde alcanzarán su nivel más alto las economías de escala y las sinergias.

[286] En los ferrocarriles norteamericanos hay tres tipos de ferrocarriles: Class I, que son grandes compañías, en volumen de negocio e infraestructuras, para el transporte de mercancías que cubren largas distancias. Class II, son compañías intermedias que corresponderían con ferrocarriles regionales. Clas III, son pequeñas compañías, *c*on pocos kilómetros de línea (*short lines*), que sirven a un pequeño número de ciudades o industrias, o determinados tráficos como el de cereales en medio oeste; empalman con los ferrocarriles principales (Class I) en terminales de la red principal de estos últimos.

Es conocido que la localización de los nodos más importantes de las distintas redes modales de transporte, coinciden con la localización de los *hubs* y puertas de entrada (*gateway*) de mayor rango, como se ha ido viendo a lo largo de este trabajo; a su vez, dichos puntos concentradores y distribuidores de los diversos flujos corresponderán a nodos de la superred conformada por las redes de transporte, logísticas, financieras, de información, etc.

En cuanto al subsistema **distribución capilar—N(-9)/2—**, como ya se ha señalado, es uno de los pilares, junto con el subsistema anterior, en que se fundamenta la distribución física de mercancías. La recogida y entrega de las mercancías en un radio de unos 50 kilómetros requiere una gran precisión para resultar eficaz; por ello será necesario, como en el subsistema anterior, conocer las diversas características de las redes para el diseño de las rutas de recogida/entrega. Además, para estructurar la logística del último kilómetro (*last mille*), también será necesario conocer con exactitud las ventanas horarias, ajustadas a las condiciones y características de los puntos de recogida/entrega en las rutas, así como otros condicionantes de tráfico y restricciones a dicha actividad en las vías urbanas de las ciudades

Por otra parte, es imprescindible el adecuado dimensionamiento de las flotas de distribución y sus características, en función de las necesidades del operador y de los tipos de mercancías transportadas. También estará en función de la demanda, si bien, es una cuestión difícil, puesto que puede fluctuar significativamente. También señalaremos la necesidad de realizar el proceso de carga de los vehículos optimizando su capacidad, para lo cual es esencial el cálculo riguroso de los factores de carga y de estiba. De la misma forma es indispensable la apropiada distribución en el interior de la caja del vehículo de las mercancías para lograr una óptima ocupación de su capacidad. Así mismo, la formación de los recursos humanos es fundamental.

Por último, la optimización del consumo de combustible de las flotas que estará en función de una conducción eficiente y el desarrollo de las técnicas para realizarla. También la incorporación progresiva a las flotas de vehículos de combustibles medioambientalmente sostenibles, como los biocombustibles, y los vehículos híbridos o eléctricos.

Finalizaremos la síntesis, haciendo referencia a los servicios de transporte y logísticos de los tres subsistemas de transporte y distribución, administrador de infraestructuras, operador de transporte y operador logístico como se ha mostrado en las figuras En la actualidad, la gestión y el modo de organización orientada hacia los flujos, afecta a casi todas las actividades dentro del proceso de creación de valor. El componente básico de la gestión de materiales es el suministro de la cadena, el tiempo y el espacio, relacionado con la gestión de todo el flujo de mercancías que circula entre el suministro, la fabricación, la distribución y el consumo.

Todos los actores que intervienen, han de trabajar de forma coordinada para conseguir un objetivo último común, que es hacer llegar al consumidor final, los productos y bienes producidos, logrando la máxima calidad para satisfacer todos los requerimientos de los clientes. Las relaciones, actividades y procedimientos que se establecen y realizan son complejas. Por ello, es necesaria la máxima coordinación de los servicios ofrecidos por el administrador de infraestructuras, el operador de transporte y el operador logístico entre ellos, pero también, de todas las actividades implícitas a estos servicios que se desarrollan dentro de las organizaciones de los citados agentes.

Una buena forma de lograr la colaboración y coordinación son los acuerdos y convenios entre las partes, asimismo, las participaciones de empresas. En resumidas cuentas, el objetivo es compartir recursos, esfuerzos, riesgos y responsabilidades en determinados proyectos, buscando las sinergias de los agentes implicados, que abordados de forma individual no serían posibles, o difíciles y costosos.

Además, ante la tendencia al incremento en la presión sobre los costes logísticos y los impactos de la evolución del sistema logístico sobre el medio ambiente es fundamental modificar las presiones convergentes sobre los costes de transporte de los servicios logísticos, como ya se está intentando realizar con políticas sectoriales europeas y nacionales.

Sin embargo, la reducción de precios y tarifas no debe afectar al nivel de calidad de servicio, que debe mantener los estándares de excelencia. Es posible ahorro en los costes de producción, pero es básico y fundamental que la calidad no se vea afectada por dicho ahorro. Recordaremos, que la fidelización y los índices de calidad percibidos por el cliente están en función del grado de satisfacción por los servicios contratados, que incluye tanto su precio, como su calidad.

Más aún, es necesario realizar esfuerzos para ofrecer un mayor nivel de servicio que el esperado por el cliente, tanto cualitativa, como cuantitativamente. También nos parece necesario hacer referencia a la función vertebradora de la economía de un país y su ayuda a la proyección hacia el exterior de los sistemas de transporte y logístico. Por lo tanto, es preciso potenciar la creación de corredores intermodales europeos y paneuropeos de transporte de mercancías que ofrezcan nuevos servicios excelentes tanto de transporte como logísticos para lo cual será una pieza muy importante la coordinación de actores.

Por otra parte, con la liberalización del mercado del transporte de mercancías, de cuya implementación emana, entre otras, la *Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio* (Ley Ómnibus), de 22 de diciembre de 2009, la prestación de servicios de transporte no está circunscrita exclusivamente a los agentes ferroviarios tradicionales anteriores a la liberalización.

Así, los servicios adicionales al transporte ferroviario serán prestados por el administrador de infraestructuras, pero los servicios complementarios y auxiliares, podrán serlo por dicho administrador, o bien, por empresas prestadoras de servicios y por empresas ferroviarias y candidatos titulares del material rodante con unas determinadas condiciones.

Como resultado, se favorecerán los acuerdos, colaboraciones y participaciones de los agentes implicados, ampliando los recursos y los mercados. Una consecuencia directa será la ampliación de la oferta de servicios de transporte y logísticos mejorando la tendencia actual, a ofrecer paquetes de servicios integrados e integrales, tanto de servicios generales como de servicios especializados con mayor calidad y a precios más competitivos.

Señalaremos, por último, que en la actualidad los servicios ferroviarios mencionados anteriormente, tanto los ofertados por el administrador de infraestructuras como por los operadores de transporte son complementarios e indisolubles por la exigencia de la separación entre infraestructuras y explotación del nuevo modelo ferroviario europeo. Sería contraproducente para la calidad del servicio y la competitividad de las empresas no considerar de forma relacionada los servicios ofertados por los operadores de transporte y logísticos, puesto que, en algunos aspectos, son complementarios.

Además, actualmente, las alianzas y participaciones entre ambos operadores y la entrada de nuevos operadores de transporte integrados en potentes organizaciones que prestan servicios integrales de transporte y logísticos han creado una difusa frontera entre ambos tipos de operadores y los servicios que ofertan.

5.2.5. Impactos de las medidas propuestas

Puntualizaremos, que en el análisis y posterior síntesis del subsistema de transporte realizado en este apartado, se han considerado los aspectos más técnicos del mismo, sin embargo, como se vio en anteriores apartados, existen aspectos y relaciones espaciales cuyas mejoras ya se analizaron desde un enfoque geográfico.

Así pues, se realizará una valoración complementaria de los impactos de ambos tipos de medidas propuestas, puesto que en primer lugar, los dos enfoques, tanto el de sistemas como el geográfico tienen naturaleza holística y, en segundo, porque los aspectos espaciales del subsistema de transporte también tendrán importantes impactos sobre los otros subsistemas territoriales, especialmente, en el de asentamientos y en el económico.

Puntualizaremos, que el diagrama causal a macroescala presentado, de carácter general, es aplicable a todo el subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril incluido el transporte intermodal (ver figura 5-20, p. 390). En la estructura del diagrama de flujos generado por las mejoras en dicho sistema es posible distinguir tres partes claramente diferenciadas. En la parte central están situados los conjuntos de variables que articulan los flujos del diagrama. Así, tomando como variables[287] inductoras el conjunto de mejoras propuestas, representado por una caja verde que contendría todas ellas, encontraremos el conjunto de variables que agrupa la oferta de transporte y otro que agrupa la demanda de transporte, representados por una caja azul.

Los flujos de medidas de mejoras sobre la oferta se dirigen al conjunto de variables contenidas en la oferta de transporte. Entre ambos conjuntos se establecerán relaciones uno a uno o uno a varios, puesto que ciertas mejoras en algunos elementos de la oferta requieren la conjunción de varias mejoras para su correcta implementación.

Por ejemplo, para incrementar la velocidad, será necesario mejorar, entre otros elementos, los radios de las curvas y sus peraltes, las pendientes, el tipo carril y de traviesas, etc. puntualizaremos, que asignamos como variables origen de los impactos al conjunto de variables contenidas en oferta de transporte, porque, en nuestra opinión, es evidente que el subsistema de transporte se concreta en la realidad porque existe la oferta de infraestructuras, vehículos y servicios. Por lo tanto, consideramos que es condición *sine qua non* que las mejoras del subsistema de transporte se produzcan sobre la oferta de transporte en sus diferentes aspectos.

En la parte derecha, encontramos alguno de los efectos de la mejora de la oferta de transporte sobre los subsistemas económico y espacial del territorio, representados en los conjuntos de variables que hemos denominado actividad económica para el económico, representado por una caja marrón, y vertebración del territorio y jerarquía urbana para el espacial.

Por último, en la parte izquierda del diagrama se han representado los aspectos económicos del propio subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril, en los conjuntos de variables que hacen referencia a ingresos, costes y recursos. en cuanto a los colores, indicaremos que no tienen mayor relevancia; se trata de distinguir los conjuntos de variables más sensibles a las mejoras propuestas y que originan, en nuestro caso, un cierto dinamismo del sistema territorial, influyendo, además, sobre otros conjuntos de variables.

Las flechas que dirigen los flujos de los impactos o efectos sobre otras variables, son de color azul en trazo continuo; pretende enfatizarse el carácter de flujo dinámico de acción-reacción que las variables de origen pueden provocar en las variables de destino y, como consecuencia, en el estado del sistema.

También, se ha considerado la posibilidad de que ocurra un suceso que afecte al funcionamiento del subsistema, como por ejemplo que exista inversión externa al mismo, es decir de su entorno, o que la oferta no satisfaga la demanda; se ha utilizado el trazo discontinuo. Una de estas posibilidades que hemos querido resaltar por la

[287] Se utilizará el concepto de variable, porque es el utilizado en la dinámica de sistemas, pero en nuestro análisis cualitativo sería más correcto utilizar el concepto de parámetro.

condición que tiene, en nuestra opinión, de mejora del subsistema, es el equilibrio entre oferta y demanda, por una parte y, por otra, entre ingresos y costes.

Todo el conjunto, digamos de equilibrio, está representado en color verde para indicar que se trata de una mejora, aunque no se haya considerado explícitamente en las mejoras propuestas.

No obstante, el equilibrio estará influido por elementos del entorno del subsistema, aunque, como ya vimos, los sistemas tienen una cierta tendencia homeostática a la autorregulación. En cuanto a la naturaleza de los cambios inducidos por las mejoras en los conjuntos de variables del subsistema, señalaremos que el signo más (+), según la terminología de la dinámica de sistemas, indica que un cambio en la variable de origen producirá un cambio del mismo sentido en la variable de destino; el signo menos (-), indica que el cambio en la variable de destino será de sentido contrario al de la variable de origen.

Dicho lo anterior, se explicarán desde un nivel de resolución de macroescala, si bien de forma concisa, algunas de las respuestas que podría tener el subsistema de transporte como consecuencia de la implementación del conjunto de mejoras propuestas. Posteriormente, se profundizará con mayor nivel de resolución a mesoescala, también de forma concisa, dentro del propio subsistema (ver figura 5-21, p. 396). En cualquier caso, indicaremos, que para analizar los impactos de las mejoras sobre el subsistema sería necesario considerar los efectos de todas y cada una de las medidas, así como de su conjunto, sobre el subsistema.

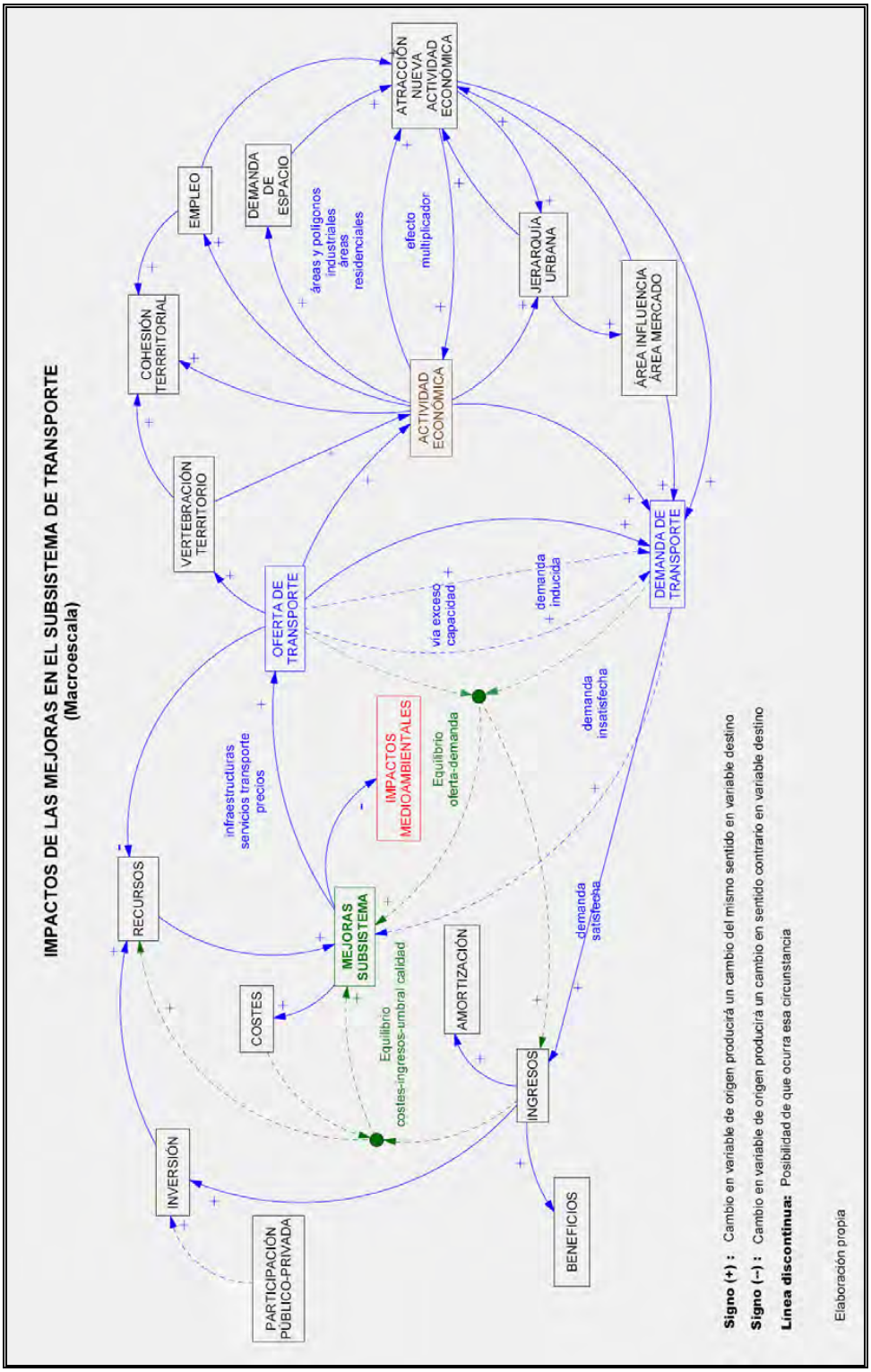
No obstante, sólo se realizará una aproximación a la valoración del posible comportamiento del subsistema como respuesta al conjunto de medidas, porque, como ya se ha repetido a lo largo del trabajo, el objetivo es mostrar un camino a seguir en futuras investigaciones más amplias y profundas.

En primer lugar, señalaremos que podemos distinguir en el conjunto de variables contenidas en la caja mejoras del subsistema, por una parte, las que corresponden a las variables incluidas en la oferta de transporte, como son más infraestructuras y servicios, o mejoras de los existentes, precios más competitivos etc., y por otra, las encaminadas a reducir los impactos medioambientales, a incrementar la eficiencia energética, reducir el consumo de combustible, etc. Los impactos de la oferta de transporte los podemos agrupar en función de la naturaleza de los subsistemas y elementos afectados. Así, es posible distinguir los efectos de dichos impactos sobre la actividad económica, sobre el espacio y sobre la demanda, aunque el sistema de relaciones que se establece entre los mencionados subsistemas es intrincado y complejo.

Con respecto a los impactos económicos y espaciales de la oferta de transporte, señalaremos que no son independientes entre sí. También, recordaremos que las relaciones que se establecen sobre el territorio tienen dimensiones geográficas espaciales y temporales. Por ello, la materialización de las relaciones espaciales que se establecen dentro del propio sistema de transporte, además, de las que se crean conjuntamente entre este sistema y los sistemas logísticos, el de asentamientos y el de actividad económica, configurará un sistema nodal conectado por redes y, de forma más evolucionada, por corredores. Dichas relaciones son expresadas en términos de flujos, cuyo origen lo podemos encontrar en el sistema de actividad económica.

La dimensión temporal –la dinámica del sistema— no se contemplará, porque excede de nuestros propósitos, aunque como ya dijimos, en el futuro sería deseable analizar dicha dinámica poniendo en relación la evolución y los cambios producidos en la red ferroviaria con el desarrollo de la trama urbana, la red urbana y las distintas etapas de crecimiento del tejido industrial.

Figura 5-20. Diagrama causal impactos sistema de transporte (I)



Por lo tanto, es razonable afirmar que los efectos de los impactos de las mejoras de la oferta de transporte sobre las anteriores relaciones, tendrán consecuencias sobre la utilización del suelo, la distribución de actividades en el espacio y la movilidad de la población. De esta afirmación también es posible inferir la posibilidad de influir en dichos elementos territoriales, mejorando la accesibilidad y la conectividad a las redes de transporte que, a su vez, generarán una nueva oferta de espacio y la reordenación de las polaridades.

El fundamento de los párrafos precedentes lo encontramos en que actualmente resulta menos importante la localización absoluta de los lugares y más importante que dichos lugares sean accesibles y con conexiones a las redes de mayor rango en la jerarquía. Dicha accesibilidad y conectividad, a su vez, incrementará el rango de los nodos conectados a esas redes y el alcance de sus áreas de influencia.

Son aspectos importantes porque en la actualidad, los cambios tecnológicos y organizativos de la producción, así como, el proceso de globalización, han incrementado los intercambios de flujos entre países propiciando que la accesibilidad y la conectividad a las redes de transporte y comunicaciones cobren mayor importancia que el emplazamiento de un determinado lugar.

Subrayaremos que la capacidad de interacción espacial que posee un territorio, también es, entre otros, un factor esencial de localización de ciertas actividades económicas que requieran un grado elevado de movilidad de las mercancías para la realización de sus procesos productivos. Por lo tanto, la potenciación de dicha capacidad incrementará la atracción de ese territorio para nuevas localizaciones y, con ello, su competitividad.

Cuando se produce un incremento de la interacción se podrá generar un proceso bien de convergencia o de divergencia espacio-temporal, cada uno de los cuales llevará asociado economías o des-economías de escala, respectivamente. Este proceso, tendrá importantes consecuencias espaciales y económicas sobre el territorio, favoreciendo su desarrollo o, por el contrario, dificultándolo, ya que se generarán economías de aglomeración produciéndose un efecto multiplicador del crecimiento de la actividad económica sobre ese territorio incrementando el nivel de empleo y la cohesión territorial. Pero para ello es necesaria una adecuada dotación de infraestructuras que tengan, además, una buena conectividad y accesibilidad. Dicha dotación, sus características y calidad, será provista por la oferta de transporte y, en el caso de que fuera necesario, por las mejoras que se han identificado.

Así, la dotación de infraestructuras de transporte sobre los territorios será también un elemento clave para la vertebración territorial por las posibilidades que ofrece de incrementar la cohesión territorial. Sin embargo, es necesario matizar que la existencia de la infraestructura no significa directamente un incremento de la accesibilidad. Se requiere un nivel de servicios de transporte que también genere y potencie las interacciones.

A medida que se incrementa la actividad económica del tejido productivo de un territorio, la demanda de infraestructuras o/y servicios de transporte, si no son suficientes, será reclamada por el territorio. Caso de no producirse dicho incremento comenzarán a generarse des-economías de escala y un constreñimiento del crecimiento económico y, por lo tanto, un desequilibrio de los subsistemas de transporte, económico, social y, en resumidas cuentas, territorial.

Indicaremos, por último, que el crecimiento de la actividad económica, así como sus efectos derivados, es un proceso iterativo y acumulativo sostenido en el tiempo, debido a la permanencia de las infraestructuras sobre los territorios. No obstante lo anterior, el estado de equilibrio del sistema podría alterarse si las condiciones externas de su entorno influyen en su estado o en su capacidad de autorregulación para alcanzar dicho equilibrio como, por ejemplo, pueden ser la demanda o las diversas políticas de los gobiernos.

En cuanto a los impactos de la oferta de transporte sobre la demanda (ver parte izquierda diagrama de flujos figura 5-20), encontraremos los efectos planificados y buscados, que incluirían el exceso de capacidad, es decir, la planificación de la oferta por delante de la demanda, que puede ser estratégica, buscando la capacidad de arrastre del transporte para el conjunto de la economía y, como objetivo último, el

desarrollo o la potenciación de ciertos territorios. También es posible identificar una demanda inducida, manifestada por el aumento del tráfico esperado que tiene su origen en las mejoras implementadas en el sistema.

La planificación del volumen y las características de la oferta de transporte puede ser suficiente o no serlo. En el primer caso, la satisfacción de la demanda generará unos ingresos a los administradores de infraestructuras y operadores, de transporte y logísticos; en el segundo, la propia demanda reclamará dichas mejoras, en cuanto a infraestructuras, calidad, servicios, etc., que caso de no ser atendida, puede crear una saturación del sistema que induzca al desequilibrio del sistema. Los flujos de los ingresos obtenidos podrán ser utilizados para las diversas amortizaciones de capital y para realizar las inversiones necesarias que incrementen los recursos del sistema. Asimismo, generarán unos beneficios para los agentes implicados mencionados en el párrafo anterior.

Como resultado, el subsistema tenderá al equilibrio. Sin embargo, si la oferta no es cubierta por la demanda el subsistema generará un exceso de costes no cubierto por los ingresos que creará un desequilibrio en el subsistema. Dichas inversiones, podrán complementarse con inversiones externas a las generadas por el propio sistema. La participación o colaboración público-privada podrá aportar capital en el caso de ser necesarias inversiones cuantiosas o por requerimientos de la estrategia empresarial de administradores y operadores. El volumen de inversión obtenida por ambos cauces constituirán los recursos del sistema que serán utilizados para su buen funcionamiento y autorregulación.

Así se posibilitarán mejoras y el equilibrio del subsistema, tanto desde el punto de vista del balance de ingresos-costes como de la oferta-demanda. Las mejoras del subsistema, desde el punto de vista de los costes, convertidas en oferta de transporte, consumirán recursos, tantos más, cuanto mayor sea su volumen, su escala de alcance o el tipo de mejora. También, desde el punto de vista de la explotación ferroviaria consumirán un mayor número de recursos; mayor número de trenes, implicará mayor consumo de energía, locomotoras, vagones, maquinistas, etc. Trenes más largos, consumirán más energía si su peso es superior a otros más cortos, con un mayor número de vagones, etc. No obstante, en este caso habrá un incremento de la productividad como consecuencia de las economías de escala que se obtienen.

El ciclo de esta parte del diagrama causal lo cerrará el conjunto de mejoras que, a su vez, será el origen del mecanismo de funcionamiento del subsistema a través de la oferta de transporte, como ya se dijo. En cuanto a los impactos de cada una de las mejoras indicadas en el punto anterior, vistos a una escala mayor de resolución a mesoescala, señalaremos, que se han intentado reflejar de la forma más fiel a lo escrito, según se ha manifestado en dicho punto. En la estructura de la figura siguiente (ver figura 5-21, p. 396), más centrada en los subsistemas de transporte por ferrocarril y logístico y, con mayor nivel de resolución, se han esbozado algunas de las relaciones causales de las múltiples relaciones que podrían establecerse.

Para comprender mejor el diagrama causal de los impactos de las mejoras del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril, se han recopilado en un cuadro (ver cuadro 5-2, pp. 393 y 394) que sigue la misma estructura que hemos utilizado tanto en el análisis del subsistema como en la síntesis. Hemos tratado de sintetizar las posibles mejoras y los mayores condicionantes, que en nuestra opinión podemos encontrar. En su parte final, se muestran también las mejoras que se han propuesto tomadas en el conjunto del subsistema, es decir, las correspondientes a los tres agentes implicados, el administrador de infraestructuras y los operadores, de transporte y logísticos.

Cuadro 5-2. Mejoras propuestas en el subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril

ADMINISTRADOR (N-7)/1		
	MEJORAS	**CONDICIONANTES**
INTFRAESTRUCTURAS E INSTALACIONES (N-8)/4 **LÍNEA (N-9)1** **ESTRUCTURA DE VÍA (N-10)** **INFRAESTRUCTURA (N-11)/1**	**TRAZADO (N-12)/1** PERFIL PLANTA (N-13)/1	
	VELOCIDAD	Peraltes Índice rectas/curvas Radios curvas
	CARGA MÁXIMA	Velocidad Inicio Rampa Índice rectas/curvas en rampa
	PERFIL LONGITUDINAL (N-13)/2	
	CARGA MÁXIMA LOCOMOTORA (Más adherencia)	Tramos en rampa (milésimas) y curva Longitud tramos en rampa y curva Paradas en rampa Humedad carril (túneles, ríos, tiempo) Suciedad carril
	ESFUERZO TRACCIÓN (Potencia)	Coeficiente de adherencia Características técnicas locomotora Peso por eje Diámetro de la rueda Conicidad de la rueda
	OBRAS FÁBRICA (N-12)/2	
	AMPLIACIÓN GÁLIBO CINEMÁTICO PARA UTIS (ANCHO Y ALTO)	Gálibo implantación obstáculos Túneles Vía doble
SUPERESTRUCTURA (N-11)/2	**VÍA (N-12)/3** CARRIL (N-13)/8	
	VELOCIDAD	Inercia (peso/m) Mantenimiento
	TRAVIESAS (N-13)/9	Superficie y peso Sujección flexiblle
	BALASTO (-13)/10	Tipo Balasto Espesor de Capa Tipo suelo plano de formación
	INSTALACIONES (N-12)/4 SEÑALES, COMUNICACIONES, SEGURIDAD (N-13)/12 A 14	
	ETRMS Interoperabilidad (tráfico intenacional) Capacidad línea Disminucón cuellos de botella y congestión líneas Incremento seguridad Disponibilidad locomotoras y maquinistas Ahorros costes producción y tiempo	Ancho europeo o intercambiadores ejes
	ELECTRIFICACIÓN (N-13)/15	
	ELECTRIFICAR TODAS LAS LÍNEAS	Escasez de tráficos Potenciación ferrocarril
INTFRAESTRUCTURAS E INSTALACIONES (N-8)/4 **TERMINALES (N-9)/2** **ESTRUCTURA DE VÍA (N-10)** **INFRAESTRUCTURA (N-11)/1**	**TRAZADO (N-12)/1** PERFIL LONGITUDINAL (N-13)/2	
	TIEMPO OPERACIONES	Pendientes < 3 (Maniobras con freno automático) (Asegurar material con F.M y Calces)
SUPERESTRUCTURA (N-11)/2	**VÍA (N-12)/3** CARRIL, TRAVIESAS y BALASTO N(-13)8 a10	
	LONGITUD VÍA (Formación trenes más largos)	Circulación: cruces vía única Frenado: aumento velocidad depresión
	Nº DE VÍAS Mayor capacidad terminal (trenes y vagones)	Disponibilidad de espacio
	SECTORIZACIÓN DE ACTIVIDAD EFICAZ (Reducción tiempos operaciones maniobra)	
	VÍAS DE APARTADO MÁS LARGAS (Para cruces de trenes más largos en líneas de vía única)	
	INTERCAMBIADOR DE EJES	Costes adqusición vagones Costes mantenimiento vagones Menor carga neta (más tara)
	INSTALACIONES (N-12)/4 SEGURIDAD N(-13)/14	
	ENCLAVAMIENTOS Descentralización de maniobras Fraccionamiento circuitos vía (evitar ciertos deslizamientos) Detector de movimiento en vía asociado a ASFA (o dispositivos frenado) (eliminar rutas deslizamiento)	Menor tiempo operaciones Seguridad y normativa asociada (Incompatibilidad de movimientos) Conexión vía satélite Modernización parque locomotoras (ordenador)
	ELECTRIFICACIÓN N(-13)/15	
	Todas las vías electrificadas (salvo vías con operaciones de grúas, etc.)	Seccionadores

MANTENIMIENTO (N-8)/5 **LÍNEA (N-9)1**	Nuevas técnicas y tecnologías predictivas	I+D+i
TERMINALES (N-9)/2	FALSA OCUPACIÓN CIRCUITOS (Fallos por lluvia, temperaturas y vibraciones)	Mantenimiento programado (preventivo)
OPERACIONES (N-8)/6 **TERMINALES (N-9)/2**	**ESTRUCTURA DE VÍA (N-10)/5**	
	DERIVACIONES PARTICULARES (N-12)/3	
	DOTAR A PLATAFORMAS LOGÍSTICAS Y GRANDES POLÍGONOS INDUSTRIALES	Diferencia de cotas con la terminal o vía principal Oferta servicios de trenes
	CONTROL DE OERACIONES (-10)/6	
	PROGRAMACIÓN	Información con antelación y fluidez (Operadores de Transporte)
	PLANIFICACIÓN (ahorro movimientos: tiempo, gastos producción)	Integración aplicaciones informáticas Nuevas tecnologíasinformación y comunicación (sistemas de gestión integrada) Formación recursos humanos
	LOTIFICACIÓN (ahorro movimientos: tiempo, gastos producción)	Directrices comunes para todas las terminales
	SECTORIZACIÓN DE ACTIVIDAD EFICAZ	Diseño, dedicación de la terminal
	PLAYAS Y MUELLES CARGA Y DESCARGA (-10)/7	
	DESCONCENTRACIÓN: TERMINALES ESPECIALIZADAS Y TERMINALES DE APOYO	Saturación Más recursos
	EQUIPAMIENTO (-10)/8	
	GRÚAS PÓRTICO ÚLTIMA GENERACIÓN (Más velocidad despalazamiento e izado)	Volumen tráfico Longitud vías
	AUTOMATIZACIÓN TERMINAL	Volumen tráfico
	POSICIONAMIENTO CONTENEDORES (Vía satélite)	Instalación GPS
	LECTOR Nº IDENTIFICACIÓN CONTENEDORES Y CAJAS MÓVILES Y MATRÍCULAS CAMIONES	Diversos sistemas numeración
	ACCESOS Y CONTROL (-10)/9	
	ACCESOS Y APARCAMIENTOS SUFICIENTES (Minimizar colas espera)	Disponibilidad espacio
OPERADOR DE TRANSPORTE (N-7)/2		
VEHÍCULOS (N-8)/4	**LOCOMOTORAS (N-9)/1**	
	MAYOR EFICIENCIA TRACCIÓN: LOCOMOTORAS ELÉCTRICAS	Líneas no electrificadas
	MAYOR POTENCIA TRACCIÓN	Adherencia global: peso/eje, peso/eje máximo adimitido línea velocidad régimen continuo,
	ORDENADORES TODO EL PARQUE	Renovación parque antigüo locomotoras
	LOCOMOTORAS INTEROPERABLES	Renovación parque antigüo locomotoras
	VAGONES (N-9)/2	
	INCREMENTO CARGA ÚTIL	REDUCCIÓN TARA: menor peso bastidor y materiales más ligeros
	REDUCCIÓN COSTES MANTENIMIENTO TREN RODADURA	Diámetros de rueda mayores
	POSICIONAMIENTO Y LOCALIZACIÓN (Vía satélite)	Instalación GPS
	CONTROL DE PARÁMETROS DE CIERTAS MERCANCÍAS (Vía satélite)	
MANTENIMIENTO (N-8)/5	NUEVAS TECNOLOGÍAS NUEVOS MÉTODOS	I+D+i
SERVICIO TRENES (N-8)/6	NUEVOS SERVICIOS	ESTUDIO DEMANDA POTENCIAL (Orígen insumos producción y destino bienes)
		ESTUDIO VIABILIDAD Y PLANIFICACIÓN Características del transporte y de la mercancía Surcos, marchas, recursos Ciclo retorno material vacio, retorno cargado
OPERADOR LOGÍSTICO (N-7)/3		
CENTROS DE DISTRIBUCIÓN (N-9)/2	CAPACIDAD ATRACCIÓN DE TRÁFICOS	LOCALIZACIÓN (Accesibilidad y conectividad a redes principales) (Proximidad red plataformas logísticas y puertos secos) (Espacios económicos dinámicos:áreas generadoras tráfico) (Grandes núcleos población)
		DIMENSIONAMIENTO (Volumen de flujos reales y potenciales)
		FUNCIONES (Tipos de servicio y precios competitivos)
		EQUIPAMIENTO
DISTRIBUCIÓN CAPILAR (N-9)/1	PRECISIÓN RECOGIDA Y ENTREGA	CONOCIMIENTO CARACTERÍSTICAS REDES (Trazados, calidad, intensidad de tráfico, etc.)
		CONOCIMIENTO CARACTERÍSTICAS URBANAS (Restricciones del tráfico, ventanas horaias carga y descarga, etc.)
	FLOTAS	DIMENSIONAMIENTO
	CARGAS	FACTORES DE CARGA Y ESTIBA
		DISTIRIBUCIÓN GARGAS (interior caja)
	CONSUMO COMBUSTIBLE	CONDUCCIÓN EFICIENTE (Formacion conductores, revisiones vehículos, etc.)
		BIOCARBURANTES
		VEHÍCULOS HIBRIDOS O ELÉCTRICOS
ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS, OPERADOR DE TRANSPORTE Y OPERADOR LOGÍSTICO		
SERVICIOS DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICOS	COORDINACIÓN ACTORES (Actividades y procedimientos)	ACUERDOS, CONVENIOS Y PARTICIPACIONES
	PRECIOS Y TARIFAS	UMBRAL DE CALIDAD MÁS Y MEJOR SERVICIO MISMO PRECIO
	CALIDAD SERVICIOS	INCORPORACIÓN ESTÁNDARES DE EXCELENCIA
	OFERTA (Más servicios, mayor calidad, especialización)	ESTUDIOS DE MERCADO COORDINACIÓN ACTORES
	VERTEBRACIÓN ECONÓMICA TERRITORIO	CORREDORES INTERMODALES
	PROYECCIÓN EXTERIOR	COORDINACIÓN ACTORES

Elaboración propia

Las mejoras que se han mostrado en el cuadro anterior se han transportado *grosso modo* al diagrama causal que relaciona los impactos que, en nuestra opinión, producirían sobre el conjunto del subsistema (ver figura 5-21). Sobre las flechas de flujo son de aplicación las mismas directrices que se siguieron en el diagrama causa de menor escala (macroescala). También aquí los colores de los bordes de las cajas y su interior se han utilizado sin ánimo de aportar mayor información; se trata de discriminar algunos de los subsistemas más importantes.

Así, los subsistemas del administrador de infraestructuras relacionados con el subsistema línea se muestran con un borde en color negro y con el subsistema terminales en color gris; los subsistemas del operador de transportes en color verde y los del operador logístico en color fucsia; los relacionados con los nuevos servicios en color violeta.

Otros parámetros se han representado con las cajas en un color sólido, en naranja los impactos medioambientales y otros relacionados como la congestión y la eficiencia energética; el mantenimiento que afecta a subsistemas a los tres agentes implicados en color gris; el tiempo de operaciones y las economías de escala en color azul; la atracción de nuevos tráficos en color verde y los impactos espaciales en color morado

Por último, en color amarillo, se han representado algunos de los aspectos más valorados por los clientes para la elección modal en las encuestas de preferencias, tanto en las declaradas como en las reveladas, que también son utilizados para desarrollar los índices de calidad percibida.

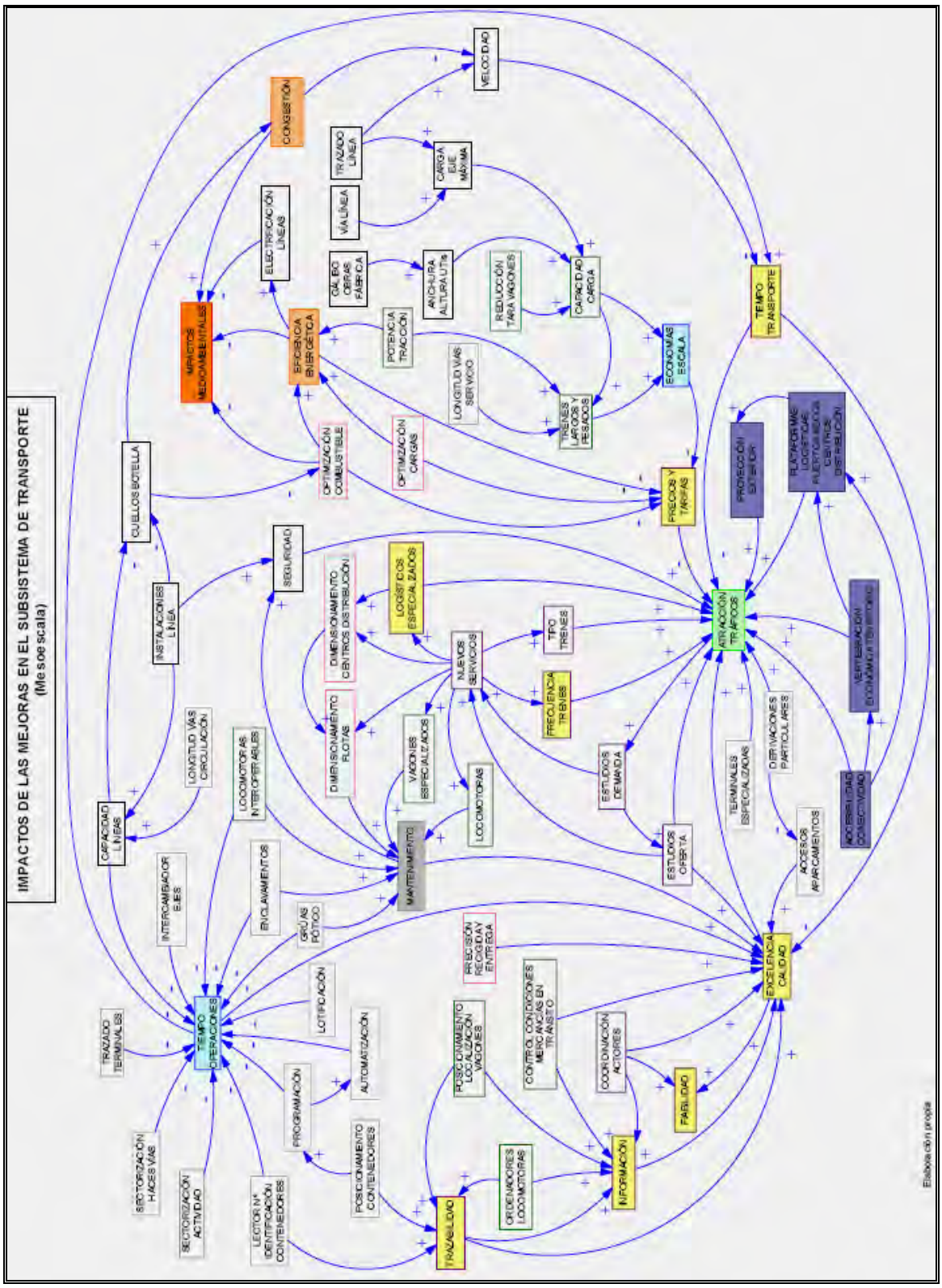
No se abordará la explicación individualizada de cada una de las mejoras, puesto que es apreciable en el propio diagrama causal, se agrupan buscando los impactos que, en nuestra opinión, pueden mejorar el subsistema ferroviario. Para localizar los grupos de mejoras en el diagrama causal, indicaremos orientativamente cómo están situadas. Señalaremos que algunas de las relaciones no se han podido representar por la complejidad de las mismas que requeriría un mayor nivel de desagregación.

En la mitad superior izquierda se encuentran las relacionadas con las terminales ferroviarias, cuya implementación conducirá, como muestran los flujos, a una reducción del tiempo de operaciones, cuyo impacto sobre el tiempo total de transporte será reducirlo. En la mitad inferior izquierda están situadas las mejoras sobre algunos de los parámetros de los servios, que reciben, a su vez, los impactos de otras mejoras sobre otros parámetros. Todas ellas conducen a una mejora de los distintos parámetros que conducen a la excelencia de la calidad.

En el tercio superior central podemos apreciar las mejoras relacionadas con la capacidad de la línea que influirán sobre los cuellos de botella y las relacionadas con las instalaciones que lo harán sobre la seguridad. En el centro del diagrama se sitúan las mejoras relacionadas con los servicios de transporte y logísticos que, además del mantenimiento, entre otras mejoras, generarán nuevos tráficos. En el tercio inferior central serán las mejoras relacionadas con parámetros espaciales las que generarán los nuevos tráficos.

En el tercio superior derecho están las mejoras que pueden corregir los impactos sobre el subsistema medioambiental. También, tendrán impactos sobre los precios y tarifas. Por último, debajo de las anteriores, ocupando la parte derecha del diagrama encontraremos las mejoras sobre algunos de los subsistemas ferroviarios, cuyos impactos generarán economías de escala que, a su vez, tendrán impactos sobre los precios y tarifas. En cualquier caso, las mejoras propuestas por si solas puede que no sean suficientes para mejora el sistema de transporte de mercancías por ferrocarril, porque la cantidad de tráfico de mercancías también estará influida por otra serie de factores.

Figura 5-21. Diagrama causal impactos sistema de transporte (II)



Podemos citar el nivel y estructura de las actividades de producción y comerciales en una economía, la distribución de las actividades económicas dentro de una región, la intensidad y estructura de las conexiones del comercio exterior, es decir, el dinamismo de la economía de ese territorio considerado.

Asimismo, estará determinado por la estrategia logística que proyecten las industrias y las redes de distribución, cuyo resultado podrá ser un incremento se los tráficos, en nuestro caso el ferrocarril, bien como modo único o bien en sus formas intermodales con el modo carretera o marítimo. No obstante, la cantidad y calidad de las redes de transporte, del parque de vehículos y de los servicios ofertados, junto con el nivel y la estructura de los pecios de transporte fijarán el volumen de demanda y, por lo tanto, el de los flujos de transporte

Finalizaremos este punto diciendo, como es sabido, que en un sistema no es suficiente mejorar alguno de sus subsistemas o elementos. Lo óptimo es la mejora de todos ellos o, al menos los principales, para que se generen la sinergias que incrementen sustancialmente su eficiencia, lo otro serían soluciones parciales, si bien, es cierto, que no es posible acometerlas todas simultáneamente. Se hace necesario a medida que se producen dichas mejoras, realizar análisis iterativos programados del sistema para identificar los elementos más débiles y aplicar las mejoras a estos elementos, volviendo a identificar los elementos que no han ganado en eficacia o en eficiencia con las nuevas mejoras, aplicándoles a ellos nuevas mejoras y así sucesivamente.

Por último, volviendo a inscribir el subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril señalaremos, que las salidas del subsistema serán los propios trenes que el operador de transporte pone en circulación mediante su interacción en el subsistema **ferrocarril—N(-6)—** con el administrador de infraestructuras (ver figura 5-6, p. 296). De esta forma, interactuando el subsistema ferrocarril con los subsistemas **aprovisionamiento y distribución—N(-6)—** del subsistema logístico las mercancías saldrán del subsistema de transporte hacia el subsistema de producción, económico y territorial.

Puntualizaremos, que las salidas del subsistema de transporte por ferrocarril pueden, además, interactuar con otros subsistemas de transporte de otros sistemas territoriales obteniendo como resultado la intermodalidad entre los distintos modos del que está compuesto el **subsistema intermodal—N(-6)—**, otro de los subsistemas del subsistema de transporte, como ya se vio. También, es necesario tener en cuenta que las relaciones que se establecen dentro del subsistema de transporte entre sus modos y, entre este, con el subsistema logístico son numerosas y muy complejas.

Acabaremos diciendo que, en nuestra opinión, el impacto de las medidas que se han señalado, una vez implementadas para mejorar el sistema de transporte conducirán a conseguir los objetivos del desarrollo poniendo en valor cada una de las tres componentes de la sostenibilidad, el desarrollo, la eco-eficiencia y la sostenibilidad. En resumen, sólo mediante la implementación de mejoras el subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril (y todo el subsistema de transporte) podrá alcanzar el camino del desarrollo sostenible. Los servicios logísticos muy estandarizados se podrían obtener usando el mercado y los muy específicos deberían ser producidos dentro de los niveles especializados más altos.

Así, está constatado que el transporte intermodal descongestiona el tráfico de las carreteras y mejora la seguridad. También reduce los tiempos de viaje y mejora la calidad del mismo por el servicio puerta a puerta, entre otras causas, potenciando el desarrollo logístico del transporte. Por último, señalaremos que este tipo de transporte reduce la contaminación atmosférica y propicia el ahorro energético.

Con relación al área de influencia de un determinado bien o servicio, indicaremos que es un concepto fundamental que representa la variación de la demanda en el espacio de dicho producto, cuya oferta o prestación se lleva a cabo desde un establecimiento conocido y con una localización que coincide con el origen o centro de atracción del área de mercado. De este modo, podemos establecer una correlación directa entre el área de mercado y el área de influencia, esto es, el hinterland de un determinado establecimiento y para un producto o prestación de servicios conocidos.

Estos nodos se articulan a través de una serie de corredores multimodales de transporte de mercancías, que añaden algunos ejes alternativos transversales a los corredores tradicionales. Con respecto al transporte, las metrópolis, con vocación nodal en todo tipo de redes y la búsqueda permanente de la competitividad y el desarrollo deben estar conectadas a la Red Transeuropea y sus corredores asociados.

Es necesario por los cambios en la organización de la producción y en la división internacional del trabajo que han modificado el mapa de las rutas internacionales. En consecuencia, hacen del transporte un factor competitivo de primer orden. Dependiendo del modo de transporte, el tipo de usuarios, las características de la infraestructura, el tiempo de viaje y las actividades alternativas, el exceso de demanda puede provocar diversos efectos como el incremento en los tiempos de viaje al que corresponden la parte más importante de los costes totales de congestión.

Por ello, en nuestra opinión, es ineludible estudiar y comprender las relaciones espaciales que se establecen dentro del propio sistema de transporte, además, de las que se establecen conjuntamente entre este sistema, el sistema logístico y el de asentamientos, incluyendo la intensificación y optimización de esas relaciones. La materialización de estos sistemas sobre el sistema espacial territorial va a configurar un sistema nodal conectado por redes y, de forma más evolucionada, por corredores.

Dicho sistema estará compuesto por distintas redes físicas y virtuales, conceptualmente una *superred*, cuyos nodos, elementos del sistema de asentamientos, desarrollarán las funciones específicas de cada una de esas redes entre otras funciones propias de estos sistemas. Como consecuencia de estas necesidades la tendencia es, cada vez más, a la integración de todas las funciones logísticas en la denominada Cadena de Suministro. Así, en las plataformas logísticas regionales intermodales, entendidas como colectores de flujos ferroviarios y de carretera, se concentrarán los distintos flujos propios y de otros que provengan de distintos centros emisores para su tratamiento y distribución.

Este sistema denominado *hub-and-spoke* que incrementa la conectividad de ciertos puntos de la red facilitando su interacción está basado en las economías de red. Busca la maximización de las economías de escala al generar economías de densidad por la consolidación de flujos y por los altos factores de carga y de estiba que se utilizan. Los beneficios a las empresas serán la ampliación de su mercado y menores costes logísticos y de transporte.

Sobre los efectos económicos de las infraestructuras es importante hacer referencia al concepto de economías de red, basado en los conceptos neoclásicos de economías de escala, desde el punto de vista de la oferta, y economías de alcance, desde el punto de vista de la demanda. Como se puede apreciar en las figuras 5-20 y 5-21 hay un conjunto de estímulos económicos producidos por las iniciativas de transporte, entre las que se encuentran la creación de nuevas infraestructuras, la mejora de las existentes, la mejora de los servicios, etc, que generarán las economías de red indicadas con anterioridad en las tres características que presentan las redes de transporte.

Si suponemos que la producción industrial se concentra y, por lo tanto, la oferta y la demanda se concentran en dos localizaciones determinadas Entonces el volumen transportado será mayor entre estas dos localizaciones que en las otras rutas. Esto significará la existencia de unos costes de transporte menores y la concentración geográfica regional a partir de tres elementos diferentes: los rendimientos crecientes generados a partir de economías externas de escala internas a las empresas, los costes de transporte y la demanda.

Las economías de escala en los transportes, son muy importantes, dado que con la misma dotación de infraestructuras, de instalaciones y de material se puede aumentar la demanda satisfecha. Hanink (1997, pp. 211-212), distingue dos tipos de economías

de escala en los transportes. Las economías de larga distancia (*economies of long distance*) y las economías de gran capacidad (*economies of large volume*). Para este autor**,** las economías de larga distancia son un tipo de economías de escala, en la que el coste total del transporte se incrementa con una función decreciente con el aumento de la distancia.

En cuanto a las economías de gran capacidad, señala que son la fuente más importante de economías de escala en el transporte. La disminución de los costes totales se produce por la reducción de los costes de manipulación de las mercancías (*handling*) al expedir envíos mayores. Un subtipo de las economías de gran capacidad para Hanink son las economías de flujo. Se producen al mejorar la eficiencia de los sistemas *Hub and Spoke*. Esta mejora se produce por la existencia de pequeñas rutas alimentadoras de los *hubs* que aseguran las máximas capacidades y plenas economías de gran capacidad sobre las rutas principales de interacción entre los *hubs*.

Otra fuente de ahorro en los costes de transporte la encontramos en las algunas tarifas que reducen sus precios en función de determinados pares origen-destino y también según el tipo de mercancía, en función de sus características, tales como su peso, volumen, perecebilidad o valor. Sobre las tarifas, también señalaremos que podrían beneficiar a las localizaciones intermedias en el caso de realizar rupturas de carga o transbordo de mercancías. Por lo tanto, si la ruptura de carga es necesaria y los bienes deben ser transferidos a cualquier otro modo o de un operador a otro dentro del mismo modo en esos puntos de mínimo coste no habrá costes suplementarios añadidos.

Los costes a pagar por el operador serían sólo los costes ordinarios de la Terminal, puesto que los costes de ruptura de carga estarían incluidos en los costes ordinarios, dado que sería su actividad principal. También la estructura escalonada de las tarifas puede aportar ventajas locacionales a determinados puntos, en mayor medida a las puertas de enlace

Señalaremos, que otros efectos espaciales de las infraestructuras de transporte tienen consecuencias sobre la utilización del suelo, la distribución de actividades en el espacio y la movilidad de la población. Estos cambios espaciales se pueden producir por la mejora de la accesibilidad, la creación de una nueva oferta de espacio y la reordenación de las polaridades. Por lo tanto, inducirán a cambios en la estructura del sistema territorial, tanto del sistema espacial como económico, atrayendo nuevas actividades económicas.

Las infraestructuras deben contemplarse como un elemento más de una política global territorial con unos objetivos claramente definidos, pues sólo de esta manera se puede aceptar que éstas puedan contribuir eficazmente a alcanzar dichos objetivos. El sistema tiene un alto nivel de conectividad pero también un elevado grado de congestión. La inversión en el sistema de transporte tendrá efectos económicos positivos.

Para el citado autor, cada vez resulta menos importante la localización absoluta de los lugares y más importante que estén bien conectados a las redes de flujo. Se puede estar en el centro desde una perspectiva clásica centro-periferia y a la vez ser periférico desde una perspectiva centro-periferia referida a los contrastes entre las grandes ciudades y sus hinterlans. La capacidad de interacción espacial que posea un territorio también será, entre otros, un factor esencial de localización de ciertas actividades que requieran un grado elevado de movilidad de las mercancías para sus procesos productivos.

Al realizar medidas de la accesibilidad podremos analizar la organización espacial de la red, así como, también resolver otra cuestión importante como es la conectividad, es

decir, la capacidad de conexión entre nodos de una red, su conexión interna, y entre los nodos de otras redes.

La medida de la accesibilidad, en resumidas cuentas, nos dará información sobre la facilidad o dificultad para que se produzcan los flujos entre los territorios, esto es, sobre la capacidad e intensidad de sus relaciones de interacción espacial. Es necesario tener en cuenta, que la posibilidad que tiene un determinado lugar de conectarse a las redes de transportes y comunicaciones, reduciendo la distancia temporal entre los otros lugares, se identifica con capacidad de desarrollo económico. Además, es un efecto acumulativo sostenido en el tiempo debido a la permanencia de las infraestructuras sobre los territorios.

En esta línea, es necesario señalar, que la existencia de la infraestructura no significa directamente un incremento de la accesibilidad, se requiere un nivel de servicios de transporte que también genere y potencie las interacciones. Puede decirse que todos los indicadores de accesibilidad pretenden "dar una medida de la separación de las actividades o asentamientos humanos que estén conectados mediante un sistema de transporte".

Cuando se produce este incremento de interacción en función de las necesidades, de la capacidad de inversión, de la capacidad tecnológica, etc. de un determinado lugar, se podrá generar un proceso, bien de convergencia o bien de divergencia espacio-temporal, cada uno de los cuales llevará asociado, respectivamente, economías o des-economías de escala.

Por otra parte, este proceso va a tener importantes consecuencias espaciales y económicas sobre el territorio, favoreciendo su desarrollo o, por el contrario, dificultándolo, ya que se generarán economías de aglomeración y se producirá un "efecto multiplicador" del crecimiento económico sobre ese territorio.

Pred (1996), explica mediante este concepto el impacto que tiene sobre el tejido económico de un territorio la implantación de una actividad nueva o la expansión de una ya existente que se traduce en un proceso de crecimiento sostenido en el tiempo sobre todas las actividades económicas.

El incremento de la interacción entre los centros, derivado del ahorro en tiempo, medido por el número de viajes, frecuencia y alcance de los mismos generará mayor demanda de accesibiliad. La demanda va a jerarquizar las redes de transporte, ya que la idea de jerarquía no solo es aplicable a los nodos sino también a las redes que los conectan, "…dichas redes son siempre jerárquicas, en cuanto que están formadas por unas pocas líneas o rutas de gran capacidad y densamente utilizadas, y una gran cantidad de líneas o rutas secundarias escasamente transitadas.", Escalona (1993, p.305).

En la actualidad, los cambios tecnológicos y organizativos de la producción y el proceso de globalización, como se verá en el punto siguiente, han incrementado los intercambios de flujos entre países, propiciando que la accesibilidad y la conectividad a las redes de transporte y comunicaciones cobren mayor importancia que el emplazamiento de un determinado lugar.

6. APLICACIÓN DEL MODELO PROPUESTO DE SISTEMA DE TRANSPORTE AL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA

El objetivo de este capítulo es contrastar en nuestra área de estudio las mejoras del sistema de transporte ferroviario derivadas del modelo-marco de trabajo desarrollado en el capítulo 5. Se trata de concretar en un espacio real, las distintas medidas propuestas, como resultado de la síntesis del sistema, valorando sus impactos e implementación.

Lamentablemente, no es posible realizar un "ajuste fino" a la realidad por su volumen y complejidad. Sin embargo, indicaremos que podemos aplicar de forma más grosera las medidas propuestas a algunos parámetros importantes. En cualquier caso, en nuestra opinión, son muy interesantes los resultados obtenidos, así como, las futuras líneas de investigación que surgen, y sugerimos, para alcanzar ese "ajuste fino" que hemos citado.

Para la aplicación de las mejoras, en primer lugar, se presentan las características espaciales que nos parecen más adecuadas para emplazar nuestra área de estudio. En segundo lugar, las propias características que definen nuestro subsistema ferroviario, incluyendo también las propuestas que pueden mejorar su eficacia y eficiencia. Por último, estimaremos los efectos que esperamos obtener sobre la demanda con la aplicación de las mejoras.

6.1. CARATERÍSTICAS ESPACIALES DEL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA Y SU RELACIÓN CON LA RED FERROVIARIA

Como se ha dicho, la configuración actual de un espacio de lugares y de redes, variable en el tiempo y en el espacio, hace que la *superred* resultante tenga unas características de complejidad de difícil análisis. Por ello, en este punto se incide en los aspectos espaciales del área metropolitana de Zaragoza que, en función de los objetivos buscados, pueden ensamblar algunos de los elementos que configuran dicha *superred* haciendo que los flujos de mercancías la recorran.

6.1.1. Situación mutiescala del área metropolitana de zaragoza y su red ferroviaria

En el punto 4.3.5., hemos visto como la red ferroviaria transeuropea atraviesa dicho continente, incluso también sus conexiones con otros continentes (Asia y África). Así, se ha evidenciado la conocida situación periférica de España en relación con Europa.

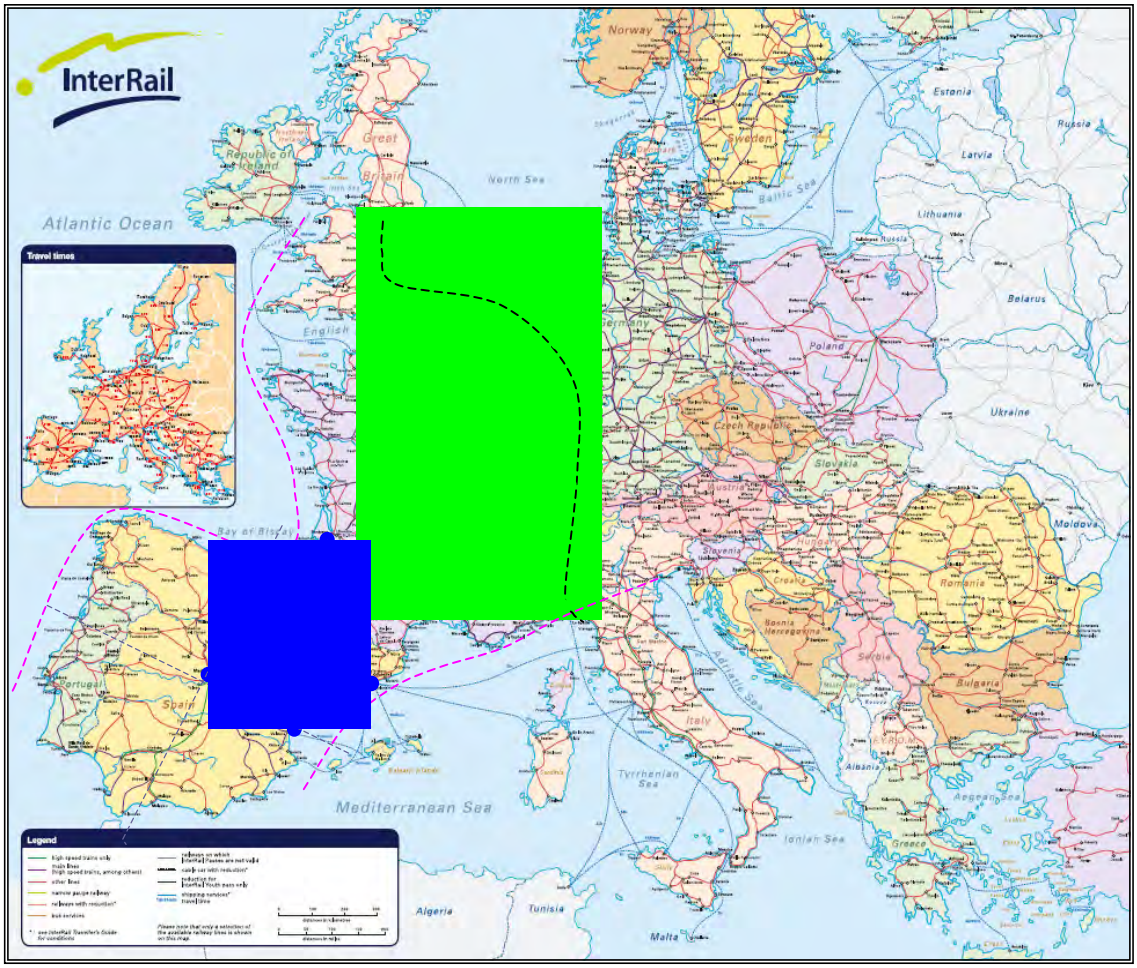
Dicha situación, desde el punto de vista geográfico o territorial, hace referencia a las condiciones de su situación geográfica, es decir, una península en el sur de Europa separada por la barrera montañosa de los Pirineos. Por lo tanto, el cálculo de cualquier índice de perifericidad de nuestro país[288], es obvio que tendrá valores elevados con

[288] El trabajo de García de la Cruz y Martín Urbano (1996), ya nombrado, analiza el sistema español de regiones frente al sistema regional de la Gran Dorsal Europea, desde un enfoque centro-periferia. Señalaremos, que si bien no es actual, es interesante por la sencillez de su metodología y que además, conceptualmente, es muy geográfica. Los indicadores utilizados son: A) la localización como medida multicriterio de la accesibilidad; selecciona la densidad de infraestructuras (carretera y ferrocarril) respecto de factores que señalan los rasgos estructurales de las economías regionales, como la extensión, la población, el empleo y la producción. B) la perifericidad como medida de la integración; para ello, mediante un modelo gravitatorio establece las disparidades económicas de las regiones en función del alejamiento geográfico del corazón económico y político a la Gran Dorsal. C) el emplazamiento como análisis de la relación localización-perifericidad; representa dicha relación mediante gráficos de dispersión respecto de la Gran Dorsal.

respecto a los centros de más dinamismo europeo, sobre la base de la distancia que nos separa de los mercados centrales y de sus redes de transporte.

Sobre el mapa que muestra las redes ferroviarias de los países europeos, de octubre de 2009, hemos localizado Zaragoza (punto rojo), para poder apreciar la posición de la ciudad con respecto a dichas redes, incluida la española, así como a los distintos ejes de desarrollo europeos y a algunos espacios con dinamismo económico. También en España, se señala el Eje del Ebro (línea roja continua), puesto que Zaragoza es el núcleo más importante del mismo y nodo de conexión de los Arcos Mediterráneo y Atlántico.

Mapa 6-1. Situación de Zaragoza con respecto a las redes ferroviarias europeas y grandes centros de producción y consumo europeos y españoles



Fuente mapa base: http://www.interrailnet.com/downloads/interrail/interrail-railway-map-europe-2010.pdf. Elaboración propia

Otro trabajo interesante, también por la sencillez de su metodología, es el de Mejía Puente (1990). Realiza el análisis de la red ferroviaria española (RENFE) mediante el cálculo de índices de sus características, como la longitud por unidad territorial (CC.AA. y Provincias), equipamiento ferroviario y calidad del mismo. Posteriormente, calcula las correlaciones entre dichos índices. Por último, realiza un análisis de correlación múltiple entre el nivel de infraestructuras y los indicadores, que el autor denomina geo-socio-económicos, población, renta y superficie de las mencionadas unidades territoriales.

Con puntos azules se han señalado los vértices del muy nombrado hexágono (línea azul discontinua) en el que Zaragoza se sitúa en su centro.

También, se han situado sobre el mapa los núcleos urbanos (puntos verdes) que delimitan la Gran Dorsal Europea[289] (línea verde discontinua), "…uno de los nuevos ejes que dejan obsoleto al tradicional triángulo Londres – París– Cuenca del Ruhr." (Caravaca, 1998, p. 61). Asimismo, están representados otros dos ejes de crecimiento (línea fucsia discontinua), como son el Arco Mediterráneo[290], que discurre por el Centro de Italia, Nordeste y Este de nuestro país, y el Arco Atlántico, que incluye los territorios atlánticos de Portugal, España, Francia y Reino Unido (Irlanda, Escocia e Inglaterra) (ver mapa 6-1).

Por otra parte, desde la disolución de la antigua U.R.S.S. y la consiguiente apertura económica de los países del este se están generando nuevos ejes de desarrollo este-oeste, lo que unido a la incorporación de algunos de estos países a la Unión Europea (EU-27, en 2007), tiene como resultado el desplazamiento del centro de gravedad de Europa hacia el este y el aumento de la complejidad del espacio europeo. Hay que añadir además, que el desarrollo y despegue económico de países como China e India está desplazando el centro de gravedad económico mundial hacia el sur[291].

Pero centrándonos en de Zaragoza y en su red ferroviaria su perifericidad con respecto a la Gran Dorsal Europea y al resto de países europeos y extracomunitarios, en nuestra opinión, es la que arrojaría uno de los menores valores del conjunto de capitales de provincia españolas; es más, a escala internacional la situación de Zaragoza será excelente en relación con Francia, paso obligado hacia el resto del continente, si se implementara el proyecto prioritario nº 16 con la Travesía Central del Pirineo (TCP). En los siguientes mapas se puede apreciar lo dicho anteriormente. En el primero (ver mapa 6-2), vemos como la Travesía Central del Pirineo (TCP, flecha azul) conectaría con Toulouse.

---

[289] Como indica P. Hall, el fenómeno identificado por Roger Brunet como el "*Dorsale*" (dorsal), y traducido al inglés de forma poco común con el término "*Blue Banana*" (banana azul), representa un cinturón lineal de interacciones funcionales que se solapan y que se extiende a lo largo de más de mil kilómetros, desde Birmingham a Milán, pasando por el valle del Rin (Hall, 1998, p.1). Señalaremos que el concepto fue desarrollado en 1989 por el grupo RECLUS, grupo de geógrafos franceses dirigido por Roger Brunet (Brunet, 2002, p.19).

[290] Con la unión de la Gran Dorsal Europea y el Arco Mediterráneo se forma. lo que algunos autores denominan la *lambda europea* del desarrollo. Se caracteriza por la existencia de "procesos diversificados en sus sistemas industriales y de servicios (especialmente los productivos), elevado grado de innovación, desarrollo de las funciones metropolitanas a nivel internacional, así como por la disponibilidad de avanzados sistemas de comunicación y poderosas redes infraestructurales que permitan una alta accesibilidad a los mercados y a las zonas industriales " (Del Castillo, J. y otros, 1990, en Caravaca, 1998, p. 6).

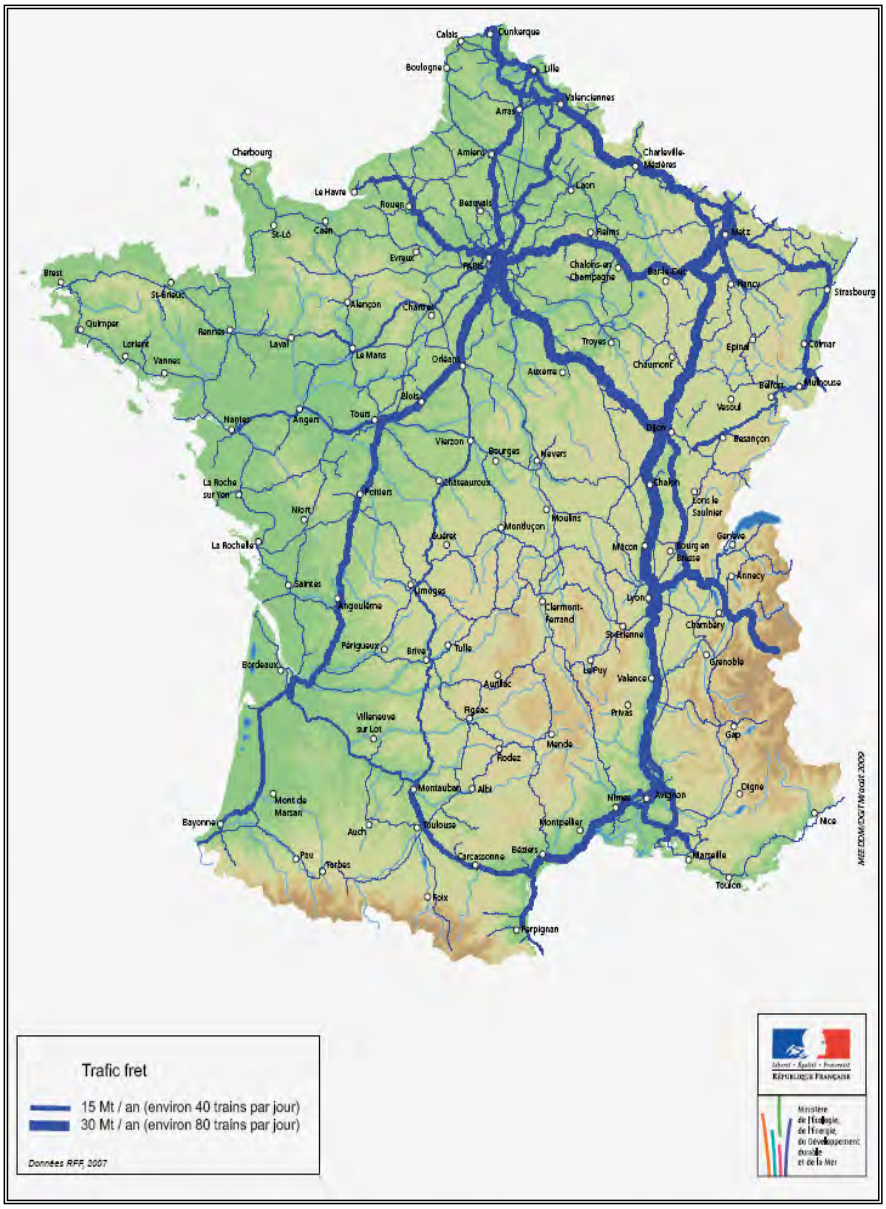
[291] Según la OCDE (2010), el centro de gravedad económico del mundo se está desplazando hacia el este y el sur. Este reajuste de la economía mundial no es un fenómeno pasajero sino que representa un cambio estructural con una trascendencia histórica, porque las economías desarrolladas irán perdiendo peso en la producción mundial. Así, se señala que este año representarán 51%, una cifra inferior al 60% de hace una década y que podría caer hasta 42% en lospróximos años.

Mapa 6-2. Red francesa orientada a las Mercancías. Año 2009

Fuente mapa base: http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/carte_du_reseau_oriente_fret_cle5d176e.pdf

El itinerario discurriría por Olorón-Pau-Tarbes-Toulouse (línea azul). En el mapa base, de septiembre de 2009, se indican las líneas que conformarían la red de mercancías francesa. También los principales puertos marítimos y fluviales (puntos azules). Señalaremos, que el mencionado tramo Olorón-Pau-Tarbes-Toulouse no formaría parte de la red francesa de mercancías, lo que indica, en nuestra opinión, que el Gobierno Francés no considera en la actualidad el eje prioritario nº 16, ni la TCP, y que posiblemente lo hará a más largo plazo.

Mapa 6-3. Tráfico de mercancías sobre la red ferroviaria francesa. Año 2007



Fuente: http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/carte_du_trafic_de_fret_ferroviaire_cle26219

Sin embargo, si visualizamos el mapa anterior (ver mapa 6-3), podremos apreciar la carga de tráfico en la *magistral ecofret*[292], alrededor de 80 trenes/día; en el año 2007 soportaba el 40% del tráfico ferroviario francés de mercancías. Con origen en París,

[292] La magistral ecofret es un corredor que agrupa un conjunto de líneas ferroviarias y que está dedicado a las mercancías. Atraviesa Francia en sentido norte-este-sur, con origen en Calais, continúa por Lille-Metz-Dijon-Lyon-Avignon-Montpellier hasta Perpignan. Desde este corredor surgen desvíos en distintos nodos que conectan con las redes ferroviarias de los países fronterizos con Francia.

El 21 de diciembre del año pasado (2010), se abrió al servicio ferroviario el tramo Barcelona-Figueras (ancho UIC y ancho ibérico; trazado con tercer carril) y desde Figueras, por el túnel de Le Perthus, hasta Perpignan, en ancho UIC. Ya han circulado trenes interoperables de mercancías utilizando, éstos últimos, la mencionada magistral ecofret para llegar a su destino en Alemania.

salen distintas líneas alimentadoras (*feeder*) que enlazan con el corredor. Si tomamos en consideración el reequilibrio modal buscado por la Política de Transportes de la Unión Europea, como consecuencia de previsiones del incremento del transporte de mercancías en el territorio europeo, no parece adecuado incrementar sustancialmente el tráfico ferroviario por este corredor. Dichas previsiones, muestran un incremento del transporte de mercancías para el horizonte 2020, realizadas en el año 2006 (UE-25; sin Rumanía y Bulgaria) y para el horizonte 2045 (UE-27), del 50% y 100%, respectivamente.

En cuanto a la frontera española con Francia, en el año 2008, el número medio total diario de camiones y vehículos pesados que la cruzaron, según el Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos fue de 19.786, de los que el 84% lo efectuó por autopistas litorales, el 8% por carreteras costeras y el 9% por carreteras interiores[293] (suplemento al documento nº 5, 2010, p.13).

Por otra parte, en el modo ferrocarril son conocidos los cuellos de botella de los pasos fronterizos de Irún-Hendaya y Portbou-Cerbere, por el cambio de ejes de ancho ibérico a ancho UIC (3,13 millones de Tm en el año 2008, 40% sentido sur-norte y 60% norte-sur, suplemento al documento nº 5, 2010, p.14).

Sin embargo, en nuestra opinión, la solución óptima no es el desvío del tráfico de mercancías por las líneas de ancho UIC, por tres factores que cabría analizar en profundidad en un futuro próximo, como son, las bandas de mantenimiento de las líneas, su capacidad y el coste de mantenimiento derivado del incremento del peso/eje implícito al transporte de mercancías, aunque sean ligeras. Por ello, consideramos muy necesaria una tercera vía de conexión con Francia a través de la TCP, que además, en nuestro caso revitalizaría Aragón y, en concreto Zaragoza, como hub logístico del sur de Europa y nodo ferroviario de primer nivel.

El enlace con Toulouse podría aprovechar la poca saturación del tramo de la red ferroviaria francesa que une esta ciudad con París por el Macizo Central Francés[294]. Desde Pau también conecta con Bordeaux (Dorsal Bordeaux-Toulouse) en la fachada atlántica y desde esta ciudad a Tours y Nantes[295]. Además, desde Toulouse conecta con la *magistral ecofret*, bien por Carcassonne y Narbonne, o más al norte por Vierzon y Montchanin.

En cuanto a la situación de Zaragoza en la Red Ferroviaria Española en el mapa siguiente (ver mapa 6-4) observamos una gran conectividad otorgada por su posición central en el cuadrante noreste (NE). Dicha posición posibilita la conexión a cinco líneas de ferrocarril –nodo en el que se cruzan— y le confieren una alta accesibilidad a

[293] 8.387 por La Junquera (A-7) y 8.615 por Irún (A-8) y 217 por el Túnel de Somport (N-330). (8.387 por La Junquera (A-7) y 8.615 por Irún (A-8) y 217 por el Túnel de Somport (N-330).

[294] En octubre del pasado año 2010 se estableció un tráfico ferroviario realizado por la operadora Euro Cargo Rail España, perteneciente al grupo logístico alemán DB Schenker, operador ferroviario líder en Europa. El transporte con origen el Silla (Valencia), seguia el itinerario Portbou-Tolouse-París-Calais/Coquelles-Eurotúnel-Folkestone-Dagenham (Distrito del área metropolitana de Londres) y viceversa.

Dicho tráfico, se realizará con trenes de 467 metros de longitud máxima, con una capacidad de carga de 1.400 toneladas y remolcados por locomotoras diesel de la serie española 335 (Euro 4.000).

[295] Se está estudiando la implementación de una nueva magistral ecofret, la atlántica, por parte del Gobierno Francés, para conectar con la Y vasca en el horizonte 2013 (Samarcanda, 2007, p. 38).

los grandes centros de producción-consumo de nuestro país (Madrid, Barcelona, Bilbao y Valencia).

Si ampliamos el área de influencia potencial de Zaragoza al ya manido, aunque no por ello menos interesante, hexágono inscrito en un radio de 350 km y cuyos vértices son Bordeaux (Departamento de Gironda) y Toulouse mencionadas, podemos ver también su emplazamiento central en esta área (ver mapa 6-4). Dicho cuadrante NE aproximadamente ocupa el 36,86% de la superficie española y en el año 2009 concentra el 51,72% de la población y el 59,72% del producto interior bruto (PIB) a precios de mercado (ver tabla 6-1).

El PIB/habitante del cuadrante NE es un 15,47% más alta que la media de la España Peninsular, debido a los mayores valores de la variable del las Comunidades Autónomas de Madrid, País Vasco, Cataluña y Navarra. También la densidad de población es mayor, al agrupar a la comunidad de Madrid y a comunidades de los arcos mediterráneo y atlántico densamente pobladas con un sistema urbano bien estructurado, como País Vasco, Cataluña y Valencia.

Mapa 6-4. Red ferroviaria Española. Año 2008

Fuente mapa base: Fundación de los Ferrocarriles Españoles
http://www.vialibre-ffe.com/PDF/red_ferro_esp.pdf
Elaboración propia

En el otro extremo está la Comunidad Autónoma de Aragón, con una baja densidad de población, debido a la deficiencia de su sistema urbano y a la concentración de la Población en la ciudad de Zaragoza. No obstante, su PIB/habitante está un 3,82% por encima de la media española peninsular. Sin embargo, este factor ha de verse como una ventaja comparativa con respecto a las Comunidades Autónomas mencionadas anteriormente. Su gran disponibilidad de espacio y calidad del mismo, unido a factores como su centralidad, accesibilidad y dinamismo pueden ser un factor de localización de centros de distribución, centros de transporte y empresas en general.

Por su parte, las regiones de Aquitania y de los Midi-Pyrénées, a las que pertenecen las dos ciudades francesas citadas anteriormente, ocupan el 15,71% de la Francia Continental y concentran el 9% de la población y el 9% de su PIB. Además su PIB/habitante es muy similar que el del cuadrante NE, aunque está un 10,73% por debajo de la media francesa.

Su superficie es similar a la aragonesa, si bien su disponibilidad de espacio es menor por lo accidentado de su orografía.

Tabla 6-1. Parámetros considerados en el perímetro hexagonal del área de influencia potencial de Zaragoza

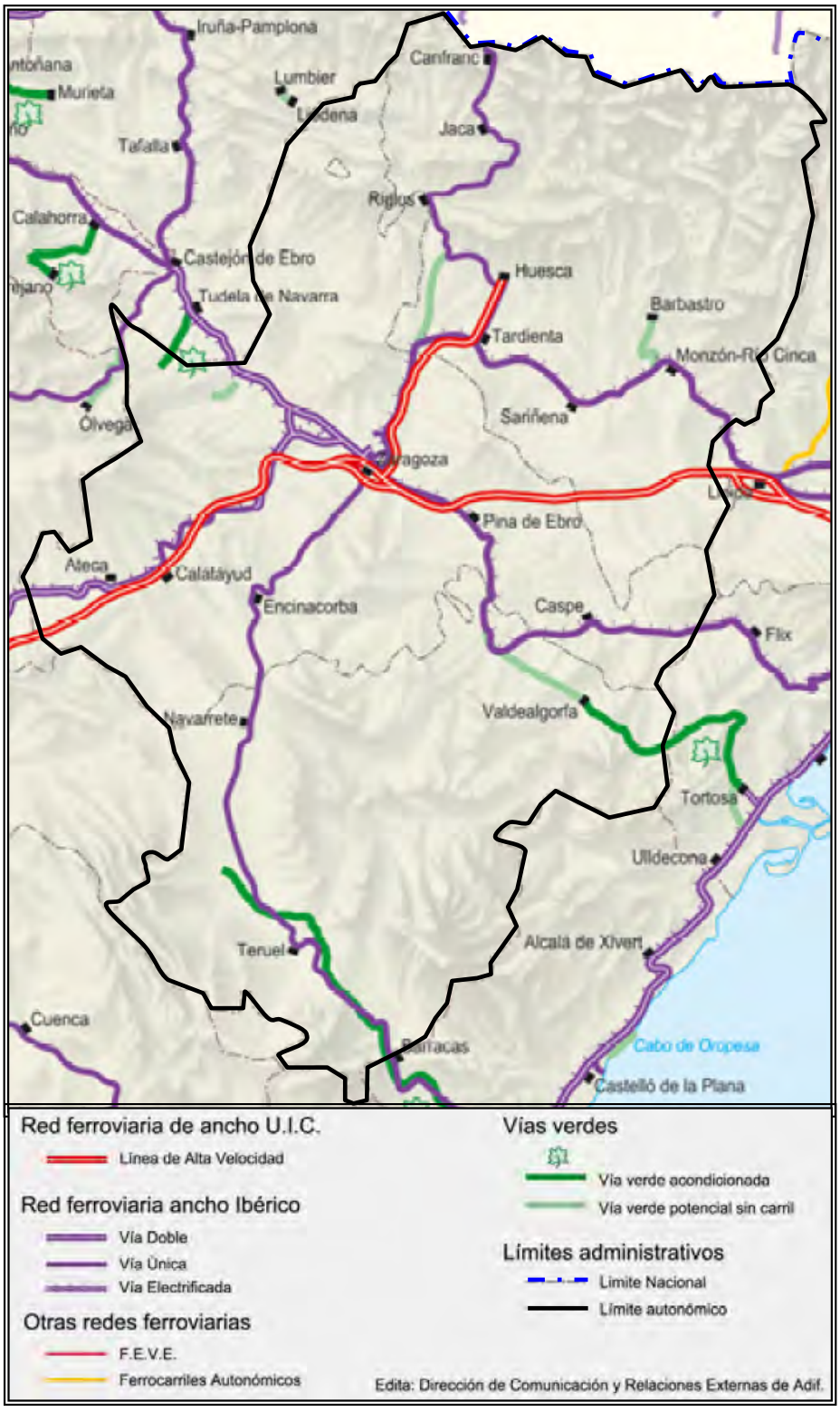
AÑO 2009					
ESPAÑA PENINSULAR					
CC.AA o PROVINCIA	**PIB p.m.** (1) (2) Euros	**Población** (2) Habitantes	**Superficie** Km^2	**PIB/hab.** Euros/Hab.	**Densidad pob.** Hab/Km^2
Aragón	32.497.506	1.345.473	47.720	24.153	28,2
Madrid	193.049.514	6.386.932	8.028	30.226	795,6
Cataluña	195.644.827	7.475.420	32.113	26.172	232,8
País Vasco	65.454.740	2.172.175	7.235	30.133	300,2
Navarra	18.183.172	630.578	10.390	28.836	60,7
La Rioja	7.843.401	321.702	5.045	24.381	63,8
Soria	2.096.319	95.101	10.306	22.043	9,2
Valencia (3)	55.424.698	2.575.362	10.806	21.521	238,3
Castellón (3)	14.100.824	602.301	6.632	23.412	90,8
Burgos (3)	10.178.848	375.563	14.292	27.103	26,3
Guadalajara (3)	4.564.059	217.363	12.212	20.997	17,8
Cuenca (3)	3.854.708	246.151	17.141	15.660	14,4
Total área	602.892.616	22.444.121	181.921	26.862	123,4
España peninsular	1.009.516.943	43.394.255	493.520	23.264	87,9
% del área respecto país	**59,72**	**51,72**	**36,86**	**115,47**	
FRANCIA CONTINENTAL					
REGIÓN	**PIB p.m.** (1) (2) Euros	**Población** (1) Habitantes	**Superficie** Km^2	**PIB/hab.** Euros/Hab.	**Densidad pob.** Hab/Km^2
Aquitaine	85.693.000	3.200.000	41.309	26.779	77,5
Midi-Pyrénées	76.522.000	2.865.000	45.348	26.709	63,2
Total área	162.215.000	6.065.000	86.657	26.746	70,0
Francia continental	1.871.532.000	62.469.000	551.695	29.959	113,2
% del área respecto país	**8,67**	**9,71**	**15,71**	**89,27**	

(1) Estimación Provisional
(2) Miles
(3) Provincias año 2008

Fuente:
http://www.ine.es
http://www.insee.fr

Por último, en cuanto a la situación de Zaragoza en Aragón, es posible apreciar también su centralidad (ver mapa 6-5), pero este factor ha generado fuertes desequilibrios en el desarrollo del sistema urbano.

Mapa 6-5. Red ferroviaria aragonesa. Año 2008



Fuente:http://www.vialibre-ffe.com/PDF/mapa_red_adif_07_2008.pdf

El desequilibrio de la red urbana de Aragón debida a la macrocefalia de Zaragoza es evidente en la tabla siguiente (ver tabla 6-2).

Tabla 6-2. Principales ciudades de Aragón. Año 2008

POBLACIÓN DE LAS PRINCIPALES CIUDADES DE ARAGÓN. AÑO 2008							
50297 Zaragoza	666.129	50297 Zaragoza	666.129	22125 Huesca	51.117	44216 Teruel	35.037
22125 Huesca	51.117	50067 Calatayud	21.905	22158 Monzón	16.749	44013 Alcañiz	16.233
44216 Teruel	35.037	50095 Ejea de los C.	17.178	22048 Barbastro	16.486		
50067 Calatayud	21.905	50272 Utebo	16.966	22112 Fraga	14.034		
50095 Ejea de los C.	17.178	50251 Tarazona	11.095	22130 Jaca	13.193		
50272 Utebo	16.966			22199 Sabiñánigo	10.112		
22158 Monzón	16.749						
22048 Barbastro	16.486						
44013 Alcañiz	16.233						
22112 Fraga	14.034						
22130 Jaca	13.193						
50251 Tarazona	11.095						
22199 Sabiñánigo	10.112						

Fuente: www.ine.es

En cuanto a la red ferroviaria aragonesa señalaremos, que tiene un nodo de primer orden –Zaragoza— no sólo a escala autonómica, sino nacional, por la confluencia de las distintas líneas de ferrocarril desde los cuatro puntos cardinales, que se verán más adelante. Estas líneas, han estructurado históricamente y estructuran el territorio nacional uniendo la Meseta Central con el Valle del Ebro y el litoral catalán, además del territorio aragonés en dirección norte-sur y este-oeste, comunicando el mencionado Valle del Ebro con el Pirineo y la costa valenciana.

Ambos factores, la centralidad de Zaragoza y su importancia como nodo ferroviario, unido a los criterios actuales de funcionamiento del sistema de transporte ferroviario, como la concentración de flujos que buscan las economías de escala y el ahorro de costes, ha derivado a que en la actualidad, sea prácticamente Zaragoza el único municipio de Aragón con servicio ferroviario de mercancías.

Otro factor también muy importante relacionado con la posición central de Zaragoza es la configuración de la red física del subsistema logístico. Como exponente máximo de este subsistema en Zaragoza encontramos la Plataforma Logística Plaza, que hace de Zaragoza un *hub* logístico nacional e internacional.

Hay que tener presente, según se desprende del Informe Económico de Aragón (Consejo Aragonés de Cámaras Oficiales de Comercio e Industria, 2010, pp. 79-85), los siguientes datos mostrados a continuación para dimensionar la importancia de la posición de Zaragoza y su conexión a la red ferroviaria europea, en relación con las posibilidades de enviar y recibir flujos de mercancías de otros países.

Sobre las exportaciones aragonesas señalaremos que el 59% tuvieron como destino en el año 2009, Alemania (20,6%), Francia (14,9%), Italia (14,1%) y Reino Unido (9,2%). Asimismo, hubo exportaciones a Rusia (1,3%) y China (0,9), entre otros países. Zaragoza realizó el 88,6% de las exportaciones regionales, Huesca el 9,7% y Teruel 1,7%.

Respecto al origen de los productos importados, indicaremos que los mayores volúmenes correspondieron a Alemania (22,4%), Italia (9,9%), Francia (8,4%) y Polonia (8%). Fuera de la Unión Europea destacaremos las importaciones provenientes de China (5,7%) e India (0,8%). Zaragoza realizó el 91,1% de las importaciones, Huesca el 6,7% y Teruel el 2,2%.

El intercambio comercial con el exterior puede darnos una idea del área de influencia o el alcance de los productos generados en Zaragoza, así como de los puntos emisores de suministros de materias primas, productos semielaborados y productos de consumo final. Es un aspecto importante que debería estudiarse con mayor detenimiento y profundidad desde el enfoque del transporte y la logística, porque, obviamente, está absolutamente relacionado.

6.1.2. Delimitación del metropolitana de Zaragoza

En el apartado 2.3., se han citado algunos estudios a escala nacional que consideran Zaragoza como un área metropolitana pero existen otros más localizados en nuestro

ámbito que veremos a continuación. No obstante, señalaremos que también se ha visto en dicho punto la dificultad y abundancia de criterios que existen para la delimitación de las áreas metropolitanas y los municipios que la integran. Así por ejemplo, Boix (2006) señala 277 municipios, Roca el al. (2005) 267 y Serrano 23 municipios (Boix, 2007, p. 21). En los estudios y delimitaciones de autores e instituciones de nuestro ámbito (ver tabla 6-3 y mapa 6-6 y 6-7), existe mayor ajuste con la línea de Serrano que con la de los otros dos autores.

Tabla 6-3. Municipios citados como integrantes del área metropolitana, área de influencia, entorno metropolitano o espacio metropolitano de Zaragoza.

MUNICIPIOS CITADOS COMO INTEGRANTES DEL ÁREA METROPOLITANA, DEL ÁREA DE INFUENCIA METROPOLITANA O DEL ENTORNO METROPOLITANANO DE ZARAGOZA																
MUNICIPIO	COMARCA	SUPERFICIE	DISTANCIA A ZARAGOZA (1)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	Nº CITAS
ALAGÓN	RIBERA ALTA DEL EBRO	24,2	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
ALBORGE	RIBERA BAJA DEL EBRO	4,8	62		2										1
ALCALÁ DE EBRO	RIBERA ALTA DEL EBRO	9,9	32		2						8			11	3
ALFAJARÍN	D.C. ZARAGOZA	137,5	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
ALFORQUE	RIBERA BAJA DEL EBRO	10,6	62		2										1
ALMUNIA DE DOÑA GODINA (LA)	VALDEJALÓN	56,7	50				4						10		2
BÁRBOLES	RIBERA ALTA DEL EBRO	15,7	32				4				8			11	3
BELCHITE	CAMPO DE BELCHITE	273,7	50										10		1
BOQUIÑENI	RIBERA ALTA DEL EBRO	18,9	45		2						8				2
BORJA	CAMPO DE BORJA	107,3	63				4						10		2
BOTORRITA	D.C. ZARAGOZA	19,8	22	1	2					7	8	9	10	11	7
BURGO DE EBRO (EL)	D.C. ZARAGOZA	24,9	14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
CABAÑAS DE EBRO	RIBERA ALTA DEL EBRO	8,5	30		2				6		8	9		11	5
CADRETE	D.C. ZARAGOZA	11,9	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
CALATAYUD	COMUNIDAD DE CALATAYUD	154,2	86										10		1
CALATORAO	VALDEJALÓN	48,1	45										10		1
CARIÑENA	CAMPO DE CARIÑENA	82,5	47				4						10		2
CASPE	BAJO ARAGÓN-CASPE	503,2	104										10		1
CINCO OLIVAS	RIBERA BAJA DEL EBRO	2,3	60		2										1
CUARTE DE HUERVA	D.C. ZARAGOZA	8,9	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
DAROCA	CAMPO DE DAROCA	52	83										10		1
EJEA DE LOS CABALLEROS	CINCO VILLAS	609,9	68										10		1
ÉPILA	VALDEJALÓN	194,3	42				4						10	11	3
FARLETE	LOS MONEGROS	104,1	35							7		9			2
FIGUERUELAS	RIBERA ALTA DEL EBRO	17	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
FUENTES DE EBRO	D.C. ZARAGOZA	141,7	26	1	2		4	5		7	8	9	10	11	9
GALLUR	RIBERA ALTA DEL EBRO	41,7	50		2						8		10		3
GELSA	RIBERA BAJA DEL EBRO	72	45		2										1
GRISÉN	RIBERA ALTA DEL EBRO	4,8	27		2		4	5		7	8	9	10	11	8
JAULÍN	D.C. ZARAGOZA	46,1	28							7	8	9	10	11	5
JOYOSA (LA)	RIBERA ALTA DEL EBRO	6,5	20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
LECIÑENA	LOS MONEGROS	178,6	30							7		9	10		3
LUCENI	RIBERA ALTA DEL EBRO	27,1	38		2						8				2
MALLÉN	CAMPO DE BORJA	37,4	52		2								10		2
MARÍA DE HUERVA	D.C. ZARAGOZA	108,1	16	1	2	3	4	5		7	8	9	10	11	10
MEDIANA DE ARAGÓN	D.C. ZARAGOZA	90,6	29								8	9	10	11	4
MEZALOCHA	CAMPO DE CARIÑENA	60,6	32									9			1
MOZOTA	D.C. ZARAGOZA	8,7	25	1	2					7	8	9	10	11	7
MUEL	CAMPO DE CARIÑENA	79,2	27	1	2		4					9	10	11	6
MUELA (LA)	VALDEJALÓN	143,5	23	1	2	3	4	5		7	8	9	10	11	10
NOVILLAS	CAMPO DE BORJA	25,3	60		2										1
NUEZ DE EBRO	D.C. ZARAGOZA	8,2	20	1	2	3	4	5			8	9	10	11	9
OSERA DE EBRO	COMUNIDAD DE CALATAYUD	19,8	30	1	2		4	5		7	8	9	10	11	9
PASTRIZ	D.C. ZARAGOZA	16,5	12	1	2	3	4	5		7	8	9	10	11	10
PEDROLA	RIBERA ALTA DEL EBRO	113,7	33		2		4	5	6	7	8		10	11	8
PERDIGUERA	LOS MONEGROS	109,8	25							7		9	10		3
PINA DE EBRO	RIBERA BAJA DEL EBRO	309,2	38		2		4			7		9	10	11	6
PINSEQUE	RIBERA ALTA DEL EBRO	16,1	20	1	2	3	4	5		7	8	9	10	11	10
PLEITAS	RIBERA ALTA DEL EBRO	2,1	36								8				1
PRADILLA DE EBRO	RIBERA ALTA DEL EBRO	25,4	45		2						8				2
PUEBLA DE ALFINDÉN (LA)	D.C. ZARAGOZA	17	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
QUINTO	RIBERA BAJA DEL EBRO	118,3	42		2					7			10		3
REMOLINOS	RIBERA ALTA DEL EBRO	18,5	35		2		4			7	8		10		5
RICLA	VALDEJALÓN	90,7	56										10		1
SAN MATEO DE GÁLLEGO	D.C. ZARAGOZA	71,6	24	1	2		4	5	6	7	8	9	10	11	10
SÁSTAGO	RIBERA BAJA DEL EBRO	301	64		2										1
SOBRADIEL	RIBERA ALTA DEL EBRO	12,1	17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
TARAZONA	TARAZONA Y EL MONCAYO	244	85										10		1
TAUSTE	CINCO VILLAS	405,2	45										10		1
TORRES DE BERRELLÉN	RIBERA ALTA DEL EBRO	53,8	20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
UTEBO	D.C. ZARAGOZA	17,7	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
VALMADRID	CAMPO DE BELCHITE	50,6	28								8				1
VELILLA DE EBRO	RIBERA BAJA DEL EBRO	59,8	52		2										1
VILLAFRANCA DE EBRO	D.C. ZARAGOZA	63,6	22	1	2			5		7	8	9	10	11	8
VILLAMAYOR DE GÁLLEGO (*)	D.C. ZARAGOZA	89,4	8											11	1
VILLANUEVA DE GÁLLEGO	D.C. ZARAGOZA	76	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
ZAIDA (LA)	RIBERA BAJA DEL EBRO	17,3	55		2										1
ZARAGOZA	D.C. ZARAGOZA	1063,1	(Madrid 322)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
ZUERA	D.C. ZARAGOZA	332,2	25	1	2		4	5	6	7	8	9	10	11	10
Total municipios				26	46	18	32	25	17	33	39	35	50	36	**69**

Fuentes:

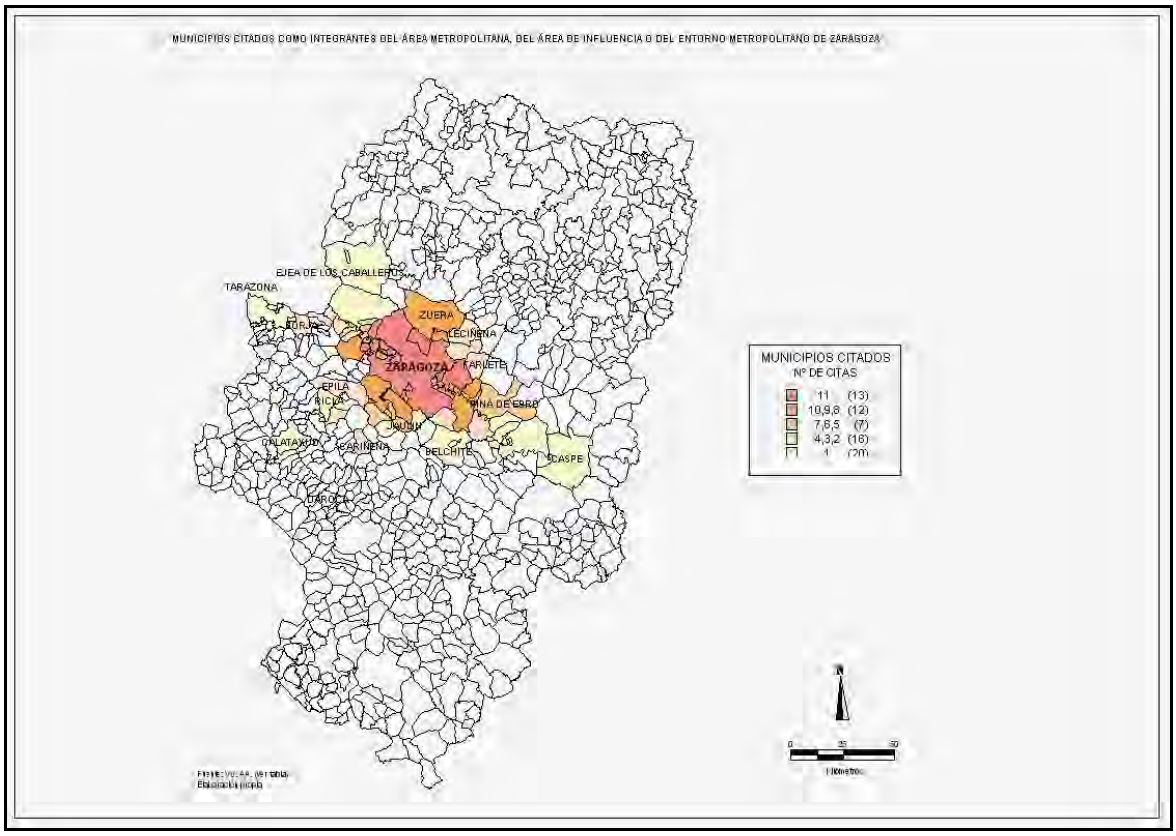
C1: Sancho Martí, J., 1989, El Espacio Periurbano de Zaragoza, vol I, p.26.
C2:Ayuntamiento de Zaragoza, 1993, Zaragoza mira al futuro, pp-28 y 29.
C3:Sánchez Degano, Y., 1996, Interpretación del hecho metropolitano en Zaragoza, en Geographicalia, nº 33, diciembre, p. 198.

C4: Iglesias Monge, T. (Dir.), 1997, Zaragoza y su área metropolitana como núcleo industrial estratégico, p. 19, Unión General de Trabajadores y Ayuntamiento de Zaragoza.
C5: Ebrópolis, 1998, Plan Estratégico de Zaragoza y su Entorno,
C6:Ayuntamiento de Zaragoza, 2002, Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza, Texto Refundido, Estudio Económico, p. 12.

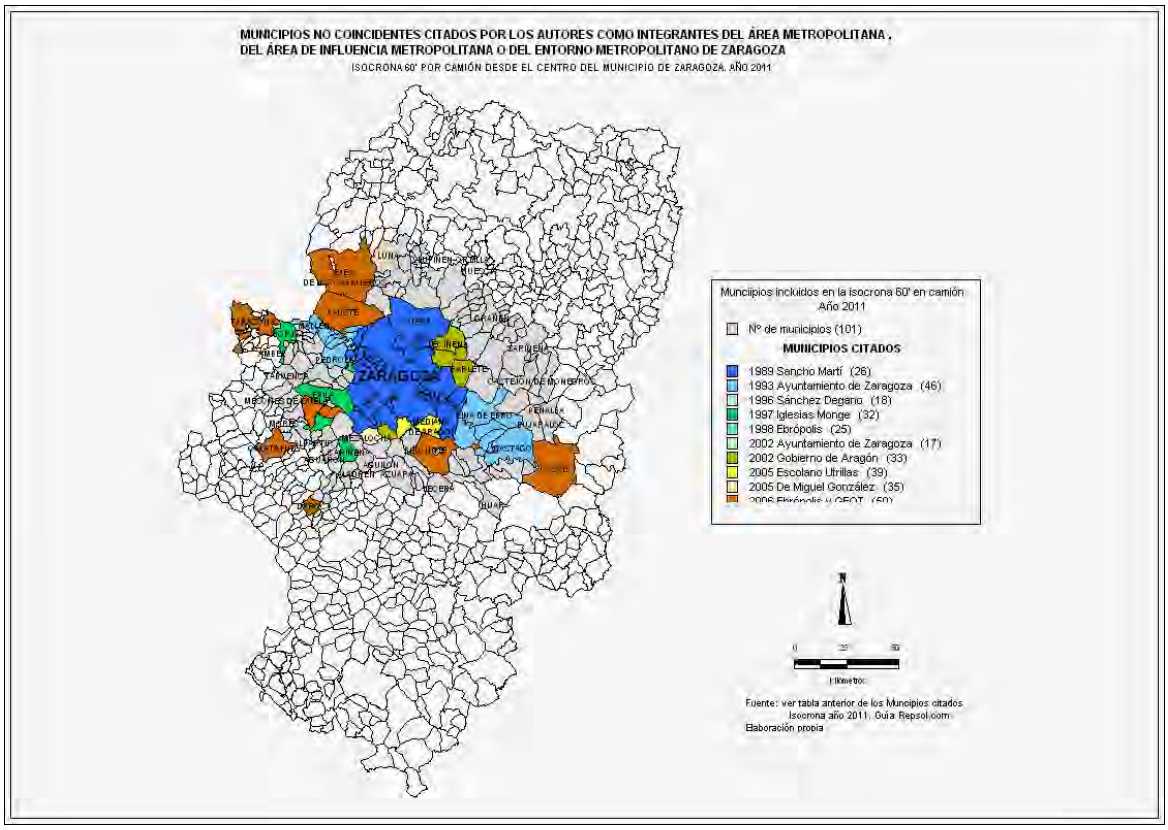
C7: Gobierno de Aragón, 2002, Directrices de Ordenación Territorial del Espacio Metropolitano de Zaragoza, Reconocimiento Territoriol, Memoria, Documento Ia, p.2.
C8: Escolano Utrillas, S., 2005, Algunos rasgos geográficos del proceso de formación del área metropolitana de Zaragoza, en Territorio, monográfico nº 1, p.30, Departamento de Presidencia y Relaciones Instucionales, Gobierno de Aragón.
C9: De Miguel González, R., 2005, La gobernanza de la fgran Zaragoza: en Economía Aragonesa, nº 26, abril, Ibercaja.
C10: Ebróplis y GEOT, 2006, Revisión del Plan Estratégico de Zaragoza, Ebrópolis.
C11: Equipo de Técnicos en Transporte y Territorio S.A. (ETT), 2006, Plan Intermodal de Transportes.Plan de Movilidad Sostenible de Zaragoza, memoria, p. 3, Gobierno de Aragón y Ayuntamiento de Zaragoza.

(*) Consejo de Gobierno de Aragón, Decreto 22/206, 26 de enero.
http://www.aragob.es/pre/cido/g06601241.htm
(1) Datos geográficos municipales IAEST
http://www.aragob.es
Elaboración propia

Mapa 6-6. Municipios citados como integrantes del área metropolitana, de influencia o del entorno metropolitano de Zaragoza



Mapa 6-7. Área metropolitana o Entorno metropolitano de Zaragoza considerado



El número de municipios citados oscilaría entre los 17 del Ayuntamiento de Zaragoza del año 2002 y los 50 de Ebrópolis y GEOT del año 2006. La superposición de todos ellos totaliza 69 municipios incluido Villamayor de Gállego que dejó de ser barrio rural de Zaragoza.

Sin embargo, remitiéndonos a lo dicho en el apartado 2.3., señalaremos que son conocidas, en primer lugar, la existencia de problemas para la definición y delimitación de las áreas Metropolitanas; en segundo lugar, que en la actualidad han proliferado los neologismos, a consecuencia de la renovación teórica producida en estos años, dando origen de una terminología prolija y, a menudo, confusa; y, en tercer lugar, que el concepto tiene una obsolescencia cada día mayor.

También, indicaremos, que la delimitación del área metropolitana excede y se desvía de los objetivos planteados para este trabajo, puesto que resultaría ardua y difícil. Además de las razones anteriores, se ha decidido mantener el mencionado concepto para nuestra área de estudio, ligado a criterios más clásicos de tamaño, densidad y funciones por la difusión del término y por el gran número de trabajos realizados, algunos ya vistos, que han delimitado el área metropolitana de Zaragoza.

Otra cuestión que también se ha puntualizado en el apartado 2.3, es que haremos referencia exclusivamente al ámbito funcional relacionado con transporte de mercancías por ferrocarril. Matizaremos, que el alcance excederá los límites del área metropolitana al tratarse de un servicio de alto rango centralizado en Zaragoza, el nodo principal de la red urbana aragonesa y uno de los principales de la red ferroviaria española.

Es decir, para las funciones de transporte, el espacio funcional que se configura, en nuestra opinión, no permite una delimitación rígida del espacio metropolitano, y volvemos al concepto de espacio de geometría variable. Así, desde este punto de vista la influencia de la metrópoli podría llegar hasta el punto de ruptura (*break point*) del área de influencia del mencionado servicio. Dicho punto de ruptura se encontraría en los límites del área de influencia de otros nodos funcionales.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta también que el alcance del servicio ferroviario es asimismo variable, puesto que está en función de diversos parámetros que varían en el tiempo, entre los que citaremos, los precios de transporte, los tiempos de transito de las mercancías y otras necesidades de los cliente. Además, de las relaciones con otras redes, como la de carreteras, la portuaria, la red logística, y otras redes ferroviarias en el caso de transporte internacional.

Estas cuestiones, emanan de las decisiones de los responsables de las compañías, tanto de los clientes que requieren un servicio, en función de sus necesidades, como de las compañías de transporte y logística que los ofertan. Por todo lo dicho anteriormente en este punto, parece razonable fijar una isocrona de 60 minutos que para los camiones y vehículos pesados puedan alcanzar Zaragoza y llegar a las terminales ferroviarias.

De esta forma, se podría fijar el límite del área metropolitana de Zaragoza para esta función de transporte, sin entrar en otras consideraciones en aras de la sencillez, como puede ser que el transporte por carretera alcance los puertos u otros nodos de mayor interés para los clientes.

En cuanto a la delimitación del área metropolitana, para nuestros intereses es necesario tener en cuenta el Reglamento General de Circulación (R.D. 1428/2003, de 21 de noviembre). Dicho reglamento limita las velocidades máximas para camiones a 90 km/h en autopistas, a 80 km/h en carreteras convencionales y a 70 km/h para el resto de vías fuera de poblados; por lo tanto, la distancia recorrida por un camión en

60 minutos dependerá de los tipos de red de carreteras a que tuviese acceso, según la situación geográfica del municipio en cuestión.

Así, la distancia recorrida fluctuaría en un rango de 70 a 90 km, que podría descender a 60 km/h, incluso a menos, en las carreteras locales. Dichas velocidades también podrían variar según los tipos de firme y su estado, la existencia de puntos congestionados u otras características de las carreteras. Por último, los tipos de vehículos y sus características afectarían también a las citadas velocidades.

El número de municipios que estarían incluidos en esta orla podría alcanzar aproximadamente los 170. En el mapa (ver mapa 6-7), se han reflejado todos los municipio citados por cada autor con distintos colores y poder apreciar los municipios no coincidentes. Asimismo, en color gris se muestra la mencionada isocrona de 60' en camión desde el centro del municipio de Zaragoza que contendría unos 100 municipios de municipios más no citados.

En nuestra área de estudio se incluye la metrópoli regional –Zaragoza-, una capital de provincia –Huesca-, así como tres de las cuatro cabeceras supracomarcales de Zaragoza –Ejea de los Caballeros, Tarazona y Calatayud-.

Los municipios considerados de la isocrona -41 de la provincia de Zaragoza, 4 de la de Huesca y 2 de la de Teruel-, suponen el 70,53 % del total de población de Aragón y el 91,13 % de la población de la provincia de Zaragoza. Con respecto a la población activa industrial, totalizan el 76,32% de Aragón y el 94,17 de la provincia de Zaragoza.

En cuanto al tamaño de los municipios por población (padrón municipal 2010), de la provincia de Zaragoza se incluyen los 14 de más de 5.000 habitantes, 13 de los 14 que tienen entre 3.001 y 5.000, 7 de los 9 entre 2.001 y 3.000, y 7 de los 24 de más de 1.000. De la provincia de Huesca, incluye la capital, 1 de los 3 entre 3.001 y 5.000, 1 de los 3 entre 2.001 y 3.000 y 1 de los 19 entre 1.001 y 2.000. Por último de la provincia de Teruel sólo se incluyen 2 de los 10 entre 1.001 y 2.000 (ver tabla 6-4).

Tabla 6-4. Tamaño de los municipios seleccionados de la isocrona de 60'.Año 2010

Provincia	Total	1 a 1.000	1.001 a 2.000		2.001 a 3.000		3.001 a 5.000		5.001 a 10.000		10.001 a 20.000		20.001 a 30.000		30.001 a 50.000		50.001 a 100.000		100.001 a 500.000		Más de 500.000		Total 1.001 a más de 500.000	
			Nº	Nº Isocr.	Nº	Nº Isocr.	Nº	Nº Isocr.	Nº	Nº Isocr.	Nº	Nº Isocr.	Nº	Nº Isocr.	Nº	Nº Isocr.	Nº	Nº Isocr.	Nº	Nº Isocr.	Nº	Nº Isocr.	Nº	Nº Isocr.
50 Zaragoza	293	232	24	7	9	7	14	13	9	9	3	3	1	1	0		0		0		1	1	61	41
22 Huesca	202	170	19	1	3	1	3	1	1		5		0		0		1	1	0		0		32	4
44 Teruel	236	215	10	2	4		4		1		1		0		1		0		0		0		21	2
Total	731	617	53	10	16	8	21	14	11	9	9	3	1	1	1		1	1	0		1	1	114	47

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, población por provincias y tamaño de los municipios, www.ine.es
Elaboración propia

En la tabla es posible apreciar también la diferencia de población entre Zaragoza y los otros núcleos urbanos, así como la falta de ciudades intermedias, lo que se plasma en un sistema urbano poco estructurado, como ya se ha dicho.

6.1.3. Medio físico abiótico y su incidencia en la red ferroviaria de ancho ibérico: Orografía y clima

No queremos pasar por alto la influencia que algunos aspectos del medio físico abiótico tienen sobre el sistema de transporte, y más concretamente, sobre el subsistema ferroviario. En el capítulo 5, no se trató al centrarnos en los aspectos más técnicos del subsistema ferroviario.

Como ya vimos en el apartado 5.1 al tratar el modelo de transporte de Reichman, el medio natural hace referencia a obstáculos externos, a los efectos que por ejemplo, la topografía, el clima, etc. tienen sobre el sistema. Así, en primer lugar, veremos cómo el trazado ferroviario tuvo que sortear las dificultades de la orografía peninsular para acceder desde Madrid a Zaragoza atravesando la Meseta Central. De la misma forma,

se verá cómo desde esta ciudad, se conectó con la costa mediterránea, en Cataluña y Levante, y con el tercio septentrional de la Península. También la conexión con Francia a través de los Pirineos y con Portugal.

Por otra parte, por su absoluta relación con la orografía, también haremos referencia al clima. Pero no nos centraremos en la gran influencia que ejerce a mesoescala sobre el clima este factor geográfico, si no por las consecuencias que ciertos fenómenos atmosféricos pueden tener para el funcionamiento del subsistema ferroviario. En este punto, se dará una visión general de algunos aspectos meteorológicos que pueden incidir y condicionar el funcionamiento del subsistema de transporte por ferrocarril en nuestra área de estudio. Porque los eventos relacionados con el clima están entre los factores más frecuentes que causan alteraciones en el funcionamiento normal del subsistema ferroviario.

Así, meteoros, como la lluvia, la nieve, la niebla, los vientos fuertes, las bajas y altas temperaturas causan dificultades al subsistema de transporte, en mayor, o menor medida, según el elemento y el subsistema considerado. En la actualidad también se toman en consideración los efectos del cambio climático, puesto que, a largo plazo, supondrá un fortalecimiento de las amenazas ya conocidas en términos de una mayor frecuencia y mayor intensidad.

Existen numerosos estudios sobre este tema que cubren todos los subsistemas del sistema de transporte para valorar los riesgos y la vulnerabilidad del sistema, y su capacidad de adaptación y de equilibrio. En el caso del ferrocarril las tormentas son consideradas como la principal amenaza para el subsistema. La razón está las consecuencias que pueden provocar los elementos meteorológicos asociados a este fenómeno atmosférico, mejor aún, en las consecuencias de los valores extremos que pueden tomar las variables de los distintos parámetros de esos elementos.

Orografía y trazado de vía

El relieve de la Península Ibérica esta caracterizado por una serie de unidades morfoestructurales diferenciadas por la evolución tectónica y sedimentaria que han sido modeladas por procesos geomorfológicos (ver mapa 6-8).

Así, encontramos la Meseta Central, los Rebordes montañosos de la Meseta, las Depresiones externas a la Meseta y las Cordilleras alpinas periféricas. Sus estructuras y disposición espacial han condicionado a lo largo de la historia las vías de comunicación entre asentamientos humanos, localizados, preferentemente, en los valles fluviales. Sin embargo, como es sabido, en la actualidad los avances tecnológicos en todos los campos permiten salvar prácticamente todas las barreras naturales.

En cuanto al ferrocarril, la mayor parte del trazado de red ferroviaria española de ancho ibérico se definió y construyo en la segunda mitad del siglo XIX, cuyos exponentes máximos fueron las Leyes de Ferrocarriles de los años 1855 y 1887, que plasmaron, después de muchas discusiones parlamentarias, las líneas que constituyen dicha red. El trazado, con un diseño radial y algunas líneas transversales, se inscribe en el relieve y está subordinado a las características de las unidades morfoestructurales y geomorfológicas, así como, a su disposición espacial sobre el territorio.

Este trazado trataba de enlazar los máximos puntos con el menor coste posible potenciando Madrid, las capitales provinciales más productoras y, posteriormente, todas las fronteras de Francia y Portugal y los más importantes puertos. En este punto se realizará una breve descripción de algunos aspectos del relieve de la península y

Aragón. El propósito es ofrecer una idea general de cómo está inscrito el trazado de la red ferroviaria convencional sobre el territorio y cómo se diseñó, aprovechando determinadas estructuras del relieve como llanuras, valles y collados, para salvar la orografía peninsular. De esta manera lo habían realizado los grupos humanos para comunicarse, desde tiempos inmemoriales.

Un ejemplo de las dificultades y del esfuerzo en la construcción del trazado ferroviario, lo pone de manifiesto que se hubieron de salvar innumerables puertos de montaña y desfiladeros en esta orografía difícil, resultando el trazado de la red, técnicamente, un desafío. Así, hasta finales de los años cuarenta del siglo XX, "...se construyeron 13.314 km de líneas que precisaron de 1.005 túneles, con 289 km en total, y 4.092 puentes, con 88 km, en una topografía que obliga a tener el 78% de la líneas en rampa y el 33.5 % en curva." (Hernández, 1992, p.84).

Las rampas son una consecuencia directa de las unidades del relieve, también las curvas, si bien, estas últimas, además, tienen justificación en el diseño del trazado que conectaban o no determinados puntos del territorio. Dichos puntos estuvieron en función de múltiples intereses, políticos, económicos, incluso, individuales en el caso de terratenientes locales bien relacionados, etc.

En el mapa físico de España se ha incrustado, *grosso modo*, el grafo de la red convencional de ferrocarril de ancho ibérico en servicio al 31 de diciembre de 1983. Se ha actualizado al año 2000 con la red en servicio, que hoy en día, con pequeñas modificaciones sigue siendo válida. Además, de han incorporado las líneas cerradas desde la creación de RENFE en 1941 hasta el año 2000, así como, las líneas abiertas entre estos mismos años. También hemos discriminado el periodo señalado entre los años 1941-1981 (línea roja y verde discontinua, para los cierres y aperturas, respectivamente) y entre los años 1982-2000 (igual que el anterior periodo pero con línea continua).

Puntualizaremos, que si bien, en este punto se hará un esbozo general para toda la red, nos centraremos en Aragón y, más concretamente, en un radio de unos 50 km de la ciudad de Zaragoza. Como podemos apreciar en el mapa (ver mapa 6-8), el relieve peninsular, definido por las unidades morfoestructurales, hace que España tenga una altura media de 660 metros, muy superior al promedio europeo y sólo superada por Suiza con 1.300 metros (ver altimetría en el mapa 6-8 y tabla 6-5). Esta elevada altitud se debe, principalmente, al predominio de las tierras de altura media comprendidas entre los 600 y 1.200 metros, que suponen el 47,7% de la superficie total española.

En cambio, las llanuras inferiores a 200 metros, y la alta montaña, por encima de los 2.500 metros, suponen el 11% y el 0,9 %, respectivamente. Las tierras más altas se disponen en la periferia peninsular cerca de la costa con un 18,5 % de la superficie total: las cordilleras Béticas en el sureste, y la cordillera Cantábrica y los Pirineos en el Norte. También relieves medios como el Macizo Galáico en el noroeste y el Sistema Costero Catalán en el este.

En el interior de esta periferia montañosa se encuentra un conjunto de tierras de altura media entre los 600 y los 1.500 metros, la Meseta Central que sobrepasa el 50% del territorio español y ocupa alrededor de 211.000 km^2. Es una planicie alta de suave relieve horizontal o subhorizontal que se inclina levemente de este a oeste hasta convertirse en una llanura de menos de doscientos metros en su mitad meridional ya en Portugal. Su tercio oriental desciende en brusca pendiente hacia el Mar Mediterráneo.

Esta disimetría constituye la divisoria de aguas entre las dos vertientes hidrográficas, la Atlántica y la Mediterránea, a las que tributan los ríos españoles. Las relaciones y actividades humanas de la periferia con el interior de la Meseta, y viceversa, se ven dificultadas por la periferia montañosa formada, en la fachada septentrional por el Macizo Galáico y la Cordillera Cantábrica, en la oriental por la Cordillera Ibérica y en la Meridional por Sierra Morena.

Las conexiones norte-sur entre la meseta y las regiones del norte y noreste de la península han sido históricamente realizadas por el puerto de Somosierra hacia Santander, el "puerto de Castilla". Los accesos ferroviarios a estas regiones hubieron de salvar, en primer lugar, el obstáculo de la Cordillera Central, en el interior de la meseta, por las sierras de Guadarrama y Somosierra y, en segundo, la Cordillera Cantábrica.

Mapa 6-8. Orografía e hidrografía y red convencional de ferrocarriles

Fuente mapa base: Mapa físico mudo de España
Elaboración propia

Así, en la comunicación de Madrid con Valladolid se optó por el trazado de la línea a través del puerto de la Ventilla y Ávila-Arévalo-Medina del Campo, evitando la sierra de Guadarrama. Posteriormente se construyó una segunda conexión a Valladolid por Segovia atravesando el puerto de Guadarrama (1.511 m), la dificultad de las obras fue tal, que en abril de 1860 hubo trabajando 13.750 obreros.

Hubo que esperar hasta 1.968 para que se conectara directamente Madrid con Burgos por Aranda de Duero; para ello se atravesó el puerto de Somosierra (1.404 m) mediante un túnel y se construyeron diversos viaductos como el de Lozoya, Riaza y la

Acebeda. Con respecto a las relaciones este-oeste, y viceversa, han sido limitadas, en ocasiones, por los grandes valles interiores de la Meseta, pero las más, han favorecido la actividad humana. Esto se aprecia en las líneas de ferrocarril, con fácil trazado, que conectan Madrid con Extremadura, Cáceres (1881) y Badajoz (1866), y Portugal, por la vertiente norte y sur (Tajo y Guadiana), respectivamente, de los Montes de Toledo.

También, las relaciones de Madrid con Levante se vieron favorecidas por las depresiones castellanas, como evidencian la conexión con Valencia a través de La Alcarria meridional por Cuenca, concluida en 1947, y con Alicante por Albacete, a través de La Mancha oriental y el corredor de Almansa, vía histórica de comunicación entre la Meseta y Levante, estableciendo la primera relación directa de Madrid con la costa en 1852. Sin embargo, las relaciones de Madrid con Aragón y Cataluña, por la parte noreste de la fachada oriental, tiene que atravesar la Cordillera Ibérica, que con 460 km de longitud y con amplias depresiones longitudinales y pequeñas cuencas locales se escinde en varias unidades perdiendo el carácter de cordillera continua.

La situación marginal de la Cordillera Ibérica con respecto a la Meseta hace que se encuentre en condiciones excepcionales para entrar en relación con otras cordilleras peninsulares, tanto de la periferia como del interior, que enlazan directamente con ella o le quedan muy próximas. Por el norte la Cordillera Cantábrica y los Pirineos, por el este la Cordillera Costero Catalana, por el oeste con la Cordillera Central y por el sur con las Cordilleras Béticas. La forma en que se realicen estos enlaces reviste gran interés geográfico, pues de ello dependerá que se vean favorecidas o dificultadas las relaciones y actividades humanas.

En cuanto a Aragón, indicaremos que también tiene una altimetría definida por sus unidades morfoestructurales y geomorfológicas, así como por la disposición espacial de las mismas (ver tabla 6-5 y mapa 6-9). Como se puede apreciar en el mapa, el relieve aragonés lo conforman tres grandes unidades morfoestructurales de norte a sur. Dos grandes cadenas montañosas, los Pirineos (sector central) y el Sistema Ibérico, y la depresión del Ebro. Entre ellas existen zonas de transición o piedemontes que en Aragón se denominan “somontanos”.

Tabla 6-5. Altimetría de España y Aragón

ZONAS ALTIMÉTRICAS EN ESPAÑA Y ARAGÓN.											
	Huesca Km^2	Superfie Huesca/ Aragón %	Teruel Km^2	Superfie Teruel/ Aragón %	Zaragoza Km^2	Superfie Zaragoza/ Aragón %	Aragón Km^2	Aragón %	España Km^2	España %	Superfie Aragón/ España %
Hasta 200 m	432	28,29	9	0,59	1.086	71,12	1.527	3,20	57.615	11,39	2,65
201-600 m	6.483	35,70	2.217	12,21	9.462	52,10	18.162	38,06	156.370	30,90	11,61
601-1000 m	4.115	31,30	3.421	26,02	5.612	42,68	13.148	27,55	198.650	39,26	6,62
1001-2000 m	3.652	26,22	9.163	65,78	1.114	8,00	13.929	29,19	88.766	17,54	15,69
Más de 2000 m	954	100,00	0	0,00	0	0,00	954	2,00	4.587	0,91	20,80
Superficie (Km^2)	**15636**		**14810**		**17.274**		**47.720**		**505.988**		
Superficie (%)		**32,77**		**31,04**		**36,20**	**100,00**	**100,00**		**100,00**	**9,43**

Fuente: IAEST, Territorio e Infraestructuras, p 6. ((http://portal.aragon.es)
Elaboración propia

De esta manera se configuran de norte a sur cinco unidades, los Pirineos, el Somontano Pirenaico, la Depresión del Ebro, el Piedemonte Ibérico y Cordillera Ibérica, si bien, ambos somontanos corresponden a los bordes septentrionales y meridionales de la mencionada Depresión, respectivamente. Y, como no podía ser de

otra forma, la red hidrográfica aragonesa se configura y adapta a las mismas. Dicha red tiene como eje y colector Principal al río Ebro, donde confluyen todos los ríos de los Pirineos y de la vertiente septentrional de la Cordillera Ibérica. En cuanto a la vertiente meridional, vierten sus aguas directamente al Mar Mediterráneo[296].

Uno de los hechos más relevantes del relieve aragonés es el fuerte contraste altitudinal, ya que se pueden encontrar cotas de más de 3.400 m. s. n. m. como la del Pico de Aneto y otras de menos de 100 m como las del Bajo Ebro. La distribución de alturas coincide con dicha estructura. Así, la parte del territorio con mayor altitud de la Comunidad de Aragón (2 % superficie de Aragón), se sitúa en la parte más septentrional de la provincia de Huesca en las sierras interiores de los Pirineos superando los 2.000 m.

Dentro del siguiente rango de alturas, entre los 1.001 y 2.000 m. (26,22 % superficie de Huesca), encontramos las Sierras Exteriores situadas en la parte más meridional de los Pirineos que alcanzan alturas entre los 1.500 y los 2.000 m. Entre las sierras interiores y exteriores existen otras sierras prepirenaicas que bordean la Depresión Intrapirenaica y que superan los 1.000 metros de altura (31,30 % superficie de Huesca).

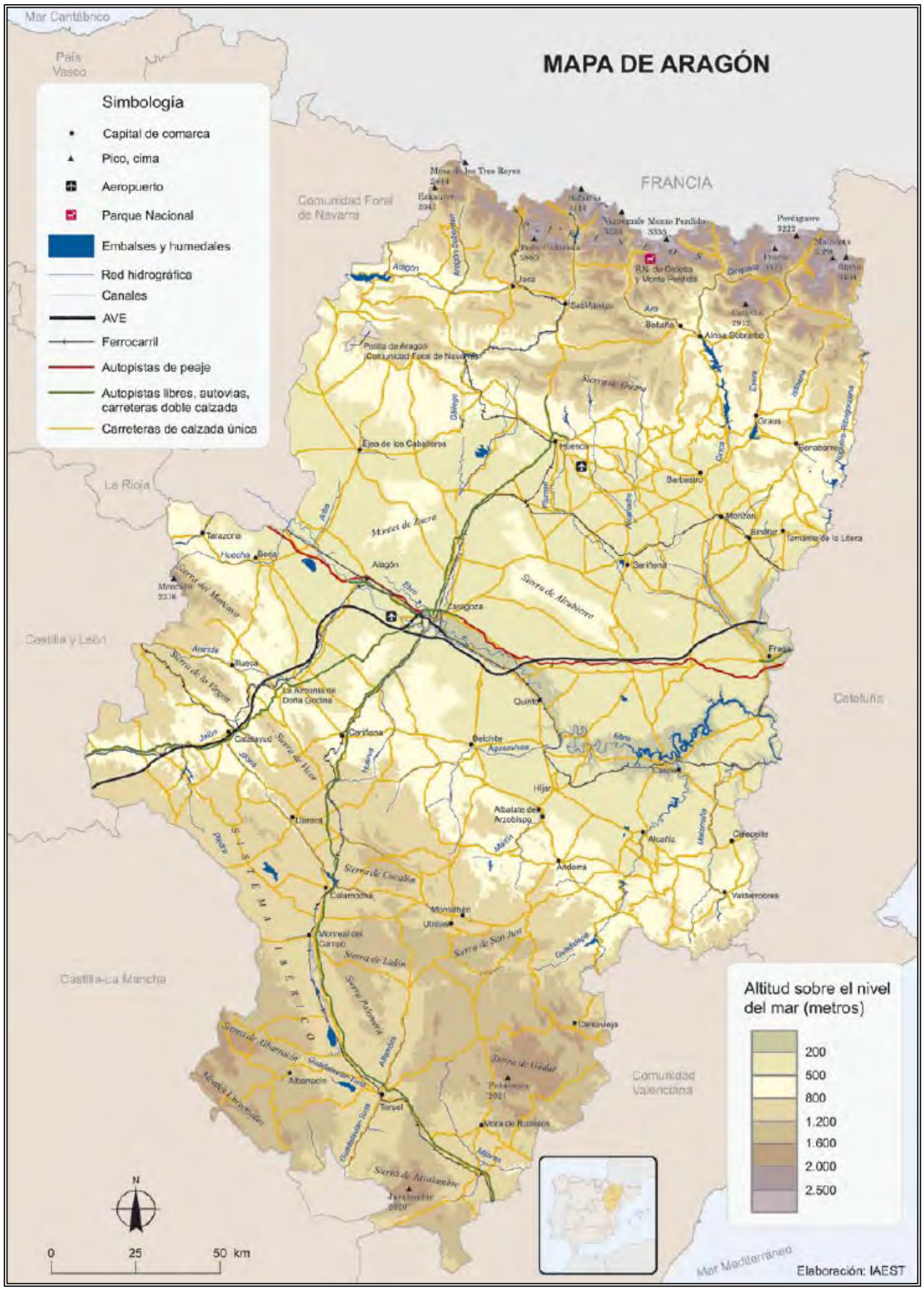
Dicha Depresión, entre los 600 y 1.000 m. constituye el área más baja de los Pirineos. También en este rango de alturas se encuentra, al pie de las Sierras Exteriores, el borde septentrional del Somontano Pirenaico, incluido en la Depresión del Ebro. La parte más al sur de la provincia de Huesca corresponde con las llanuras de la Depresión Central del Ebro cuyas alturas están incluidas entre los 200 y 600 m (35,70 % superficie de Huesca). Las áreas más bajas se sitúan en el sureste de la provincia (2,76 % superficie de Huesca); las partes más altas corresponden a las *Muelas* o *Planas*[297], relieve característico de la Depresión.

En la provincia de Zaragoza, las zonas de mayor altura entre 1.000 y 2.000 m., son el vértice septentrional, que alcanza las estribaciones meridionales del Pirineo y el sector zaragozano de la Cordillera Ibérica. Los bordes septentrionales y meridionales de los Somontanos Pirenaico e Ibérico constituyen el siguiente rango de alturas, entre 600 y 1.000 m. (32,48 % superficie de Zaragoza). Desde ambos somontanos hacia el centro de la Depresión, el rango entre 200 y 600 m. (55,76 % superficie de Zaragoza), corresponde a las muelas y llanuras que orlan al río Ebro en ambas márgenes.

[296] La distribución de los cursos fluviales que integran la red de drenaje de Aragón se distribuyen entre las Cuencas del Ebro, del Tajo y del Júcar, aunque lo hacen de forma muy desigual. Así, según Sánchez, Ollero y Del Valle (2009, p. 57) "De los casi 48.000 km^2 que ocupan la comunidad autónoma aragonesa, algo más del 88% (42.076 km^2) se integran en la cuenca del Ebro, sólo el 11,86% (5.651 km^2) de dicha superficie total se identifica con la genéricamente denominada cuenca del Júcar y apenas el 0,5 (238 km^2) forman parte de la cuenca del Tajo. Cabe mencionar que un escasísimo 0,05 % de las tierras aragonesas drenan hacia cuencas francesas (Adour y Garona).

[297]. Las *Muelas o Planas*, son extensos cerros testigos de la sedimentación terciaria formados por erosión diferencial, definidos geomorfológicamente como relieves estructurales de tipo tabular, y que se localizan en las áreas interfluviales del centro de la Depresión. Estas altas plataformas dominan, entre los 300 y 600 m. de altura, amplios valles en artesa de fondo plano, abiertos a expensas de los materiales margosos o yesíferos poco resistentes.

Mapa 6-9. Aragón: Territorio e Infraestructuras



Fuente: IAEST, (2010), Territorio e infraestructuras, p. 7. (http://portal.aragon.es)

La zona más baja, por debajo de los 200 m., corresponde al centro de la Depresión, es decir, a la llanura de inundación del río (6,17 % superficie de Zaragoza). Por último, podemos apreciar en la tabla (ver tabla 6-5) que la provincia de Teruel, prácticamente, no presenta alturas inferiores a los 200 m. (0,06 % superficie de Teruel).

Las alturas del rango entre 200 y 600 m. (14,97 % superficie de Teruel), corresponden a tierras llanas que encontramos en los límites septentrionales de la provincia, limitando con la de Zaragoza y en el extremo noroeste de dichos límites en el eje el Ebro.

Hacia el sur, el Somomontano Ibérico constituye la zona de transición, como ya se dijo, entre la Depresión de Ebro y la Cordillera Ibérica. Tiene menor extensión que el pirenáico por su proximidad de las muelas del sector central de la depresión. Mucho territorio turolense se encuentra en este rango de alturas entre 600 y 1.000 m. (23,10 % superficie de Teruel).

Otra diferencia del somontano ibérico con el pirenáico, es las formaciones detríticas de la zona de contacto del primero con del borde de la cuenca del Ebro, no generan relieves conglomerados de importancia, excepto en el entorno de los Puertos de Beceite.

Una característica destacada del somontano ibérico es que adosados al frente septentrional de la Cordillera Ibérica encontramos superficies planas de gran extensión correspondientes al desarrollo de glacis. Estas superficies, denominadas *Campos*, las encontramos, según su disposición NO-SE, en el Campo de Borja, los Llanos de Plasencia, el Campo de Cariñena, el Campo de Lécera y el Bajo Aragón.

Sin embargo, como se desprende del cuadro 6-5 (ver mapa 6-9), Teruel tiene la mayor altura media de las tres provincias aragonesas, entre 1.000 y 2.000 m. (61,87 % superficie de Teruel y 65,78 % de Aragón). Es una provincia con tierras elevadas como consecuencia de la presencia en su territorio de buena parte de la Cordillera Ibérica, más ancha, además, en los límites con la provincia de Guadalajara y en el área del Maestrazgo en la que se dispone en forma “nudo”. Dicha altura corresponde a las parameras, sierras y macizos de la Cordillera Ibérica.

En cuanto a la inscripción de la red ferroviaria en territorio aragonés, se realizará siguiendo el orden estructural de las unidades de relieve, según el cuadro inferior de la figura (ver figura 6-1).

El orden es cronológico según el año de entrada en servicio de las líneas. Como se ha dicho en repetidas ocasiones la estructura de la red tiene una configuración radial con el centro en Madrid. Así, la primera línea que encontramos es la de Madrid-Zaragoza (1), que busca la salida de la meseta hacia los centros de producción de Aragón[298], y desde su capital, Zaragoza, el Mar Mediterráneo y la conexión Barcelona con la segunda ciudad española.

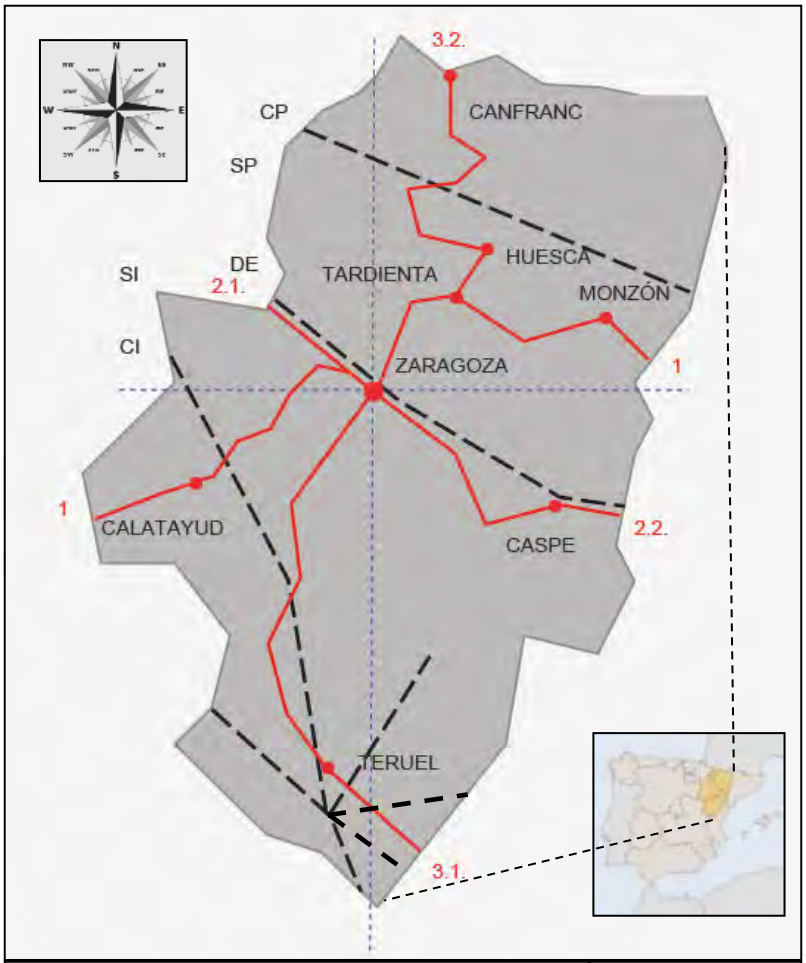
Esta línea, para llegar a Zaragoza, sale desde Madrid por el valle del río Henares y atraviesa la Cordillera Ibérica, poco más adelante de Calatayud. La conexión con Zaragoza Campo de Sepulcro, una vez acabado el tramo más difícil entre Calatayud y Ricla, se consiguió el uno de octubre de 1864. Dicha estación se situaba junto al talud que separaba la segunda y tercera terraza del Ebro. Desde Zaragoza, la conexión con Barcelona se realizó mediante dos líneas, la primera, finalizada el 18 de septiembre de 1861, siguió itinerario Zaragoza Arrabal-Tardienta-Lérida-Vals-San Vicente de Calders-Barcelona, en la parte aragonesa por el valle del río Gállego, y el somontano pirenaico.

La conexión entre las líneas de Madrid y de Barcelona —vía Lérida— se realizó mediante un enlace que conectaba las estaciones de Zaragoza Campo de Sepulcro y Zaragoza Arrabal (Estación del Norte) a través de un puente que atravesó el Río Ebro,

[298] El proyecto de Ley de Seijas Lozano de 1850 no se aprueba en las Cortes, pero la idea que subyace, es diseñar la red con unas líneas de primera categoría, que partiendo de Madrid fuesen hasta un límite considerado como la zona interior de la Península (Valladolid, Zaragoza y Córdoba). De estas líneas saldrían las de segunda categoría que en el caso que nos ocupa son las de Cataluña y Navarra.

el denominado *Puente de la Química*[299], inaugurado a comienzos de 1870. El ramal de conexión, que atravesaba la arboleda de Macanaz en la margen izquierda se inauguró el 1 de octubre de 1871 y se cerró al tráfico ferroviario el 1 de octubre de 1976.

Figura 6-1. Red ferroviaria y Unidades de relieve en Aragón



RELIEVE Y FERROCARRIL EN ARAGÓN

UNIDADES DE RELIEVE	LÍNEAS FERROCARRIL					ORIENTACIÓN UNIDADES
	Madrid-Zaragoza-Barcelona	Bilbao/Pamplona-Casetas	Zaragoza-Tarragona	Sagunto-Zaragoza	Zaragoza-Canfranc	
Cordillera Ibérica (CI)	1			3.1		NO-SE/NNO-SSE
Somontano Ibérico (SI)	1			3.1		
Depresión del Ebro (DE)	1	2.1	2.2	3.1	3.2	NO-SE
Somontano Pirenaico (SP)	1				3.2	
Cordillera Pirenaica (CP)					3.2	ONO-ESE
PERFILES	P1	P2		P3		
ORIENTACIÓN LÍNEAS F.C. (Aragón)	SSO-NE	NO-SE		SSE-NNO		

Fuente: Elaboración Propia

[299] En el año 1987, una vez remodelado y adecuado al tráfico rodado el puente, volvió a abrirse para cerrar el 2º cinturón de ronda.

La segunda conexión con Barcelona, finalizada el 1 de julio de 1894, tiene el itinerario Zaragoza Bajo Aragón[300]-Caspe-Mora de Ebro-Reus-Tarragona-Barcelona, por el centro de la depresión del Ebro hasta el límite con la provincia de Tarragona. Ambas líneas se unen.

La unión entre Campo de Sepulcro y la Huerta de Miraflores, lugar en el que se encontraba la estación de Escatrón, se realizó el 9 de julio de 1894, conectando la línea de Madrid (Alsasua y Bilbao) con la de los "Directos" a Barcelona —vía Caspe—. Para ello hubo de construirse un ramal de 3.441 m. con la vía encajada en una zanja, que bordeaba la ciudad por el sur, atravesando la terraza media de Ebro (T_3), para evitar el desnivel de entre 7,33 y 9,78 milésimas existente entre ambos puntos.

Posteriormente, a causa de la industrialización de Zaragoza y, consecuentemente, del éxodo rural, se produjo la llegada de población en distintas oleadas a la ciudad y su crecimiento urbano, en el caso de este eje, hacia el sur[301]. La línea de ferrocarril Zaragoza Campo de sepulcro-Barcelona —vía Caspe— impedía dicho desarrollo y se hubo de soterrar entre los años 1924 y 1928. En primer lugar, el cauce del río Huerva[302] que cruza la vía y, años más tarde, en 1962, la brecha topográfica que representaba la zanja por donde discurría la vía en el espacio urbano.

Otra conexión realizada el siglo pasado fue la que conectaba las dos líneas a Barcelona a través de un viaducto de 845 m., que atravesando el río Ebro, unía las estaciones de Miraflores y Cogullada. Situado cerca de la desembocadura del río Gállego, a la altura de la llamada *Torre de Montoya*, se puso en servicio el 30 de septiembre de 1.969. Esta construcción permitió el cierre de la conexión con la estación del norte por el puente de la química pocos años después. Así mismo, con la construcción del nuevo viaducto del AVE en el año 2003, con 305 m. de longitud, también cayó en desuso y, finalmente, se derribó en el año 2.007.

En cuanto a la línea tranversal Casetas-Castejón de Ebro-Pamplona, fue puesta en servicio el 18 de septiembre de 1861. Su prolongación hasta Alsasua conecto el 22 de junio de 1865 con la línea Madrid-Hendaya, finalizada el 15 de agosto de 1864. La línea transversal Castejón de Ebro Miranda de Ebro-Bilbao, finalizada el 31 de agosto de 1863 comunicó los Mares Cantábrico y Mediterráneo por el corredor que discurre siguiendo el centro de la Depresión del Ebro hasta Miranda También Zaragoza quedaba comunicada con Francia por el extremo occidental de la Cordillera de los Pirineos (Irún-Hendaya). Por el extremo oriental no será hasta el 20 de enero de 1878 (Portbou-Cerbere).

Mucho más tarde, en 1928, se inaugura la Línea Zaragoza-Jaca-Canfranc, que atravesando por su sector central la Cordillera de los Pirineos por los valles del Gállego y el Aragón conecta también España, a través de Aragón, con Francia.

La última línea que articula el territorio aragonés en dirección norte-sur es el eje Zaragoza- Teruel-Sagunto-Valencia. Sin embargo, la conexión con Zaragoza no se realizó hasta en año 1933 en el que se empalmó en Caminreal, por el valle del río Huerva y a través de la Cordillera Ibérica, con la Línea Calatayud-Sagunto. El tramo Caminreal-Calatayud fue cerrado en el año 1985. La conexión entre Madrid y Zaragoza, como ya se ha dicho, buscó la salida de la meseta hacia el Mar Mediterráneo y tuvo menos dificultades técnicas que la salida hacia el Mar Cantábrico.

---

[300] Situada al final de lo que actualmente es la calle Miguel Server. También se la conocía con el nombre de Cappa (Ingeniero constructor de la línea). A partir de la inauguración el 29 de septiembre de 1904 de la vía de ancho métrico del ferrocarril Zaragoza-Utrillas-Montalbán, paso a llamarse estación de Utrillas.

[301] Las viviendas obreras se situarán en la periferia cerca de las fábricas y éstas, a su vez, junto a las estaciones de ferrocarril y carreteras.

[302] Dicho soterramiento tiene su génesis en el anteproyecto de ensanche del año 1906 de Casañal y Navarro que ya contemplaba, entre otras actuaciones, la construcción de la Gran Vía y del hoy llamado Paseo de la Constitución.

Fue así, porque en el reborde oriental de la Meseta, al contrario que el septentrional, el contacto entre las llanuras castellanas y las serranías ibéricas es mucho menos destacado. Tanto que en algunos sectores, como a lo largo de la carretera y el ferrocarril que une Madrid con Zaragoza o Valencia, el tránsito entre ambas unidades no se señala por ningún cambio destacado en el relieve. Sin embargo, el ferrocarril hubo de atravesar la Cordillera Ibérica pasado Calatayud hacia Zaragoza.

La Cordillera Ibérica, cerrando el acceso oriental a la Meseta, pudo constituir una frontera natural y facilitar la diferenciación entre Castilla y Aragón; si bien, las relaciones entre la Meseta y la Depresión del Ebro (Aragón y Cataluña), se han realizado históricamente utilizando el gran pasillo transversal que forman los valles del río Henares y, en el centro de la cordillera, del río Jalón. La Cordillera Ibérica, alineada en dirección NO-SE, separa la Depresión del Ebro de las del Duero y el Tajo, con dos ramas la castellana y la aragonesa, que corresponden a los sectores central y oriental de la misma. La rama aragonesa, a su vez, consta del sector zaragozano y el sector turolense.

Es una cadena montañosa menos potente, vigorosa y continua que el Pirineo. Alcanza una longitud cercana a los 400 km, desde la Sierra de la Demanda, en los límites de las provincias de Burgos, La Rioja y Soria, hasta el Mediterráneo.

La altitud de sus cotas más elevadas rara vez supera los 2.000 m., presentando unas cumbres con formas alomadas, poco vivas y agrestes. Dominan las mesetas aplanadas con alturas entre los 1.500-1.600 m. El mencionado pasillo transversal, es el itinerario que se siguió para el ferrocarril entre Madrid a Zaragoza buscando el trazado más favorable, es decir, el más corto y con las menores pendientes de las terrazas y glacis[303] del río Jalón, aunque como se ha dicho anteriormente, hubo de atravesar un tramo difícil de 35 km. aproximadamente, entre Calatayud y Ricla.

---

[303] Los **glacis** son planos inclinados de débil pendiente (menor a 10º) y recubierto por material detrítico subanguloso procedentes de la erosión de las vertientes de las muelas. Pueden ser de erosión y de acumulación.

Las **terrazas** son depósitos fluviales de épocas pasadas sedimentadas en los valles por el propio río. Después de la sedimentación de la terraza el mismo río la erosiona. Normalmente son muy planas con una muy leve inclinación hacia el cauce. Las terrazas se componen de rocas clásticas, generalmente sueltas, pueden ser gravas, arenas, limos, etc.

Los glacis y las terrazas fluviales caracterizan las áreas topográficamente deprimidas del conjunto de la Depresión del Ebro recorridas por el río Ebro y sus principales afluentes, en los que se conservan extensas masas aluviales de glacis y terrazas cuaternarios. Se sitúan, bien en los amplios valles en artesa excavados entre las muelas, bien en los somontanos pirenaico o ibérico. La importancia de glacis y terrazas en el conjunto de la Depresión del Ebro queda patente en el hecho de que en total cubren más de un 30 % de su superficie.

En los valles existe una conexión espacial entre glacis y terrazas, de manera, que entre las márgenes del valle y el fondo aluvial del mismo se pasa progresivamente de unos a otras. Los glacis se enraízan así al pie de los escarpes en las laderas de las plataformas o muelas, identificándose con superficies topográficas planas que descienden en suave pendiente hacia el eje de los valles.

Ocupando las partes bajas de los valles se hallan las terrazas fluviales, en relación con los principales ríos de la depresión. Carentes prácticamente de pendiente transversal, las terrazas son una forma de acumulación cuyos elementos detríticos están constituidos por cantos rodados, aluviones, de litología variada, criterio que permite su diferenciación de los glacis.

Glacis y terrazas no forman en la Depresión del Ebro un nivel único, sino que se escalonan en graderías descendentes hacia el río dispositivo que responde a un encajamiento cíclico, de origen climático, de los cursos de agua durante el cuaternario.

Así pueden constatarse tres niveles generalizados de glacis, y de cuatro a seis de terrazas según los sectores, incluso once niveles cuaternarios en los sistemas de terrazas de los ríos Gállego y Cinca. De los niveles de terrazas, los más antiguos, que son también los más elevados, presentan con frecuencia una fuerte disección, reduciéndose sus vestigios a cerros testigo coronados por una acumulación detrítica (los sasos).

El trazado en territorio aragonés hasta Zaragoza, atraviesa las siguientes unidades de relieve: la cuenca sedimentaria de Ariza; el ramal meridional del sector aragonés de la Cordillera Ibérica, con sus correspondientes sierras; la fosa tectónica de Calatayud; el ramal septentrional del sector aragonés de la Cordillera Ibérica, que incluye, además de las sierras, las fosas tectónicas internas de Morés y de Morata; el piedemonte ibérico, en los Llanos de Plasencia de Jalón; por último, entra ya en la Depresión de Ebro.

El valle del río Jalón (ver mapa 6-9), es seguido por el ferrocarril desde Medinaceli, donde nace al pie de Sierra Ministra[304], hasta Arcos de Jalón, circulando encajado en un trayecto de 16 km. El límite provincial se encuentra entre Santa María de Huerta y Monreal de Ariza, en el km 202+479 de la línea.

Señalaremos que entre Arcos de Jalón y Torralba se encuentra la mayor rampa del trazado (16‰ en sentido impar, hacia Madrid) y, en sentido inverso entre Baides y Torralba (del 14‰, en sentido par hacia Zaragoza). Entre Calatayud y Zaragoza (10‰ en sentido impar entre Casetas y Calatayud, y del 2‰, en sentido par entre Calatayud y Casetas).

El trazado de la vía discurre por ambas márgenes del río Jalón, cruzándolo en repetidas ocasiones, por lo que se hizo necesaria la construcción de distintas obras de fábrica, que son en esta línea, puentes y tramos metálicos. También son necesarios para cruzar los afluentes y barrancos que le tributan por ambas márgenes. Desde Arcos de Jalón hasta Ariza, el trayecto discurre por los materiales terciarios blandos de la depresión de Ariza, hasta encontrarse con el ramal meridional de la Cordillera Ibérica Zaragozana, cuyo contacto tiene naturaleza tectónica, constituido por las Sierras de Alhama y los Montes de Ateca, al noroeste del río, y las Sierras de Pardos y Algairén, al sureste.

El contacto entre las sierras y el fondo del valle del río Jalón se produce a través de glacis discontinuos enlazando con un sistema de terrazas fluviales desarrollado en pocos niveles. En este tramo, por territorio aragonés, el río Jalón recibe por su margen izquierda las aguas del río Nájima. Asimismo, sin cruzar a dicho río, la vía cruza tres veces al afluente del Ebro, por lo que requiere de tres puentes. A partir de Ariza[305], por el pliegue calcáreo de las sierras ibéricas de Alhama de Aragón, el trazado nuevamente se encaja.

Cruza dicho pliegue en unos cinco kilómetros siguiendo los meandros encajados del río Jalón, en cuarcitas y pizarras, del paleozoico de Bubierca. Este tramo consta de tres túneles cortos (38 m., 21 m. y 112 m.). Poco antes de Ariza, en Monreal de Ariza, el trazado discurre por la margen derecha del río cruzando por un puente el barranco de Santa Quiteria en Cetina hasta Alhama de Aragón, en que por un puente vuelve a la margen izquierda. Por esta margen el río jalón recibe las aguas de río Henar o Deza, que la vía no lo cruza, y del río Monegrillo que si lo hace mediante un puente, al estar situada la vía en dicha margen.

Desde Bubierca hasta Ateca, unos ocho kilómetros, el valle se estrecha a su paso por los Montes de Ateca (Sierra del Caballero), adquiriendo las laderas un aspecto escarpado. La vía atraviesa por cuatro túneles más largos que los anteriores (137m., 271 m., 228 m. y 180 m). También el trazado cruza ambas márgenes del río Jalón por tres veces a través de sendos puentes. En las proximidades de Ateca el trazado discurre por la margen izquierda del río Jalón, por lo que no cruza el río Piedra

---

[304] Sierra septentrional del sector castellano de la Cordillera Ibérica. Forma parte de la divisoria de aguas entre las vertientes peninsulares atlántica y mediterránea. Es, asimismo, un punto de enlace entre el sistema central y la Cordillera Ibérica.

[305] Por el interior de la meseta hubo un pasillo ferroviario transversal, el ferrocarril Valladolid-Aranda de Duero-Ariza (en Aragón sólo 11,89 km., desde Pozuelo de Ariza), cuyo trazado discurre en casi todo su recorrido por la submeseta norte siguiendo la depresión del río Duero. Fue inaugurado el 1 de enero de 1895 y cerrado totalmente al tráfico el 30 de noviembre de 1993. Conectaba en Coscurita (Soria) con la línea Torralba-Soria, de 94 kms., inaugurada el 1 de junio de 1892 y, actualmente, en servicio.

afluente suyo por la margen derecha; a la entrada del municipio vuelve a la margen derecha por lo que tampoco cruza al río Manobles tributario por su margen izquierda.

A partir de Ateca, el valle se amplia en la depresión tectónica de Calatayud, fosa tectónica intramontañosa abierta durante la orogenia alpina, que se alarga en sentido noroeste-sureste. Dicha Depresión Longitudinal Ibérica, que comienza en los altiplanos de Malanquilla, por el noroeste, alcanza hasta los valles del Jiloca y el Perejiles, por el sureste, en el eje Calatayud-Daroca-Calamocha, orientando el curso del río Jiloca y parte del curso del Guadalaviar.

Por esta depresión, que enlaza con el valle del río Ribota al norte, discurre el corredor Soria-Calatayud-Teruel, que favorece las comunicaciones N-S en el interior de la cordillera al conectar con el mar Mediterráneo en Sagunto-Valencia. También conecta con el valle del Duero en Soria. Desafortunadamente, en 1985 se cerraron las líneas ferroviarias que unían Soria con Calatayud del inconcluso ferrocarril Santander-Mediterráneo[306] y Calatayud con Caminreal del Ferrocarril Central de Aragón. Poco antes de Terrer la vía cruza por un puente a la margen derecha que presenta un complejo y extenso sistema de terrazas y glacis.

En Calatayud[307] el trazado de vía cruza por un puente el río Jiloca y, pasada la ciudad, el río Perejiles por un tramo metálico (16 m.); ambos son afluentes por la margen derecha del río Jalón. Evitando el tramo encajado y la sinuosidad del río entre Huérmeda y Embid de la Ribera, el trazado cruza a la margen izquierda por un tramo metálico (52m.), buscando seguir en la depresión de Calatayud. En esta margen encuentra a su afluente el río Ribota al que cruza por otro tramo metálico (26 m.) discurriendo por el sistema de glacis hasta llegar al margen de la Depresión de Calatayud.

---

[306] El ferrocarril Santander-Mediterráneo, no concluido en su totalidad, al faltar en su extremo norte la conexión entre Cidad Dosante y Santander se abandonó. Su trazado discurría desde Burgos, pasando por Soria, hasta Calatayud, a donde llegaba por el Valle del río Ribota en interior de la Cordillera Ibérica. La sección Soria-Calatayud de 96 km., se abrió el 1 de octubre de 1929, y fue cerrada el 1 de enero de 1985. Prácticamente se cerró y desmanteló toda la línea de este ferrocarril.

El Ferrocarril Central de Aragón construyó el ferrocarril de Calatayud a Sagunto. La sección Calatayud-Caminreal, de 39 km, fue abierta al tráfico el 28 de junio de 1901. La conexión con Sagunto se realizó el 7 de agosto de 1901, con Valencia el 2 de febrero de 1902 y con el Grao de Valencia el 2 de septiembre. La sección Calatayud-Caminreal fue cerrada el 1 de enero de 1985.

Relacionado con la sección anterior, indicaremos que hubo un estudio a mediados del pasado siglo, que no se llevó a cabo, para construir una línea de ferrocarril entre Calatayud-Caminreal-La Puebla de Híjar. El trazado hubiese discurrido en dirección E-ENE, atravesando la Cordillera Ibérica por el eje Hoz de la Vieja, continuando por Montalbán, Obón y Oliete, hasta conectar con la línea de los directos a Barcelona.

Señalaremos también que la discontinuidad de la Cordillera Ibérica al noroeste entre la Sierra Cebollera y la Sierra del Moncayo facilitó otra relación ferroviaria, en un tramo de 99 km, el ferrocarril de Soria a Castejón de Ebro, en Navarra, que atraviesa dicha Cordillera transversalmente. Conectó la capital castellana con el corredor del Ebro en 1941. Fue cerrada al tráfico de viajeros en 1996; posteriormente se cerró también al tráfico de mercancías.

[307] En la estación de Calatayud confluyeron tres ferrocarriles que tuvieron cada uno su estación. Calatayud-Jalón de MZA en la línea Madrid-Zaragoza; Calatayud-Jiloca del Ferrocarril Central de Aragón en la línea Calatayud-Sagunto; Calatayud-Ribota del Ferrocarril Santander Mediterráneo en la línea Calatayud-Soria.

Próxima a la estación de Calatayud-Jalón hubo otras instalaciones del ferrocarril aéreo o teleférico minero procedente de la mina de hierro de Santa Rosa en Tierga, situada en el Valle del río Isuela en el interior de la Cordillera Ibérica. Construido a principios del siglo pasado, fue el ferrocarril aéreo más largo de España con 26.821 m. Se desmontó en los años treinta del pasado siglo.

Finalizada la depresión, encontramos la rama septentrional de la Cordillera Ibérica zaragozana. El valle del río jalón penetra en la parte meridional de dicha rama septentrional entre las sierras de la Virgen, al noroeste, y de Vicor, al sureste, en un trayecto de unos diez kilómetros hasta Paracuellos de la Ribera.

El trazado discurre siguiendo el río Jalón, que se encaja en un valle angosto y sinuoso excavado sobre los materiales paleozoicos, cuarcíticos y pizarrosos, que componen el bloque levantado que integran las citadas sierras. En este tramo encontramos siete túneles (400 m., 797 m., 230 m., 115 m., 107 m, 106 m. y 370 m.); también ocho tramos metálicos (43 m., 52 m., 37 m, 52 m., 52 m., 82 m., 43 m., 31 m), para atravesar el río Jalón seis veces y dos la red viaria (carretera local CV-601).

A partir de Paracuellos de la Ribera el valle se ensancha coincidiendo con un afloramiento blando de pizarras precámbricas, y el trazado discurre con facilidad por la margen izquierda del río Jalón, sobre sus glacis y terrazas inferiores, hasta Morés. Este municipio está dispuesto sobre una pequeña fosa tectónica modelada por tres niveles de glacis cuaternarios. El trazado continúa por el más bajo de ellos, hasta cruzar, por un tramo metálico (48 m.), el río Jalón a su margen derecha, por la que transcurre en un tramo de 1,5 kilómetros, evitando el encajamiento del río al pie de la Sierra de la Camamila.

Vuelve a cruzar por otro tramo metálico (48 m.) a su margen izquierda, buscando los niveles de glacis con poca pendiente en Purroy y la cantera, donde a través de un ramal electrificado se accedía a cargar balasto de vía. Para llegar a Morata la vía atraviesa la citada Sierra de Camamila por un túnel (176 m). A su salida, cruza de nuevo el río Jalón a su margen derecha por un tramo metálico (43 m.), discurriendo por las terrazas y glacis de la ladera noroeste de la Sierra de Morata hasta llegar a este municipio.

Dicho municipio se encuentra situado en la fosa tectónica de Morata, rellena de materiales terciarios de naturaleza detrítica (conglomerados, areniscas y arcillas). Hasta Ricla el río Jalón, ya en su curso bajo, fluye con meandros bien marcados y encajados al noroeste de la Sierra de Algairén. Es la última dificultad salvada por el trazado de esta línea. Así, en el pequeño tramo, de unos ocho kilómetros, Morata y Ricla, encontramos tres túneles (125 m., 726 m. y 144 m.), así como, cuatro tramos metálicos (48 m., 43 m., 63 m. y 48 m.) que salvan otras tantas veces el río Jalón buscando los glacis en las laderas de los relieves y recortando los pronunciados meandros.

En este tramo el río Jalón recibe, por su margen izquierda, las aguas del río Aranda. A la salida de Ricla, la vía cruza a la margen izquierda del río Jalón por un tramo metálico (43 m), cuyo trazado discurrirá por sus glacis, de materiales detríticos gravitacionales calcáreos, y niveles de terrazas. Aguas abajo, entre Ricla y Calatorao, le tributan sus últimos afluentes, el río Grío y el río Alpartir por su margen derecha.

A partir de aquí se sale de la Cordillera Ibérica y se entra en la Depresión del Ebro, aunque como ya se dijo, atravesará previamente la zona de transición del piedemonte ibérico. Encontrará materiales terciarios cubiertos con sedimentos detríticos gravitacionales procedentes de la erosión de las sierras circundantes, que forman una orla según su granulometría (materiales calizos, areniscas, arcillas, margas y, hacia el centro de la Depresión, yesos).

Atraviesa el trazado aún dos barrancos por sendos tramos metálicos (13 m. y 43 m.) en las proximidades de Épila y Calatorao antes de atravesar los Llanos de Plasencia, zona del piedemonte ibérico sobre materiales detríticos calcáreos. En dichos Llanos, el trazado discurre por los glacis formados con materiales detríticos gravitacionales procedentes de la Sierra de Nava Alta, orientados hacia el río Jalón, así como por el sistema de terrazas escalonadas del río Jalón.

Entre Grisén y Pinseque[308] el trazado cruza por última vez el río Jalón sobre un tramo metálico (43 m.) y por otro (12 m.) el Canal Imperial de Aragón y entra en el centro de la Depresión del Ebro. El trazado continúa por la terraza baja[309] de la margen derecha (T_4) del río Ebro hasta Zaragoza, que en su día fue el final de línea. La línea Madrid-Zaragoza conecta en Casetas[310] con la línea a Alsasua y en la estación de Castejón de Ebro con la línea a Bilbao, que se verá más adelante.

Próxima a Zaragoza se encuentra la estación de Zaragoza C.I.M (Centro Intermodal de Mercancías) clausurada en el año 2008 por la apertura de la Terminal Intermodal de Zaragoza Plaza el año anterior y situada en la Plataforma Logística de Plaza. Por el desvío existente entre Zaragoza CIM y Zaragoza Delicias se accede a la Ronda Sur Ferroviaria, que se verá con mayor detalle, así como otros elementos del área de estudio. Dicha Ronda da acceso a la citada Zaragoza Plaza y a la línea de Zaragoza a Teruel. En el otro extremo se encuentra la estación de la Cartuja que conecta también con la línea de Zaragoza a Barcelona —vía Caspe—. En la estación de Miraflores la conexión es con la línea Zaragoza a Barcelona —vía Lérida —.

La línea Zaragoza Barcelona —vía Lérida— continúa la línea de Madrid desde Zaragoza Delicias[311] hasta Miraflores. Discurre el trazado en su totalidad en unos 4.500 m., aproximadamente, atravesando la ciudad en dirección NO-SE. En el interior del cerramiento existen dos túneles de 701 m. y 1.615 m., respectivamente, por encima de los cuales se sitúan las avenidas de Goya y de Tenor Fleta. También en el interior, al finalizar el primero, cruza el río huerva por un tramo metálico (38 m.). La vía vuelve a cielo abierto en la estación de Miraflores situada en la margen derecha del río Ebro sobre su terraza media (T_3).

---

[308] Desde la estación de Pinseque, ya cerrada, salía un ramal militar al aeródromo militar de Valenzuela que se enmarca en el acuerdo firmado entre España y los Estados Unidos en 1953 para el uso conjunto de algunas bases aéreas e instalaciones militares. La estación fue cerrada el 29 de septiembre de 1971 por su baja rentabilidad y haber desaparecido el citado ramal, quedando como apeadero. El aeródromo militar de San Jurjo, colindante con el anterior, fue abierto al tráfico civil civil en 1961, denominándose oficialmente desde 1965 Aeropuerto de Zaragoza.

[309] Hemos tomado los cuatro niveles de terrazas para la margen derecha del río Ebro en el entorno de Zaragoza que señala Van Zuidam (1980, figura 6-3, p. 441), si bien, dicho autor duplica cada nivel de terrazas ($T_{4.2}$, $T_{4.1}$,…, $T_{1.2}$, $T_{1.1}$) hasta ocho niveles.

Según Julián y Chueca (1998, p. 70), el número de niveles de acumulación diferenciables en el sector central zaragozano de la Depresión del Ebro es de ocho, y de nueve en el sector bajoaragonés, oscilando sus alturas relativas sobre el cauce actual entre 1 y 220 m (T_8: entre 0 y 6 m., T_7: entre 6 y 15 m., T_6: entre 15 y 33 m., T_5: entre 33 y 73 m., T_4: entre 73 y 115 m., T_3: entre 115 y 138 m., T_2: entre 138 y 168 m., T_1: entre 168 y 220 m).

La correspondencia con los cuatro niveles que hemos utilizado sería T4: entre 6 y 15 m., T3: entre 15 y 73 m., T2: entre 73 y 138 m., T1: entre 138 y 220 m.

La altura considerada sobre el cauce en la prolongación de la ronda sur es de 197 msnm (punto de intersección entre la línea que une los dos puentes que considera Ollero y la prolongación de la Ronda Sur). Se han utilizado los datos de 1981 de A. Ollero para calcular la aproximación a la altura en ese año según la distancia del tramo entre los puente de la Alfocea y de Piedra sobre el río Ebro. La variación de alturas entre los dos puntos y la pendiente media que es de 73, 8 cm/km (Ollero, 1990, cuadro 1, p. 76).

[310] Originalmente “Las Casetas”.

[311] La estación de Zaragoza Campo de Sepulcro pasó a llamarse en 1967 estación de Zaragoza El Portillo y el año 1972 entró en servicio una nueva estación construida muy cerca de la anterior que fue derribada. Se cerró al servicio en el año 2003 cuando se inauguró la nueva estación intermodal de Zaragoza Delicias. Soterradas las vías se construyó una nueva estación subterránea también llamada Zaragoza el Portillo. Fue inaugurada el 11 de junio de 2008 para prestar el nuevo servicio de trenes de cercanías en la línea C-1 Casetas-Miraflores (actualmente la única línea) y para los trenes regionales (media distancia).

Desde la citada estación, dejando al frente la estación de La Cartuja, por la que sigue la línea hasta Barcelona —vía Caspe—, cruza el río ebro por un viaducto de 305 m. hasta el barrio de Vadorrey, entrando en el valle del río Gállego por su margen derecha en el nivel bajo de terrazas de dicho río (T_4). Aún cruza otro viaducto (942 m.) para salvar la avenida de Cataluña hasta llegar a la estación de Cogullada, desde la que se accede a la empresa C. A. F. (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles).

La siguiente estación que encontramos es la de Zaragoza Corbera Alta, a partir de la cual el trazado abandona la trama urbana de Zaragoza. Desde ella se accede a la Estación de Zaragoza Arrabal, situada entre los polígonos industriales de Cogullada y de Alcalde Caballero, y a la Terminal Marítima de Zaragoza, puerto seco situado en Mercazaragoza, Plataforma Logística Alimentaria del Valle del Ebro. El trazado continúa por las terrazas bajas del río Gállego y llega a la estación de San Juan de Mozarrifar, desde la que se accede al ramal militar de la estación de San Gregorio con 3.500 m. de longitud. Fue puesto en servicio el 27 de mayo de 1985.

Poco antes de la estación de Zuera[312] el trazado atraviesa a la margen derecha el río Gállego. Pasada dicha estación la vía discurre por las terrazas medias y altas (T_2 y T_3) hasta poco antes de Ontinar de Saltz, cerca del límite provincial con Huesca (km 35+471 de la línea), en que sale del valle. Se desvía en dirección noreste hasta la estación de Almudevar y en dirección este hasta la estación de Tardienta por el sur de la depresión presomontana de los Llanos del La Violada.

Continua el trazado con forma zigzagueante de forma escalonada en dirección sur y este, hasta Grañén, bordeando la Sierra de Alcubierre (811 m.) por el noreste. Dicha sierra es una plataforma estructural del sector central de la Depresión del Ebro que forma un arco orientado en dirección NO-SE. Atraviesa también la depresión presomontana de Sariñena al este de dicha sierra. Esta última y los Llanos de la Violada son suaves y amplias depresiones erosivas presomontanas, excavadas por los ríos pirenáicos entre las últimas series plegadas de las sierras exteriores del Pirineo, al norte, y los depósitos horizontales postalpinos del centro de la Depresión, al sur.

Poco antes de Grañén el trazado cruza por un puente a la margen izquierda del río Flumen, afluente del río Alcanadre por su margen derecha, continua por el valle de dicho río hasta la estación de Sariñena. En este trayecto cruza, asimismo, dos acequias y un barranco por sendos puentes. Desde este municipio hasta el Tormillo-Lastanosa cruza también por un viaducto la carretera autonómica A-1310 y por un puente a la margen izquierda del río Alcandre afluente del río Cinca por su margen derecha. Así mismo, atraviesa un túnel (329 m.), único de este tramo de línea en territorio aragonés, para salvar la muela que encuentra en su trazado.

Entre entre las estaciones de Tormillo-Lastanosa y Selgua cruza por sendos puentes un barranco y el Canal de Terreu. Continua hacia el este en dirección a Selgua[313] y Monzón Río Cinca, atravesando las llanuras de la parte sur del somontano de Barbastro, si bien, encuentra el relieve estructural del Saso del Tormillo, entre las estaciones de Sariñena y Selgua, punto de mayor rampa del trazado (17‰ en sentido impar, hacia Lérida y del 16‰, hacia Zaragoza). Entre estas dos estaciones atraviesa

[312] Desde esta estación salía la variante, de 39,315 km de longitud, entre Zuera y Ayerbe en la línea de Canfranc para evitar el rodeo que supone la entrada a la ciudad de Huesca en sus relaciones ferroviarias con Zaragoza. El trazado discurría por las estaciones de Zuera, Gurrea de Gállego, Ortilla-Marracos, Piedramorrea-Biscarrués y Turuñana. Fue inaugurada el 15 de febrero de 1929 y clausurada al servicio el 1 de octubre de 1965, si bien se mantuvo el servicio desde a Zuera a Gurrea de Gállego para servir el apartadero particular de Agrar. Se cerró definitivamente el 1 de octubre de 1993. Actualmente aún se sirve el apartadero de Cepsa-Elf Gas que recibe propano al comienzo del ramal desde la estación de Zuera

[313] Entre Selgua y Barbastro se construyó un ramal de 19,049 kilómetros, con una única estación (apeadero) en Castejón del Puente. Fue inaugurada el 28 de junio de 1880 y clausurada el 1 de enero de 1985.

por un puente el río Cinca a su margen izquierda. También entre Monzón Río Cinca y Binéfar, cruza por un puente a la margen izquierda del río Sosa, afluente por esta misma margen del río Cinca, y el Canal de Zaidín.

Por último, hasta entrar en la provincia de Lérida (límite provincial km 153+127), desde la estación de Tamarite-Altorrincón, atraviesa hacia el sur las tierras llanas de arcillas y areniscas miocenas dispuestas en estratos horizontales, quedando más al sur los relieves estructurales de la Sierra de San Quílez en Binefar o el Cerro de Pullagres de Esplús.

En cuanto a la línea de que proviene de Alsasua y Bilbao, como se ha dicho con anterioridad, conecta en Casetas con la línea de Madrid. El trazado de esta línea discurre por corredor que sigue el centro de la Depresión del Ebro, por la margen de este río, desde las afueras de Miranda de Ebro (Burgos) hasta Zaragoza (Eje del Ebro) en dirección NO-SE. Desde Navarra[314] entra en territorio aragonés en el término municipal de Gallur (límite provincial de la línea km 52+485). Desde este municipio continua el trazado hasta la capital aragonesa por el nivel bajo de las terrazas del Ebro (T_4), atraviesa parte de la ciudad por el nivel medio (T_3) y, pasada la ciudad, se suceden intermitentemente ambos niveles hasta La Zaida.

En este tramo del sector central de la Depresión de Ebro, hasta 30 o 40 km aguas abajo de Zaragoza, el trazado discurre por el centro de la Depresión. Encuentra las tres unidades geomorfológicas más características de la misma, la llanura de inundación del río, su complejo sistema de terrazas y glacis (de pie de muela) y las plataformas estructurales o *muelas* al norte y al sur del río. No obstante, también encuentra otras morfologías como valles de fondo plano, cárcavas (*badlands*), dolinas, etc. Desde Gallur[315] a Zaragoza, los únicos obstáculos que encuentra la vía son el Canal Imperial de Aragón, que cruza a su margen izquierda por un tramo metálico, y el río Jalón, que atraviesa por un puente entre las estaciones de Alagón, municipio en el que desemboca en el río Ebro, y La Joyosa-Torres.

---

[314] Desde la estación de Tudela de Navarra, a 32 km. de Gallur, se construyó una pequeña línea ferroviaria de ancho métrico con 21.389 m. de longitud, que llegaba hasta el municipio de Tarazona (Aragón), con objeto de transportar los productos agrícolas de la zona y conectar la sede episcopal sita en este municipio. El trazado discurría por el valle de río Queiles por las estaciones de Tarazona, Malón, Tulebras, Cascante, Murchante y Tudela de Navarra. Fue inaugurada el 1 de enero de 1886 y, realizadas las obras de transformación a ancho ibérico, vuelta a inaugurar el 6 de julio de 1952. Se cerró al tráfico de viajeros en 1955, al de mercancías en 1972 y definitivamente el 1 de enero de 1985.

La idea que subyació en la transformación de ancho fue prolongarlo hasta Calatayud por Illueca a través de las Sierras del Moncayo y de la Virgen con un incremento de 86 kilómetros hasta conectar con la línea de Madrid. El proyecto no fue llevado a cabo.

Hubo otra pequeña línea ferroviaria de vía métrica con 17.530 m. de longitud que llegaba hasta el municipio de Borja, desde la estación de Cortes de Navarra, la primera en territorio de Navarra, con la intención también de transportar los productos agrícolas de esta área. El trazado discurría por el valle del río Huecha por las estaciones de Cortes de Navarra, Mallén, Fréscano, Agón, Magallón, Bureta, Ainzón y Borja. Fue puesto en servicio el 28 de mayo de 1889 y cerrada el 30 de abril de 1955.

[315] Totalmente en territorio aragonés también se construyo en vía métrica otra línea con 55, 294 m de longitud entre Gallur y Sádaba con la intención de conectar la capital aragonesa con el norte de la provincia por la comarca de las Cinco Villas y transportar los productos agrícolas de la misma. Posteriormente, la línea se prolongaría por Uncastillo y Sos del Rey Católico hasta Sangüesa (Navarra). La idea fue conectar con el ferrocarril de vía estrecha “El Iratí”, inaugurado en 1911, entre Sangüesa y Pamplona por Aoiz. También con el proyectado Sangüesa a Jaca, que no llegó a realizarse.

Las estaciones de la línea fueron Gallur, Tauste, Mira, Escorón, Añesa, Ejea de los Caballeros, Bardena del Caudillo, Biota y Sádaba. Desde Galur, atravesando a la margen derecha del río Ebro, discurría por los glacis del valle del río Arba desde Luesia hasta Ejea y la depresión presomontana existente entre la Sierra de Luna al este y la Bardena de Aragón al oeste. Fue inaugurada el 30 de diciembre de 1915 y cerrada el 8 de julio de 1970.

Por último, indicaremos que en la Estación de Cabañas de Ebro conecta con la estación de Grisén por el *by pass* que ya se mencionó en la línea de Madrid. La línea que desde Zaragoza[316] discurre por el centro de la Depresión del Ebro, al igual que la anterior, es la de los "Directos" a Barcelona—vía Caspe—Tarragona—. La primera estación de la línea es la de Miraflores, conectada con la línea a Barcelona—vía Lérida— como ya se ha dicho. La siguiente estación es La Cartuja, pasada la cual se conecta a la Ronda Sur Ferroviaria.

Poco antes de Fuentes de Ebro la vía pasa sobre el río Ginel, que vierte sus aguas en el Canal Imperial de Aragón, y este, con escaso volumen de agua, a la acequia de Quinto. Desde esta estación, hasta la de La Zaida, en el límite de provincia con la de Teruel (aproximadamente en el m 400+000 de la línea), como se ha dicho anteriormente, el trazado discurre por las terrazas bajas (T_4) y medias (T_3) de la margen derecha del río Ebro, bordeando los conos de deyección[317] en el límite de un complejo sistema dendrítico de barrancos y *vales* de fondo plano[318] que desembocan sobre los niveles de terrazas.

A partir de la mencionada estación el curso del río Ebro se encaja en los materiales terciarios horizontales con un potente escarpe, si bien, sigue siendo meandriforme con un elevado índice de sinuosidad. El trazado de vía sale hacia la estación de Azaila (Teruel) evitando el tramo del río entre La Zaida-Escatrón por donde atraviesa sobre el río Aguasvivas afluente por la margen derecha.

En dicho tramo se encuentra la mayor rampa del trazado (19‰ en sentido par, hacia Tarragona) y, en sentido inverso entre Caspe y la Puebra de Híjar (del 15‰, en sentido impar hacia Zaragoza). El trazado atraviesa, en el interfluvio Aguasvivas-Martín, una zona dominada por amplias plataformas horizontales de poca altitud, donde se sitúan las estaciones de La Puebla de Híjar[319] y Samper de Calanda, entre las que cruza por un puente el río Martín, afluente del río Ebro por la margen derecha,

---

[316] Desde la cuenca minera de Utrillas-Montalbán hasta Zaragoza Estación de Utrillas hubo un ferrocarril de vía métrica con 125, 376 kilómetros de longitud. Con origen en Utrilas-Montalbán (Teruel), en la parte septentrional de la Sierra de San Just en el sector oriental de la Cordillera Ibérica aragonesa. El trazado atravesó dicha Cordillera, por Maicas, al sureste de la Sierra de Oriche, continuando por Muniesa hasta entrar en la provincia de Zaragoza por Lécera. Seguía por las superficies llanas de los glacis del piedemonte ibérico Belchite, Azuara y Puebla de Albortón. Por último, por el pie de muela de la Plana de Zaragoza a través de Valmadrid y Torrecilla de Valmadrid, llega hasta Zaragoza Estación de Utrillas. La línea se prolongó 1800 m. para conectar con la vía de ancho ibérico hasta Miraflores. Fue abierta el 30 de septiembre de 1930 y clausurada el 15 de enero de 1966.

[317] **Cono de deyección**: Acumulaciones en forma de abanico de materiales detríticos transportados por corrientes fluviales efímeras (torrentes) en la parte terminal de su curso.

[318] **Valles de fondo plano (vales):** localmente denominados vales. Son valles cuyo perfil transversal tiene forma en artesa como consecuencia del relleno parcial del fondo de antiguos barrancos. Se interpreta como resultado de la ineficacia del agente de transporte hídrico (arroyada difusa) ante la llegada de abundantes sedimentos procedentes de la erosión de las laderas.

[319] Hubo un ferrocarril en el pasado entre La Puebla de Híjar y San Carlos de la Rápita(Tarragona) con 128, 175 km, el llamado Val de Zafán, cuyo propósito fue unir Zaragoza con el Mar Mediterráneo, conectando con la línea de ferrocarril Almansa-Valencia y su prolongación hasta Tarragona, que finalmente hizo el 8 de mayo de 1867. Atravesaba la Sierra de Vizcuerno hasta Alcañiz. Desde esta ciudad atravesó en dirección NO-ESE los puertos de Beceite-Tortosa, zona de contacto de la Cordillera Ibérica con la Cordillera Prelitoral, por las Sierras de Pandols y Paüis hasta Benifallet, situada en las orillas del curso bajo del Ebro, y las de Serrés y Cardo hasta llegar a Tortosa. Fue un trazado sinuoso, con fuertes pendientes y rampas, y abundantes túneles y puentes. En territorio aragonés las estaciones fueron La Puebla de Hijar, Alcañiz, Valdealgorfa, Valjunquera, Valdetormo, Torre del Compte, Valderrobles, Cretas y LLedó. Fue inaugurada el 1 de septiembre de 1941 y cerrada definitivamente al tráfico el 19 de septiembre de 1973.

y entre las de Samper y Escatrón[320], un túnel (305 m.), quedando al este de todas estas estaciones un relieve con numerosos vales. Posteriormente, después del túnel, cruza por un puente el del Arroyo el Reguero.

Entre Chiprana y Caspe, discurre la vía entre las cubetas endorréicas[321] de La Salada, La Estanca y La Palerma, rodeadas por crestas de areniscas de paleocanales[322]. En este tramo cruza tres túneles (20 m., 39 m. y 355 m.). Una vez en Caspe, al norte de la Sierra de Vizcuerno (429 m.), integrada en las formaciones detríticas terciarias de la depresión del Ebro, cruza el trazado por un tramo metálico el río Guadalupe, afluente por la margen derecha, y continua por el norte de la Sierra de Caspe, en cuya vertiente septentrional se encuentran las estaciones de Valdepilas y Fabara.

Hasta la estación de Nonaspe el territorio es suavemente ondulado, con pequeños cerros de poca altura como el Cerro de la Cogulla (315 m.). En el tramo comprendido entre Caspe y Nonaspe el trazado ha de atravesar otros seis túneles (663 m., 202 m., 209 m., 385 m., 166 m. y 122 m.). Asimismo, atravesará por dos puentes uno de los meandros del río Matarraña, afluente del río Ebro por la margen derecha, antes de la estación de Nonaspe siguiendo el trazado por su terraza media (T_3) en su margen izquierda hasta pasado el municipio.

Vuelve a atravesar un túnel, y también cruza de nuevo dicho río, a su margen derecha. A partir de aquí, hasta la estación de Fayón, el trazado atravesará once túneles más (51 m., 1.201 m., 1.408 m., 72 m., 79 m., 46 m., 33 m., 59 m., 59 m., 54 m. y 60 m.), para salvar las laderas de una serie de sierras orientadas en dirección S-N hacia la

---

[320] Desde la Estación de Escatrón salía la línea del Ferrocarril Minero-Industrial Escatrón-Andorra, de 45,762 km, que servía los yacimientos de lignitos de la cuenca minera de Andorra y Ariño en la provincia deTeruel.

Los antecedentes se encuentran en el proyecto de León Cappa (1.857) de unir por ferrocarril los yacimientos de Gargallo con Escatrón, donde ya existía un puerto fluvial, integrante de la línea fluvial que pretendía la unión entre el Delta del Ebro y Zaragoza y que no se consiguió en su totalidad. A mitad de 1857 se inauguraba el canal de Navegación y en marzo de 1858 un vapor alcanzaba Caspe; poco después llegaba a Escatrón, dejando abierto un tramo de navegación de 257 km. La navegación de porte fracaso, pero hubo cierto tráfico local de embarcaciones pequeñas (*Llaguts*), especialmente al empezar a explotarse las minas de carbón de Mequinenza-Fayón y establecerse en Flix la Sociedad Electroquímica de Flix.

El trazado de la línea de ferrocarril comenzaba con un ramal entre Escatrón y Samper de Calanda con rampas de 15‰, que conectaba en dicha estación de con la línea de los “directos” de Zaragoza a Barcelona. Continuaba con esas fuertes rampas hasta Andorra, atravesando el Llano de Chumilla en el Desuierto de Calanda, sin estaciones intermedias, salvo el apartadero de Cabeza Gorda construido para cruces y mantenimiento de la línea.

Con la construcción de la central Térmica de Andorra “Teruel” y su puesta en servicio en 1981, la central térmica de Escatrón entro en declive y se reconvirtión en 1.986 en una planta experimental de nuevas técnicas de combustión. El ramal entre ésta y Samper se calusuró el 3 de agosto de 1984. En la actualidad la línea Samper-Andorra es privada (ENDESA) y, ante la baja calidad de los lignitos de la cuenca se importa el carbón. Llega al puerto de Tarragona transportándose a Samper de Calanda en trenes incluidos en el Plan de Transporte de Renfe Operadora. Desde esta estación se suministra a la central el carbón mediante trenes lanzadera remolcados por locomotoras diesel pertenecientes a Renfe Operadora.

[321] **Cubetas endorréicas**: depresiones topográficamente cerradas propias de medios áridos, sin ningún tipo de drenaje de superficie (arréicas). En la toponimia aragonesa son conocidas con el nombre de *Saladas*.

[322] **Paleocanales**: son relieves estructurales alargados y de forma sinuosa formados por la mayor resistencia a la erosión de las areniscas. Corresponden a cursos de agua meandriformes que surcaban en el pasado las llanuras de limos cargados de arena y, a veces, grava en los que la erosión del agua los encajaba. En el terciario la sedimentación fue más importante que la erosión colmatando los cauces. Como consecuencia de ello, tras frecuentes desbordamientos buscando otros encauzamientos quedaban soterrados bajo grandes extensiones de limos; cuando las aguas volvían a encauzarse lo hacían sobre estos limos en la parte superior de su emplazamiento anterior.

desembocadura del río Matarraña en el río Ebro (Pantano de Riba-Roja). Además, cruzará por un puente uno de los barrancos y por un viaducto la carretera local CV-103.

Entre la estación de Fayón y la de de Riba-Roja de Ebro, situada también en la margen derecha del río Ebro y a los pies de la Sierra de la Fatarella, se encuentra el límite con la provincia de Tarragona. Para atravesar el sector septentrional de dicha sierra habrá de atravesar tres túneles, dos de ellos de considerable longitud (140 m., 2.969 m. y 3.642 m.).

En cuanto a las relaciones ferroviarias norte-sur en el territorio aragonés, tenemos dos líneas que vertebran dicho territorio. La primera, la línea Tardienta-Huesca-Jaca-Canfranc[323] inaugurada en 1928, que atravesiesa por su sector central la Cordillera de los Pirineos a través de los valles del Gállego y el Aragón; conecta también España con Francia. La segunda, es el eje Zaragoza- Sagunto-Valencia. Sin embargo, la conexión Zaragoza-Teruel-Valencia no se realizó hasta que se empalmó en el año 1933, por el valle del río Huerva y a través de la Cordillera Ibérica, con la Línea Calatayud-Sagunto en Caminreal. El tramo Caminreal-Calatayud, cerrado en el año 1985, como ya se ha dicho, quedó conectado con Sagunto el 2 de julio de 1901.

Longitudinalmente, el trazado de estas líneas coincide con la disposición del relieve aragonés, que en líneas generales, coincide con la estructura del relieve peninsular presentada al comienzo de este punto. Así, en dirección N-S desde Canfranc, encontramos Los Pirineos y la Depresión del Ebro, unidades exteriores a la meseta, la Cordillera Ibérica, reborde de la meseta, y la entrada en la Meseta por la línea a Madrid.

La conexión con Francia[324] se realizó a través de la línea que con origen en Tardienta llega hasta Canfranc, y que fue construida en tres tramos. El primero entre Tardienta-Huesca, de 21, 654 km, puesto en servicio el 12 de septiembre de 1864. El segundo entre Huesca y Jaca, de 110,214 km, cuyos trabajos finalizaron el 1 de marzo de 1883. Por último, el tercero, entre Jaca y los Arañones de Canfranc, de 24,658 km, inaugurado el 18 de julio de 1928, si bien, se llegó a la explanada de los Arañones en 1920[325].

Como es sabido, los Pirineos son una importante cordillera montañosa con 435 km de longitud que discurre entre el Golfo de Vizcaya y el Cabo de Creus. El sector central corresponde a la parte aragonesa de la cordillera.

En sentido norte-sur, siguiendo el trazado de la línea desde Canfranc, se atraviesa perpendicularmente la estructura de dicha Cordillera, la zona axial, las sierras interiores, la depresión media y las sierras exteriores, orientadas, en líneas generales,

---

[323] Conecta en Tardienta (Huesca) con la línea Zaragoza-Lérida-Barcelona.

[324] La conexión con Francia se realizó por el túnel de Somport (7,871 km) que atraviesa desde el Valle de Canfranc al Valle de Aspe, fue finalizado el 21 de febrero de 1.915. La conexión transpirenaica se realizó desde la parte francesa de la estación de Arañales de Canfranc a través de cuatro vías de ancho U.I.C (1.435 mm), y por el túnel de Somport, el enlace con la red ferroviaria francesa en la línea Canfranc-Pau, de 93 km, puesta en servicio en 1.928. Fue cerrada a raíz del accidente ferroviario ocurrido en el puente de L'Estanguet entre las estaciones de Accous y Lescun (32 ‰), ocurrido el 27 de marzo de 1.970. El tramo Pau y Oloron-Sainte Marie (36 km) continúa en servicio.

En el Tramo entre Bedous y Canfranc (33,2 km), que incluye las estaciones donde ocurrió el accidente, nos encontramos con la sección más complicada de toda la línea Pau-Canfranc-Zaragoza. Asciende desde los 406 m de altitud de Bedous hasta los 1.196 m.s.n.m. de Canfranc (alcanzando los 1.212 m en el interior del túnel internacional). En varios tramos, que suman 7 km, alcanza pendientes de hasta 43 milésimas (43 ‰). Cuenta con quince túneles, entre los que destacan el internacional de Somport (7.871 m), el helicoidal de Sayerce (1.793 m) y el de Portalet (939 m), además, de siete puentes y viaductos.

[325] La estación de Arañales de Canfranc fue finalizada en enero de 1925.

en dirección ONO-ESE. Más hacia el sur, desde Ayerbe, entramos en la Depresión del Ebro en la zona de transición del somontano pirenaico con suaves y amplias depresiones erosivas denominadas hoyas. Fueron excavadas por los ríos pirenáicos entre los depósitos horizontales postalpinos del centro de la Depresión, al sur, y las últimas series plegadas de las sierras exteriores del Pirineo, al norte.

Por último, a partir de de Zuera aproximadamente, se entra propiamente en el centro de la Depresión del Ebro hasta Zaragoza. Con los relieves estructurales característicos de tipo tabular localizados en las áreas interfluviales del centro de la Depresión.

El *Pirineo Axial*, es el eje o núcleo de la cordillera y presenta las altitudes más elevadas de la misma, con cotas que superan los 3.000, como es el caso de Aneto (3.404 m), Posets (3.375 m), Monte Perdido (3.355 m) o Vignemale (3.298 m). Hacia sus márgenes navarro y catalán pierden progresivamente altura, estando delimitado por los Valles de Ansó y de Benasque, respectivamente.

Las *Sierras interiore*s componen un alargado eje de crestas calcáreas adosadas a la zona axial pero en un escalón topográfico inferior que nunca rebasa los tres mil metros de altura. Están dotadas de una fisonomía abrupta y escarpada sobre bandas de materiales mesozóicos y terciarios. Esta zona del territorio de la provincia de Huesca es la más alta del territorio aragonés. La estructura de la red fluvial[326] atraviesa las sierras interiores y exteriores formando valles que se encajan cortando transversalmente a dichas unidades en dirección norte-sur.

Podemos citar los valles de Hecho (río Aragón Subordán, hasta la Canal de Berdún), de Canfranc (río Aragón), de Tena (río Gállego), de Bielsa (río Cinca) y de Benasque (río Ésera). Así, desde la estación de Canfranc (1.194 msnm), situada muy próxima al borde occidental del pirineo axial, el trazado seguirá la estructura de la red fluvial. Discurrirá por el Valle de Canfranc hasta Jaca siguiendo el curso alto del río Aragón, a los pies de las sierras interiores meridionales de Aísa y de los Ángeles al oeste y de la Sierra de Baraguás al este.

El trazado para llegar a Jaca bordea la parte baja de la ladera occidental de Peña Collarada (2.883 m) por la margen izquierda del río Aragón hasta poco antes de la estación de Castiello de Jaca, donde cruza a la margen derecha por un tramo metálico. Desde Canfranc hasta Villanúa atraviesa nueve túneles (242 m, 419 m, 921 m, 498 m, 178 m, 113 m, 131 m, 66 m y 114 m). Además encontramos un puente para cruzar el Canal de los Asnos y dos tramos metálicos para los Barrancos de Ip y del Botal.

Entre Villanúa y Castiello el trazado atraviesa otros cinco túneles (393 m, 251 m, 375 m, 236 m y 867 m), un tramo metálico para salvar el Barranco de Arraugas, dos puentes y un viaducto. Hasta Castiello cruza a la margen derecha y, posteriormente, vuelve a la margen izquierda del río Aragón. Continúa hacia Jaca abandonando el valle del mencionado río aunque aún cruzará por un tramo metálico el Barranco de Isuez y otro puente más.

Una vez en Jaca el trazado continúa en dirección NO-SE por la *Depresión Intrapirenaica Media* hasta Sabiñánigo, desde donde sigue por el valle del río Gállego. Dicha depresión es un amplio corredor perpendicular a los altos valles pirenaicos y por tanto, paralela al eje de las sierras interiores a cuyo pie se desarrolla, excavada en rocas de escasa resistencia como son las margas gris-azuladas. Esta depresión, en territorio aragonés, está representada por *la Canal de Berdún*, una larga y estrecha depresión margosa que discurre en su mayor parte por el valle del río Aragón, y la *Val*

[326] La morfología de la red fluvial actual, instalada, probablemente, a lo largo del Plioceno y el Cuaternario ha estado ligada a la evolución climática. Las superficies de erosión y la cobertera molásica oligo-miocena fue el punto de partida para el progresivo encajamiento de dicha red. Sin embargo, la actividad erosiva alternaba con momentos sedimentarios de predominio de las descargas fluviales, como se puede apreciar por el amplio recubrimiento de niveles de glacis y terrazas fluviales en cuencas como las de los ríos Aragón y Gállego.

Ancha. Dicha depresión se extiende hacia el Pirineo Occidental, por la *Cuenca de Pamplona* y hacia el Pirineo Oriental por la *Conca de Tremp*. Desde la estación de Navasa hasta Canfranc encontramos la mayor rampa del trazado (23‰ en sentido par, hacia Canfrac) y, en sentido inverso entre Jaca y Navasa (del 18‰, en sentido impar hacia Zaragoza). Entre Huesca y Tardienta es mucho menor (9‰ en sentido impar entre Huesca y Tardienta, y del 12‰, en sentido par, entre Tardienta y Huesca).

Continua el trazado de Jaca a Sabiñánigo en dirección SE. En dicha sección atraviesa por un tramo metálico el río Gas, afluente del río Aragón por su margen izquierda, y por un puente el río Tulivana, afluente por la margen derecha del río Gállego. Para llegar hasta Huesca habrá de atravesar también las Sierras Exteriores, que constituyen el límite meridional de los Pirineos. Tienen una altitud inferior que el pirineo axial o las sierras interiores ya que alcanza su mayor cota en la Sierra de Guara con 2.078 m de altitud.

Es el dominio de los relieves estructurales modelados por la erosión diferencial. Su límite sur corresponde a los relieves, modelados sobre materiales detríticos terciarios (conglomerados) de San Juan de la Peña y Peña Oroel (1.769 m).

En Sabiñánigo el trazado se acomoda en las terrazas del curso medio del río Gállego hasta la estación de Caldearenas, donde lo atraviesa a su margen izquierda por un tramo metálico (117 m), discurriendo por la vertiente septentrional de las Sierras de Javierre, al este y Loarre al oeste. Entre ambas estaciones, además, vuelve a cruzar por un puente el río Tulivana y por un tramo metálico el Barranco Rapún. También atraviesa un túnel (164 m).

La orientación del trazado desde dicha estación, busca bordear los relieves situados en la vertiente meridional de las sierras exteriores prepirenaicas de Gabardiella, del Águila, de Gratal, de Caballera, de Javierre y de Loarre.

El sector meridional de las mencionadas sierras es la zona de contacto del piedemonte con las sierras exteriores pirenaicas, en donde la existencia de litologías más blandas ha propiciado un intenso excavado fluvial que ha generado formas turriculares conocida como Mallos. Su génesis es consecuencia de la ampliación de las fracturas verticales de los conglomerados. La vía atraviesa este sector entre las Sierras de Loarre al este, a los pies de los Mallos de Riglos, con 300 m de altura, y la de Santo Domingo, al oeste. Desde aquí abandona el valle del río Gállego para continuar hasta Ayerbe.

El fuerte desvío hacia el oeste que sufre el trazado poco después de Sabiñánigo, es a consecuencia de las grandes dificultades que ofrece el recorrido más corto a través del Puerto de Monrepós, entre las Sierras de de Belarre y Javierre, que sí siguen la carretera nacional N-330 y la autovía Mudejar A-23 (en nomenclatura europea, Ruta Europea E-07.). El trazado ferroviario y viario se separan a la altura de la estación de Orna incrementándose el recorrido por ferrocarril hasta Huesca en unos 40 kilómetros, aproximadamente, que el trazado por Zuera-Turuñana.

Entre las estaciones de Caldearenas y Riglos el trazado atraviesa siete túneles (14 m, 367 m, 421 m, 313 m, 316 m, 537 m y 144 m) y por un tramo metálico el río Matriz, afluente del río Gállego por su margen izquierda. También cruza el río Gállego dos veces, por sendos tramos metálico (63 m y 180 m), correspondiendo el segundo a la cola oriental del Embalse de la Peña, para discurrir por su marqen izquierda. Poco antes de Riglos aún cruza cuatro pequeños puentes en la ladera de los Mallos que desciende hacia el fondo del valle. A partir de aquí el trazado abandona los Pirineos entrando en la Depresión del Ebro por la zona de transición del somontano pirenaico.

Además, se va separando del valle del río Gállego, ya en su curso bajo, al que volverá en la provincia de Zaragoza, en dirección SE hacia las Hoyas de Ayerbe y de

Huesca[327]. Entre Riglos y Ayerbe atravesará los dos últimos túneles que hay en la línea (170 m y 57 m). También entre Plasencia del Monte y Huesca cruza por un tramo metálico (25 m) el río Sotón, afluente del río Gállego por su margen izquierda, y por un puente el río Venia afluente suyo por la margen izquierda. Desde Huesca, en dirección SE, atraviesa los Llanos de la Violada y llega a la estación de Tardienta donde conecta con la línea de Zaragoza a Barcelona—vía Lérida—.

Por último, para completar el trazado Norte-Sur por territorio aragonés, como se ha dicho, nos referiremos a la línea Zaragoza-Teruel-Sagunto, y su enlace con Valencia que discurre, por el puerto de Escandón, el paso natural de comunicación entre el valle del Ebro y Levante. La conexión con Zaragoza no se realizó hasta que se empalmó, por el valle del río Huerva y a través de la Cordillera Ibérica, con la Línea Calatayud-Sagunto en Caminreal. Se puso en servicio el 3 de marzo de 1933 (inaugurada el 2 de abril).

La línea comienza en la Depresión del Ebro, llega hasta Muel y continúa por el piedemonte ibérico hasta la Cordillera Ibérica en las inmediaciones a Encinacorba por donde la atraviesa en la discontinuidad que existe entre el sector zaragozano –extremo meridional de la Sierra de Algairén – y el turolense.

El sector turolense de la Cordillera Ibérica, que al noroeste comienza en la Sierra de Cucalón, un poco más al sureste de Daroca, presenta una mayor homogeneidad topográfica que el zaragozano, aunque tiene contiuidad por las grandes unidades en dirección NO-SE. El tramo más septentrional es el formado por las Sierras de Cucalón y San Just, y el más meridional por las Sierras de Menera y de Albarracín. Ambos ramales culminan de una forma discontinua en las cotas más elevadas de la provincia, como son las Sierras de Gúdar en el ramal norte y la de Javalambre en el ramal sur.

Atravesada la parte septentrional de la Cordillera el trazado discurre por la fosa tectónica de Calatayud-Montalbán y cruza la fosa de Alfambra-Teruel, ambas formadas durante el Neógeno en fases distensivas de la tectónica alpina y que presentan importantes espesores de series detríticas, yesos y calizas. Posteriormente, continúa por el valle del río Palancia, dejando la Sierra de Espadán al noreste, hasta Sagunto. La línea Zaragoza-Teruel-Valencia, propiamente dicha, comienza en Bifurcación Teruel desde la Ronda Sur Ferroviaria[328].

---

[327] Entre ambas estaciones se encuentra la estación de Turuñana. Fue la estación de empalme de la extinta conexión directa de la línea de Canfranc con origen en la estación de Zuera.

[328] Antes de la construcción de la ronda sur ferroviaria la línea comenzaba en la antigua estación de Zaragoza Delicias. Dicha estación fue construida en 1930 por la compañía del Ferrocarril Central de Aragón como estación término de la línea Zaragoza-Caminreal de 121 km de longitud, cuya inauguración se realizó el 2 de abril d 1933.

El trazado de la línea salía de la estación por el noroeste bordeando la ciudad por el oeste, pasado el Canal Imperial de Aragón, por el punto que sale de la ciudad la carretera de Valencia, hasta conectar en el suroeste con el Valle del río Huerva. Si bien circunvaló la ciudad, puesto que el plano urbano todavía no alcanzaba esos límites, en el Plano de Borobio y Beltrán de 1938 se puede apreciar como la vía corta el barrio Oliver. Este barrio obrero comenzó su crecimiento en 1915 con la parcelación de los terrenos propiedad del Padre Oliver ante la llegada de población procedente del éxodo rural, que buscaba mejorar sus condiciones de vida y que alimentó el proceso de industrialización de Zaragoza.

El trazado aprovecho en muchos tramos el del ferrocarril de vía métrica, de 46,723 m. de longitud, que unía Zaragoza con Cariñena, construyéndose la nueva vía a ambos lados del de vía estrecha. Fue realizado para comercializar los vinos y productos agrícolas de la comarca de Cariñena y los municipios del Valle del Huerva. Se inauguró el 10 de agosto de 1887 y se clausuró el 28 de febrero de 1933 poco antes de la entrada en servicio del de ancho ibérico a Caminreal.

La estación término en Zaragoza, de reducidas dimensiones, se denominó Estación de Cariñena. Se situaba entre la Calle de Santander y la Calle de Cariñena, próxima a la estación de M.Z.A. de Campo de Sepulcro, en el barrio homónimo desarrollado en su entorno. El

Únicamente es accesible en sentido par, es decir, por el oeste a dicha ronda (lado Casetas), no desde el este, por La Cartuja, que no permite el acceso a la línea. Desde la Bifurcación Teruel el trazado entra en el valle del río Huerva, *La Huerva,* y continúa por el tramo inferior del valle hasta la estación de Muel en que lo abandona. Discurre por la margen izquierda del mencionado río sobre las terrazas medias (T_3) y bajas (T_2) [329].

Hacia el norte y nordeste el valle entra en contacto con una zona arcillosa, salpicada de cerros y colinas, y las plataformas tabulares marginales de La Muela (627 m) y La Plana (652 m). En la margen derecha existe una amplia red de barrancos en "V" que modelan un paisaje de *bad-lands*, como el Barranco de Las Almunias.

En la margen izquierda son barrancos de fondo plano (*vales*). A partir de Muel el trazado entra en el piedemonte ibérico, formada por cantos cuarcíticos procedente de las sierras ibéricas y una matriz arcillosa roja, que asciende en suave rampa desde los relieves tabulares de las muelas de la Depresión del Ebro hasta las primeras sierras de la Cordillera Ibérica. Al sureste de Cariñena las sierras de Algairén, Paniza, Vistabella, Peco y Herrera dibujan un amplio arco montañoso muy fragmentado que señala el límite de la Depresión del Ebro con la Cordillera Ibérica en esta zona.

El trazado asciende por el extenso glacis al sureste de la Sierra de Algairén hasta la estación de Encinacorba atravesando dos túneles (179 m y 371 m) poco antes de dicha estación. Cruza la Cordillera Ibérica entre las Sierras de Algairén y Modorra, pertenecientes al sector zaragozano de dicha cordillera, y la pequeña Sierra del Peco, en el extremo occidental del sector turolense de la misma. En el tramo entre Encinacorba y Villarreal de Huerva, atraviesa siete túneles (77 m, 104 m, 160 m, 61 m, 160 m, 875 m y 97 m) y un viaducto (Arroyo de Villalpando).

El trazado vuelve a discurrir en un pequeño tramo por el Valle del río Huerva hasta Ferreruela de Huerva donde lo abandona definitivamente, entrando en el Valle del río Jiloca, afluente del río Jalón por su margen derecha, como ya se dijo. Desde la mencionada estación hasta Calamocha atraviesa un túnel (818 m), un viaducto y un tramo metálico.

---

trazado discurrió hacia el oeste por la Calle de Santander, la Avenida de Duquesa Villahermosa que, virando hacia el sur, continuó por los terrenos del Seminario y la Calle La Vía en el barrio de Casablanca. Una vez atravesado el Canal Imperial de Aragón, siguió por Valdespartera, Cadrete, María de Huerva, Muel, Longares y Cariñena.

En sentido Barcelona, la estación de Zaragoza Delicias del Ferrocarril a Caminreal, estaba conectada mediante un ramal de 2,213 km que la unía a una vía interior de paso por la estación de clasificación de La Almozara (cerrada 1 de julio de 2006). A su vez, dicha vía conectaba con la estación de Zaragoza Campo Sepulcro. Hubo otro ramal de 1,443 km que conecto directamente Zaragoza Delicias a la mencionada estación de clasificación de La Almozara. Fue puesto en servicio el 1 de julio de 1.976 cuando se le incorporaron a Zaragoza Delicias las funciones de estación centro y las instalaciones necesarias (estación de transporte de paquetería).

Actualmente, la estación remodelada en 2003 se conserva anexa a la moderna estación intermodal de viajeros, ha cambiado de función ferroviaria y es sede del C.R.C. (Centro de Regulación y Control) de la sección Madrid-Barcelona de la línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona-Frontera Francesa.

[329] Yetano, M. (1978, pp. 8-10), establece seis niveles de terrazas entre Zaragoza y Mª de Huerva, donde se alternan estratos de yesos, margas y arcillas. El autor gradúa los niveles de terrazas según su altura sobre el cauce del río, de menor a mayor al igual que Van Zuidam (ver nota 309, p. 428); en nuestro caso, invertimos la notación, de mayor a menor en función de su cronología de formación, si bien, respetando la cronología y las alturas consideradas por el autor. T_1 (T-V): 120 m, T_2(T-IVb): 95 m, T_3 (T-IVa): 80 m, T_4 (T-III): 60 m, T_5 (T-II): 30 m y T_6 (T-I): 2 m.

En este tramo también se encuentra la estación de Caminreal que, como ya se indicó al tratar la línea de Madrid a Zaragoza, conectaba con Calatayud en la línea original a Sagunto y Valencia. A partir de Calamocha el trazado discurrirá por la fosa tectónica terciaria intramontana de Calatayud-Montalbán, orientada en sentido NO-SE, entre las Ramas septentrional y meridional de la Cordillera Ibérica por donde fluye el río Jiloca.

Entre Calamocha y Cella se encuentra la estación de Santa Eulalia del Campo de la que salía un ramal hasta Montiel[330] en las proximidades de Ojos Negros de 31,2 km y hoy cerrado. El ramal atravesaba la Sierra de Almohada y llegaba hasta Sierra Menera en el límite con la provincia de Guadalajara. Poco antes de Cella, el trazado que ha discurrido por la margen izquierda del río Jiloca lo cruza a su margen derecha. En Cella[331] el trazado deja el Valle del río Jiloca y continúa hasta Teruel por el valle del pequeño río Madre (Arroyo de Caudé) situado entre las terrazas de los ríos Guadalaviar y Alfambra.

Desde Teruel hasta pasada la estación de Caparrates cruza otra fosa terciaria, la Depresión de Alfambra-Teruel, orientada en dirección NNE-SSO. En este tramo atraviesa dos viaductos y un túnel (139 m). El trazado encuentra desde aquí fuertes rampas en su ascenso a Puerto Escandón (1.230 m) por donde atraviesa la Sierra de Camarena. En este tramo encontramos la rampa característica de mayor pendiente de la línea en sentido Teruel-Sagunto (sentido impar, 24 ‰). Entre Zaragoza y Teruel, en este mismo sentido, la rampa máxima se encuentra en el tramo Cariñena-Villarreal de Huerva en su cruce de la Cordillera Ibérica (sentido impar, 20 ‰).

En sentido contrario la mayor rampa se encuentra en la provincia de Castellón en el tramo Jerica-Viver a Barracas (sentido par, 24 ‰) en que el trazado en su ascenso desde la costa mediterránea alcanza el altiplano de Barracas. Entre Teruel y Zaragoza las rampas máximas se encuentran de nuevo al atravesar la Cordillera Ibérica en el tramo entre Navarrete y Ferreruela (sentido par, 19 ‰).

En la sección Puerto Escandón-Barracas, que discurre por las estribaciones orientales de la Sierra de Javalambre, el trazado aun atraviesa tres túneles (30 m, 186 m y 179 m) y siete viaductos. Una vez en la provincia de Castellón, cuyo límite se encuentra entre Albensosa y Barracas (km 192+500 de la línea), el trazado seguirá el Valle del río Palancía, que desemboca próximo al Grao de Sagunto en el Mar Mediterráneo, enlazando con la línea Tarragona-Valencia.

---

[330] El ramal conectó con el ferrocarril minero de Ojos Negros a través de 5,8 km de vía. Dicho ramal se construyó en ancho ibérico por lo que se realizaron obras de cambio de ancho en el ferrocarril minero de ancho métrico. Se inauguró en mayo de 1972 y el 1 de julio de 1972 y se cerró el ferrocarril minero de Ojos Negros. La Compañía Minera de Sierra Menera se extinguió el 29 de septiembre de 1987 que trajo como consecuencia el cierre del ramal.

El Ferrocarril Minero de Ojos Negros a Sagunto tuvo una longitud de 208 km en ancho métrico. Su trazado, que discurrió desde los yacimientos de hierro de Ojos Negros en Sierra Menera y el puerto de Sagunto es prácticamente paralelo a la línea del Central de Aragón. Ambos trazados se entrecruzan en cinco ocasiones, el minero lo cruza por encima, en la estación de Cella y en las proximidades de las estaciones de Sarrión y Sagunto, por debajo en las proximidades de Masadas Blancas y Segorbe. Fue abierto al tráfico el 27 de julio de 1906 y cerrado el 1 de julio de 1972.

Puntualizaremos que también se extraía hierro en la explotación minera del municipio de Setiles en la provincia de Guadalajara a través del Túnel “Montiel”, de 1.802 m. de longitud y abierto en 1.925, que comunicaba la vertiente castellana y aragonesa de la sierra. El conjunto de la explotación contaba con 22 minas que cubrían una extensión de 1.400 Ha.

[331] Existe una cierta polémica sobre el nacimiento del río Jiloca, que algunos autores sitúan en la surgencia de los Ojos de Monreal y otros en el pozo artesano de la Fuente de Cella. Los caudales máximos se sitúan entorno a los 760 l/s y 3.500 l/s, respectivamente.

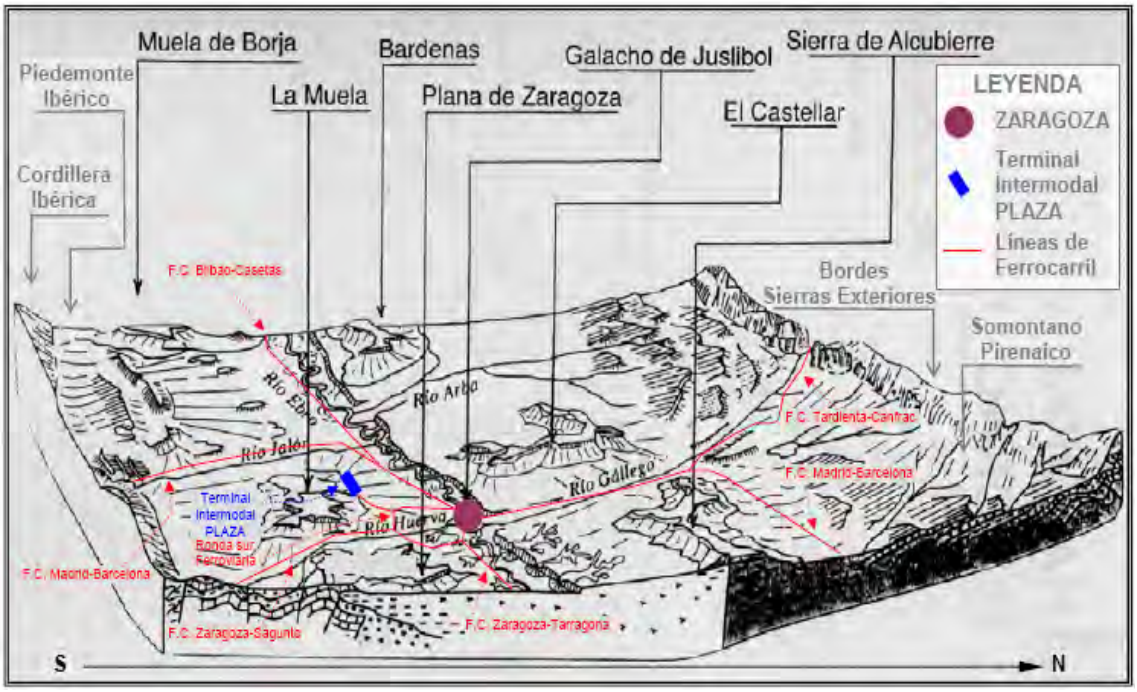
Finalizaremos este punto con la Ronda Sur Ferroviaria que, como se ha visto con anterioridad, conecta todas las líneas del nodo ferroviario que es Zaragoza, bordeando la ciudad por el oeste y el sur, así como, la Plataforma Logística Plaza por el este. Fue puesta en servicio el 7 de febrero de 2003, evitando así el paso de los trenes de mercancías por la nueva estación intermodal de Zaragoza Delicias.

El primer AVE inaugural entre Madrid y Lérida circuló el 24 de febrero de 2003. También se cerró la estación de Zaragoza El Portillo el 20 de mayo de 2005, que como ya se dijo, reabrió el 11 de junio de 2008 una vez remodelada como estación subterránea para los trenes de cercanías y regionales.

La línea comienza en la estación del C.I.M. (Centro Intermodal de Mercancías), situada en el tramo Casetas-Zaragoza Delicias desde donde se bifurca la vía en sentido par. También se accede desde Zaragoza Delicias por otra bifurcación a la que se conecta desde Zaragoza Delicias en sentido impar. Ambos ramales coinciden en la bifurcación C.I.M. (aguja km 0+700).

Dicha estación ya no tiene personal desde mayo de año 2008, con la puesta en marcha de la Terminal Intermodal de Zaragoza Plaza, cuya apertura se realizó el 20 de mayo de 2007, si bien, no comenzó a operar con normalidad hasta el mes de mayo de 2008. El C.I.M. ha quedado únicamente para operaciones de circulación de trenes, que se regulan desde el C.T.C. (Control de Tráfico Centralizado) situado en el Puesto de Mando de la red convencional de Zaragoza Portillo. El trazado asciende en dirección sureste desde la terraza baja del Ebro (T_4), en que esta situada la bifurcación C.I. M., hasta el punto donde se bifurca la línea hacia la Terminal Intermodal de Zaragoza Plaza (bifurcación Plaza). La bifurcación se sitúa a 281 m de altura, ya en la terraza alta (T_2) (ver mapa 6-10 y figuras 6-2 y 6-3).

Figura 6-2. Bloque diagrama del sector central de la Depresión del Ebro (Zaragoza) y situación de líneas ferroviarias de acceso a la ciudad de Zaragoza



Fuente bloque diagrama:F. Pellicer Corellano y Mª T. Echeverría, en O. Conde Campos y C.E. Pérez Collados (coord.), 1996, figura 1, p. 18, ANSAR, Zaragoza.
Elaboración propia

Desde aquí el trazado vira hacia el noroeste hasta la Terminal Intermodal de Plaza[332], situada en el paraje denominado Dehesa del Bohalar, que se encuentra sobre este nivel de terraza (300 m), en el glacis de acumulación asociado a la misma (G_2)[333]. En las inmediaciones es posible apreciar algunos afloramientos de caliche o "calcrete"[334].

Señalaremos que la terminal se sitúa al pie de la plataforma estructural de la Muela (621 m). Se pueden distinguir aún los relieves de la terraza alta (T_1) y el glacis alto de acumulación (G_1), así como, otros niveles de glacis de erosión y el escarpe, puesto que dicho relieve tabular se encuentra enclavado muy próximo en dirección sureste.

En bifurcación plaza el trazado se desvía hacia el sureste y bordea los relieves de *badlands* y *vales* que orlan Zaragoza por el sur. El siguiente desvío que encontramos es bifurcación Teruel, distante cinco kilómetros, y puesta en servicio el 5 de abril de 2003. Dicha bifurcación está situada en la terraza alta (T_2) y alcanza una altura de 302 m, el punto más alto de la Ronda Sur. A través de ella, a los pies del Cabezo de Casellas (372 m), se accede por debajo de la propia Ronda Sur a la línea de Teruel y Valencia hasta alcanzar las terrazas del río Huerva por donde discurre el trazado.

Desde bifurcación Teruel el trazado atraviesa el nodo viario de la autovía A-23, y sus accesos en ambos sentidos, desde y hacia, el cuarto cinturón de Zaragoza Z-40 (5 calzadas en dos niveles) por un viaducto de 120 m. Poco más adelante cruza el mencionado río Huerva y la nacional N-330 por un viaducto de 1.111 m.

A partir de aquí, el trazado recorre 6,3 km y llega a la bifurcación La Cartuja (aguja km 23+500) en que el trazado conecta en dirección sureste con la línea a Barcelona—vía Caspe—.

---

[332] En la actualidad la terminal se encuentra en "culo de saco", es decir, con un único acceso desde la mencionada bifurcación plaza. En marzo de 2009 se presentó un estudio realizado para el Ministerio de Fomento por Ayesa para conectar la terminal de Zaragoza Plaza con la línea de Madrid por el suroeste.

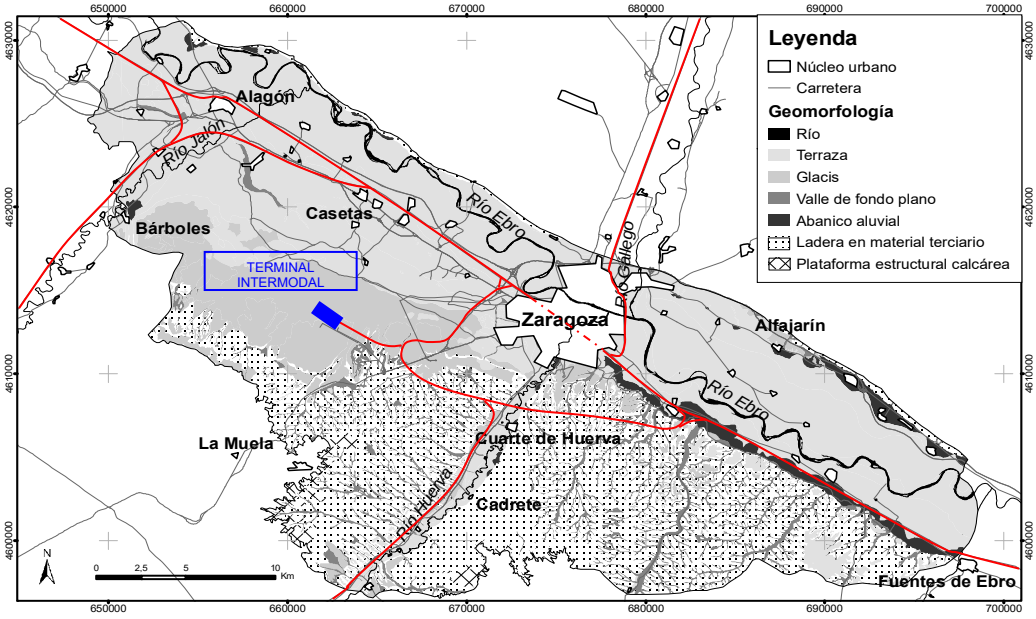
El 6 de septiembre de 2010 se publicó en el B.O.E. (nº 216) la declaración de impacto ambiental favorable a la realización del proyecto de la Ronda sur ferroviaria de Zaragoza, siempre y cuando se autorice en la alternativa cuyo trazado discurre por los términos municipales de Pleitas, Bardallur y Bárboles (tramo 1, alternativa C); sigue próxima a la línea de Alta Velocidad hasta la Urbanización Los Cipreses y la Base Aérea hasta enlazar con las vías de la Terminal de Plaza (tramo 2, alternativa A) y desde bifurcación Teruel duplica la vía única hasta la bifurcación La Cartuja (aguja km 23+371). La vía también se duplica desde aquí por el ramal que conecta con la línea Zaragoza-Caspe en el entorno del enlace (aguja km 351+114) y desde la Estación de La Cartuja hasta dicha bifurcación, sin embargo, no lo hace en el ramal hacia la estación de La Cartuja desde bifurcación La Cartuja.

[333] Hemos considerado tres niveles de glacis: bajo G_3, medio G_2 y alto G_1. Forman parte del sistema de terrazas-glacis. Cada uno de ellos se ha asociado a un nivel de terrazas: T_3, T_2 y T_1, respectivamente (la terraza T4 no presenta ningún glacis al estar muy antropizada). Nos hemos basado en el sistema que representa R. Van Zuidam (1980, figura 1, p. 107).

Señalaremos que L. M. Frutos (1976, p.48), indica sólo dos niveles GIII y GII, superior e inferior, respectivamente.

[334] El caliche o calcrete se forma por un proceso secundario que enriquece de carbonato cálcico las calizas en neoformación en el interior del suelo. Es posible encontrar desde cementaciones blandas hasta costras laminares endurecidas.

Mapa 6-10. Mapa geomorfológico de sector central de la Depresión del Ebro (Zaragoza) y situación de líneas ferroviarias de acceso a la ciudad de Zaragoza

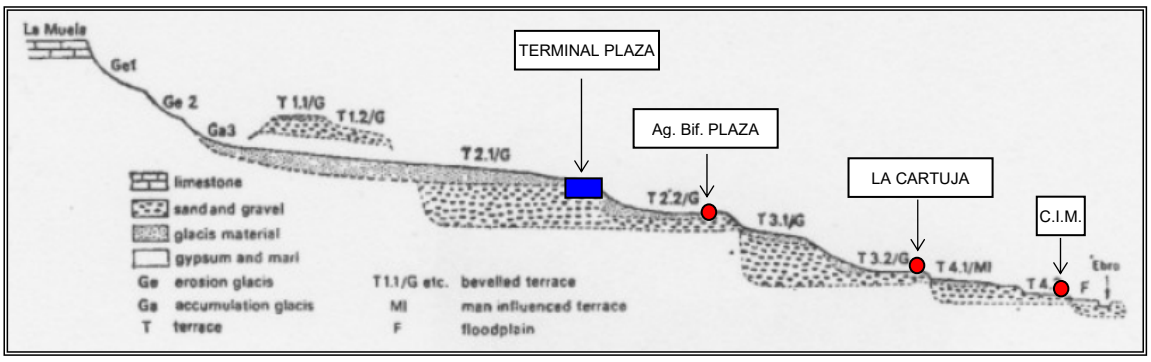


Fuente mapa base: Lamelas Gracia, M. T. (2007, figura 2, p. 85).
Elaboración propia

En dirección noreste llega a la estación de La cartuja (km 351+100) y, poco más adelante, alcanza la bifurcación Miraflores (aguja km 345+600), que da acceso, bien hacia Zaragoza Delicias en dirección noroeste, o bien, en dirección noreste hacia la línea de Barcelona—vía Lérida—.

En el tramo entre la estación de la Cartuja y la aguja del km 23+500 se encuentra la rampa máxima de la Ronda Sur, en sentido de circulación impar, es decir, de La Cartuja hacia el C.I.M; su rampa es de 18 ‰. Es debido a la pendiente del10 ‰ de los glacis que existen, entre las terrazas T_3 y T_2, y que ha de superar el trazado (ver figura 6-3). En el otro extremo de la Ronda, en la aguja del C.I.M. y en el mismo sentido de circulación, la rampa es de 16 ‰, pendiente más pronunciada que en el extremo sureste de La Cartuja, ya que en la línea Madrid-Zaragoza con la que conecta, la rampa máxima es de 0 ‰. En este caso, el trazado asciende de la terraza T_4 a la T_3 en tan solo 700 m.

Figura 6-3. Bloque diagrama de terrazas y glacis en el sector central de la Depresión del Ebro (Zaragoza) y situación de líneas ferroviarias



Fuente bloque diagrama: Van Zuidam, R. (1980, figura 1, p. 107).
Elaboración propia

Por su parte, en el sentido de circulación par, la rampa máxima de la Ronda Sur es de 17 ‰, en sus dos extremos y a lo largo de todo el tramo. La pendiente más pronunciada se encuentra en el extremo norte, donde al igual que en el sentido impar, conecta con la línea Madrid-Zaragoza. En cuanto a la conexión de la Roda Sur con la línea Zaragoza-Sagunto, a la rampa que existe es de 15 ‰

En cuanto a las posibilidadasdes de capacidad de la línea, señalaremos que el trazado desde bifurcación Teruel hacia La Cartuja (13,319 km, el 53, 92 % de toda su longitud), es en vía única, así como las otras líneas a las que conecta. Sólo tenemos vía doble desde Zaragoza Delicias hacia la línea de Madrid y Alsasua-Bilbao.

El tramo de la Ronda Sur con vía única genera dificultades para la circulación en los periodos de saturación horaria de los cantones. Por ello, entre bifurcación Teruel y La Cartuja se construyó una "vía de eficacia" o de "adelantamiento" que entró en servicio a principios del año 2006. Dicha vía, tiene como objetivo aumentar la capacidad de la Ronda sur permitiendo el apartado de trenes para cruces y adelantamientos.

En el resto de las líneas, con la construcción de la línea de Alta Velocidad entre Madrid-Lérida-Tarragona-Barcelona-frontera francesa[335], se liberaron las líneas de la red convencional Madrid-Zaragoza, Zaragoza-Barcelona y Zaragoza-Tarragona para las mercancías. También en el resto de España, a medida que se desarrolla la red de alta velocidad sucede lo mismo.

En el caso de Zaragoza, así como, en otras ciudades que disponen de núcleo de cercanías, la circulación de estos trenes está sujeta a altos niveles de frecuencia y puntualidad, dificultando que durante sus horarios de servicio, las mercancías puedan interferir en sus surcos de circulación. Además, señalaremos, que los dos túneles ya mencionados de las avenidas de Goya y de Tenor Fleta al ser su trazado en vía única también dificulta la circulación de los trenes de mercancías en ese tramo. Por ello, y para que no circulasen las mercancías peligrosas por el centro de la ciudad, entre otras razones, se construyo la ya citada Ronda Sur Ferroviaria.

Tiempo atmosférico[336], clima y operaciones ferroviarias

Las condiciones meteorológicas, como es conocido por la experiencia, afectan al funcionamiento de los sistemas de transporte de los que todos dependemos. Sin

[335] Indicaremos que dicha línea de Alta Velocidad fue realizada por tamos y el primer tren del AVE que circuló e inauguró el servicio, se realizó el 24 de febrero de 2003 entre Madrid y Lérida.

Por otra parte, en cuanto a las mercancías por la red de Alta Velocidad, como ya se ha dicho, el 21 de diciembre del año 2010, se abrió al servicio ferroviario el tramo Barcelona-Figueras (ancho UIC y ancho ibérico; trazado con tercer carril). Sin embargo, fue el 21 de enero del año 2011, cuando circulo el primer tren en acho estándar U.I.C desde el puerto de Barcelona cargado con contenedores; su destino fue la terminal francesa de Vennisieux en Lyon.

[336] Se ha considerado recordar una de las muchas definiciones de tiempo y clima, puesto que, a lo largo del punto se usarán ambos conceptos. **Tiempo Atmosférico**: "…conjunto de valores que en un momento dado y en un lugar determinado caracterizan el estado atmosférico." (Pita, 1997, p.9). Es decir, es el comportamiento de la atmósfera en un lugar concreto y en un breve periodo de tiempo cronológico (pocas horas o pocos días). **Clima**: "…conjunto de tendencias resultantes de condiciones habituales durante un largo periodo, que como mínimo se suele establecer en treinta años." (ibidem). El clima sería lo característico y habitual de la atmósfera, desde el punto de vista del tiempo atmosférico sobre un lugar. Con una base estadística pueden calcularse los valores medios, las frecuencias y los valores extremos, entre otras cuestiones, lo que permite el cálculo de la probabilidad de la ocurrencia de los distintos estados de la atmósfera (presión, humedad, temperatura, viento, etc.) sobre un punto o una región concreta.

embargo, en Aragón los fenómenos atmosféricos no pueden considerarse extremos, por lo tanto, los impactos sobre el subsistema ferroviario causan, en general, daños de escasa consideración, aunque pueden darse situaciones de riesgo más elevadas, que en algunas ocasiones podrían ocasionar daños elevados.

Es más habitual que los fenómenos atmosféricos causen perturbaciones y desajustes sobre el subsistema ferroviario, que en ocasiones pueden ser más severos e incluso persistentes, en función de la intensidad y duración de dichos fenómenos. De dichos fenómenos, prestaremos más atención a algunos de ellos que pueden generar mayor riesgo para el ferrocarril en Zaragoza. Asimismo, realizaremos un breve boceto del clima de Aragón para poder situar el clima de la ciudad con mayor precisión. El clima de Aragón como todos los climas, es consecuencia de la interacción de una serie de factores geográficos y dinámicos[337].

Está sujeto a la dinámica atmosférica propia de las latitudes medias y la influencia que ejerce la orografía, con potentes relieves en los extremos y una amplia depresión en su interior, que modifican la circulación atmosférica regional.

Así, los factores del clima en Zaragoza[338], en el centro de la depresión citada, hacen que tenga un clima mediterráneo de acusada tendencia continental con una pronunciada amplitud térmica diaria y también estacional, con inviernos fríos y veranos calurosos (ver diagrama 6-1). Dicha variabilidad afecta a los distintos elementos del subsistema ferroviario por los procesos asociados de contracción y dilatación.

Su pluviometría, propia de este clima, es reducida, como consecuencia del predominio de situaciones anticiclónicas durante el verano y parte del invierno. La primavera y el otoño son estaciones más favorables para el paso de las borrascas atlánticas y sus frentes asociados, sin embargo, al llegar muy debilitadas por las barreras montañosas que rodean la Depresión del Ebro tampoco se producen más lluvias. Sin embargo, si que se producen algunas fuertes tormentas a lo largo del año.

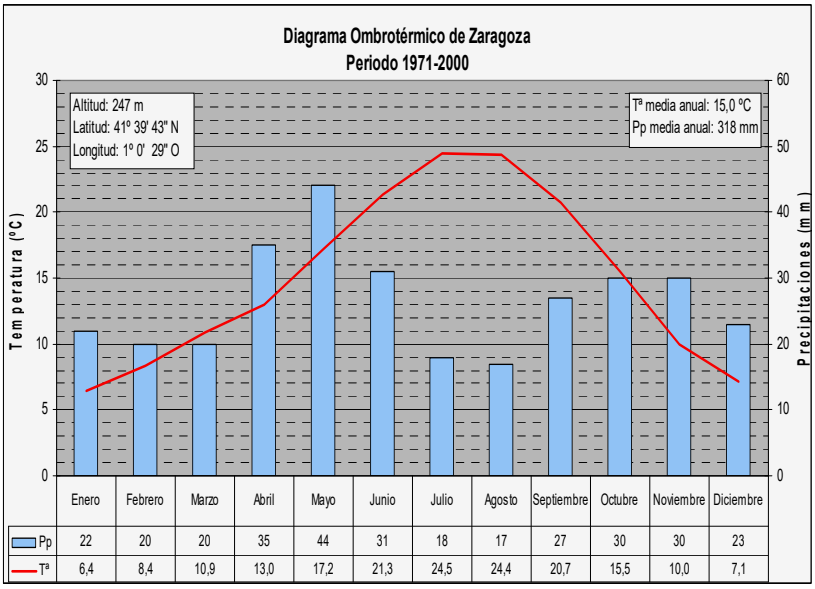
---

[337] **Factores del clima**: conjunto de mecanismos e influencias que determinan las condiciones climáticas de un lugar (López Martín, F., Cabrera Mollet, M. y Cuadrats Prats, J. M., 2007, p. 13).

Los factores son de tres tipos astronómicos, geográficos y dinámicos. Los primeros, la oblicuidad del eje de la tierra, la excentricidad de la órbita de la tierra o la curvatura de la tierra; los segundos, la distribución de las tierras y el agua, y la orografía; los terceros, la circulación del aire, en función de la latitud, que define las condiciones generales de la circulación atmosférica a nivel planetario, entre la línea ecuatorial y los polos, y de la longitud, que regula un sistema de circulación atmosférica Este-Oeste.

[338] Según la clasificación climática de Köppen, el clima de Zaragoza es del tipo BSk, es decir, clima seco, subtipo estepario frío. Las características de este clima son: temperatura media anual inferior a 18º C y precipitaciones en centímetros para el caso de Zaragoza, entre otros, iguales o inferiores a 2(t+7).

Gráfico 6-1. Diagrama Ombrotérmico de Zaragoza



Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
http://www.aemet.es/es/elclima/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=9434&k=arn
Elaboración propia

El aire tanto frío como cálido en situaciones de tipo anticiclónico se estanca en el fondo del centro de la depresión agravando los efectos térmicos de las estaciones.

- *En verano*, el calentamiento del aire en el interior de la depresión eleva considerablemente las temperaturas provocando enérgicas tormentas locales, que pueden ocasionar fuertes chubascos cuando en las capas altas de la atmósfera coinciden con el paso de una vaguada fría[339] o con situaciones de gota fría; en los casos de convección severa, con gran liberación de energía, pueden presentar fuertes vientos así como granizo que puede alcanzar gran tamaño y altas intensidades.

- *En invierno*, el aire frío puede permanecer detenido semanas, hasta llegar a originar una fuerte inversión térmica[340], muchas veces, con intensas nieblas de irradiación y fuertes heladas nocturnas.

[339] Una **vaguada fría** constituye una zona inestable donde el aire, mucho más húmedo y cálido que en las zonas anticiclónicas vecinas, se ve obligado a ascender debido a la mayor temperatura y menor densidad que el de las cuñas anticiclónicas. Dan origen a la formación de nubes de gran desarrollo vertical y a lluvias.

Una **gota fría** es una depresión cerrada en las capas medias de la troposfera (unos 5.500 m.) que tiene un mínimo de temperatura en su centro y que no coincide con una depresión en superficie.

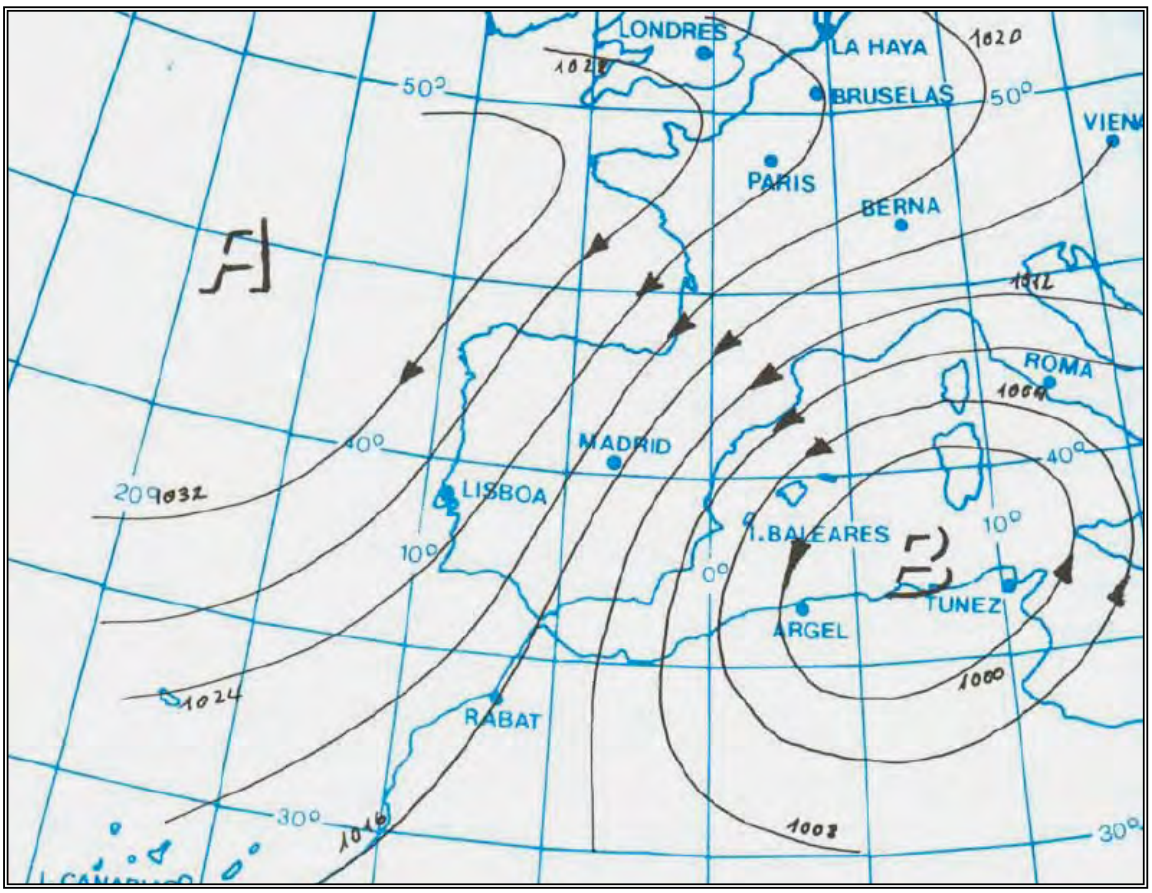
[340] La **inversión térmica** es un fenómeno natural que constituye una anomalía en la distribución en altura de la temperatura de la atmósfera. Se produce cuando una capa de aire caliente queda aprisionada entre dos capas de aire frío, impidiendo la libre circulación atmosférica.

Se presenta durante todo el año, pero sobre todo durante el invierno en las noches despejadas en la que por efecto de la radiación térmica se enfría rápidamente el suelo y la capa de aire que está en contacto con él. Así, en la zona de inversión (capa de inversión) el aire no puede ascender, porque es más frío y, por tanto, más denso que el de la capa superior. Este fenómeno puede darse en superficie y en altura.

El viento no sólo se presenta cuando se producen tormentas, es un meteoro que se manifiesta con frecuencia e intensidad en Zaragoza en cualquier época del año.

Denominado *cierzo*, es un viento de gradiente isobárico (diferencia de presión atmosférica), que se aprecia en los mapas de superficie, porque las isobaras cortan perpendicularmente el Valle del Ebro.

Mapa 6-11. Viento del Noroeste (Cierzo) en el Valle del Ebro



Fuente: García de Pedraza, L. y Reija Garrido, A, 2000, figura 7.4., p. 1994

Aparece en situaciones atmosférica de altas presiones en las Islas Británicas y el Golfo de Vizcaya, y bajas presiones sobre las Islas Baleares (ver mapa 6-11). Suele coincidir con bolsas de aire frío en los mapas de altura. Su procedencia tiene dirección oeste-noroeste (ONO) al ser encauzados los flujos de los vientos del norte y del oeste por el corredor del Valle del río Ebro en el centro de la Depresión, que discurre en dirección NO-SE. Al mismo tiempo es acelerado por el "efecto embudo", como consecuencia de su encajamiento en el Valle, lo que intensifica sus ráfagas. La frecuencia del cierzo es del 47% en el conjunto de direcciones del viento que se manifiesta en Zaragoza.

En cuanto a las afecciones de los fenómenos atmosféricos sobre el subsistema ferroviario, señalaremos que tienen una doble vertiente. Por una parte, sobre las infraestructuras, puesto que su diseño y construcción ha obedecido a la optimización con arreglo a las condiciones climáticas esperadas.

Por otra, sobre la operativa de la circulación de los trenes y de las terminales ferroviarias. Por ello, las decisiones operativas diarias en el sector del transporte deben tomar en consideración las condiciones meteorológicas para realizar ajustes.

Así, algunas compañías ferroviarias tienen sistemas de vigilancia[341] y protocolos de actuación que permiten reconocer los riesgos y responder de forma adecuada para mitigar los efectos de los fenómenos meteorológicos adversos.

En el caso español, Adif mediante el convenio sucrito con la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), se apoya en los instrumentos de predicción y avisos que el Estado, por medio de dicha agencia, pone a disposición de las Instituciones, Organismos y ciudadanos en general. Se trata de la denominada "Meteoalerta", el Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos (ver tabla 6-6).

Tabla 6-6. Meteoalerta. Umbrales de riesgo de los fenómenos meteorológicos

ZONA	PROVINCIA	Tª Máxima			Tª Mínima			Vientos		
		Amarillo	Naranja	Rojo	Amarillo	Naranja	Rojo	Amarillo	Naranja	Rojo
Pirineo oscense	Huesca	34	37	40	-6	-18	-14	80	100	140
Centro de Huesca	Huesca	36	39	42	-4	-8	-12	70	90	130
Sur de Huesca	Huesca	36	39	42	-4	-10	-12	70	90	130
Albarracín y Jiloca	Teruel	36	39	42	-6	-10	-14	80	100	140
Gúdar y Maestrazgo	Teruel	36	39	42	-6	-8	-14	80	100	140
Bajo Aragón de Teruel	Teruel	36	39	42	-4	-8	-12	70	90	130
Cinco Villas de Zaragoza	Zaragoza	36	39	42	-4	-8	-12	70	90	130
Ibérica zaragozana	Zaragoza	36	39	42	-4	-8	-12	80	100	140
Ribera del Ebro de Zaragoza	Zaragoza	36	39	42	-4	-8	-12	70	90	130
		Precipitación 12 h			**Precipitación 1h**			**Nevadas (cm)**		
Pirineo oscense	Huesca	40	80	120	15	30	60	5	20	40
Centro de Huesca	Huesca	40	80	120	15	30	60	2	5	20
Sur de Huesca	Huesca	40	80	120	15	30	60	2	5	20
Albarracín y Jiloca	Teruel	40	80	120	15	30	60	5	20	40
Gúdar y Maestrazgo	Teruel	40	80	120	15	30	60	5	20	40
Bajo Aragón de Teruel	Teruel	40	80	120	15	30	60	2	5	20
Cinco Villas de Zaragoza	Zaragoza	40	80	120	15	30	60	2	5	20
Ibérica zaragozana	Zaragoza	40	80	120	15	30	60	5	20	40
Ribera del Ebro de Zaragoza	Zaragoza	40	80	120	15	30	60	2	5	20

Fuente: Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino, 2009, p. 28.
http://www.inforiesgos.es/ficheros_comunes/documentos/meteoalertav4_2009.pdf
Elaboración propia

La posibilidad que tiene la Agencia de hacer predicciones ajustadas a determinados meteoros y a determinadas zonas geográficas, facilita considerar únicamente determinados fenómenos atmosféricos para cada tramo de la red ferroviaria, porque como se aprecia en la tabla anterior (ver tabla 6-6), los umbrales de alerta varían según la región geográfica considerada. Los periodos de predicción son a corto plazo[342].

Esta posibilidad no está muy extendida en el mundo. Por ejemplo, Japón e Italia utilizan servicios de predicción de movimientos sísmicos y el Reino Unido utiliza

[341] El Programa mundial de investigación meteorológica de la OMM está centrado en acelerar las mejoras en la predicción de fenómenos meteorológicos de gran impacto con arreglo a escalas temporales que van desde unas pocas horas hasta las dos semanas. Son varios los proyectos que tienen aplicación directa sobre el transporte en superficie, como por ejemplo los esfuerzos del programa THORPEX (Experimento de investigación y predictibilidad del sistema de observación) para extender la predicción de fenómenos de precipitaciones fuertes a dos semanas, el Sistema de alerta, aviso y asesoramiento con respecto a las tormentas de arena y polvo, y la predicción inmediata de precipitaciones fuertes. (O. M. M., 2009, p. 86).

(http://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/thorpex_new.html).

[342] Los periodos de predicción pueden ser de entre 0-12 horas (inmediato-Muy Corto Plazo) a escala local-comarcal, de 12-24 horas (corto plazo) a escala comarcal-provincial, de 1-3 días (medio plazo) a escala provincial-regional y de hasta 10 días (largo plazo) a escala regional-nacional.

predicciones meteorológicas de carácter general, pero en España es destacable que la información meteorológica se utilice en la operativa diaria. Para poder identificar la naturaleza de los riesgos que tienen estos fenómenos adversos para el ferrocarril, se verá, de forma general y sucinta, cuáles son y qué afecciones puede haber sobre el subsistema ferroviario, aunque en Zaragoza, como ya se ha dicho, no es frecuente que haya fenómenos meteorológicos extremos.

- **LLUVIA**

Los términos y valores utilizados por la Agencia Estatal de Meteorología en las predicciones se muestran en la siguiente tabla (ver tabla 6-7).

Tabla 6-7. Clasificación de la precipitación

PRECIPITACIÓN		
	CANTIDAD l/m^2	INTENSIDAD mm/h
Débil	< 2	
Moderadas	≥ 2 y ≤ 15	≥ 2 y ≤ 15
Fuertes	≥15 y ≤ 30	≥15 y ≤ 30
Muy Fuertes	≥30 y ≤ 60	≥30 y ≤ 60
Torrenciales	> 60	> 60

Fuente: elaboración propia

En la tabla se muestran dos clasificaciones complementarias de las precipitaciones. Según la cantidad de precipitación, medida como la altura de agua en el suelo, o cerca de él, en milímetros o litros por metro cuadrado; según la intensidad de la misma, es decir, la cantidad de lluvia caída por unidad de tiempo. También, se utiliza para las predicciones la evolución temporal de las mismas, siendo los términos más utilizados el de ocasionales y persistentes, con una duración menor del 30% y mayor del 60%, respectivamente de la unidad de tiempo considerada. En cuanto a los riesgos identificados para el subsistema ferroviario derivados de la presencia de lluvias fuertes, muy fuertes o torrenciales, podemos citar los siguientes:

- La interrupción de la circulación por superar el nivel de las aguas la cota del carril.
- Ripados de vía (desplazamientos laterales) al ser ésta arrastrada por las aguas.
- Desprendimientos sobre la vía o sus proximidades interceptando el gálibo.
- Posible arrastre de líneas aéreas por debilitación de la cimentación.
- Averías en los sistemas de seguridad y telemando de instalaciones e interrupciones en el suministro eléctrico por derivaciones o cortocircuitos.
- Inundaciones de pasos inferiores en estaciones y zonas de vía soterradas.
- Patinaje de los trenes por falta de adherencia rueda-carril.

Asimismo es importante la intensidad de la precipitación, puesto que, los daños pueden ser mayores con valores de intensidad más elevados a lo que se añadiría la consiguiente pérdida de visibilidad. Señalaremos, que la tipología de los daños causados por el agua podrá variar en función de su dirección, tranversal o longitudinal, y si se trata de arroyada concentrada o difusa.

Además, se incrementarán los daños si se produce estancamiento en determinados puntos con elementos sensibles, como pueden ser los cambios de aguja, los circuitos de vía o el propio carril. Incluso resultará afectado el balasto al presentar altos valores en su tasa de absorción de agua provocando la pérdida de resistencia ante las vibraciones al paso de los trenes y su rápido deterioro.

Por otra parte, en el caso de precipitaciones extremas también se producirán daños sobre las obras de fábrica y elementos de la infraestructura. Hay que tener en cuenta que, en general las construcciones de algunos elementos de la infraestructura, como los sistemas de drenaje de aguas pluviales en la capa de balasto, se realizan con estimación de riesgo para periodos de retorno o intervalos de recurrencia[343] de 20, 50 y 100 años.

Por último, puntualizaremos, sobre lo se ha denominado genéricamente "desprendimientos" que se hace referencia a movimientos en masa rápidos del sistema de laderas que pueden afectar a trincheras y terraplenes. Incluimos los desprendimientos, las caídas, los hundimientos y los deslizamientos (también sería posible añadir los movimientos en masa lentos como la solifluxión y la reptación). Estos fenómenos se producen, entre otros factores, por la acción del agua de las precipitaciones que incrementa el peso en la superficie de la ladera. En el caso de los deslizamientos la causalidad de las precipitaciones abundantes es muy directa (junto a la presencia de una capa freática o arcillosa en profundidad).

En cuanto a las precipitaciones en Zaragoza[344] (aeropuerto) el valor de la precipitación media anual es de 318 mm (l/m^2)[345]. El número de días de lluvia en el periodo considerado fue de 5.092 (21,09 % del total) y en general, son las tormentas estivales las que generan los mayores volúmenes pluviométricos.

Así, señalaremos que el número medio anual de días de tormenta en el periodo 1971-2000 fue de 21 días (1 en abril, 4 en mayo, 4 en junio, 4 en julio, 4 en agosto, 3 en septiembre y 1 en octubre). Además, como ya se ha dicho, en los casos de convección severa las tormentas pueden llevar asociado también granizo.

En Zaragoza durante en el periodo 1970-2005 hubo una media de 0,66 días/año de tormentas con granizo[346]. También, en ocasiones, las tormentas llevan asociado un fuerte aparato eléctrico. El aparato eléctrico de las tormentas puede afectar a los enclavamientos y las comunicaciones de las terminales y estaciones, así como, a la línea de aérea de contacto (catenaria). La incidencia de los rayos[347] en la catenaria representa un porcentaje elevado de las interrupciones en el suministro de corriente a los trenes.

---

[343] El periodo de retorno es la función inversa de la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones con una determinada cantidad de precipitación o intensidad de la precipitación expresado en años.

[344] Todos los datos sobre Zaragoza hacen referencia a la estación meteorológica de Zaragoza Aeropuerto (nº 9434) salvo que se citen expresamente otras fuentes.

[345] Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. Periodo: 1971-2000. Para el periodo 1961-1990, según el Instituto Aragonés de Estadística el valor es de 314,2 (l/m^2).

[346] La distribución estacional fue: el 4,3% de los días en invierno, el 30,4% de los días en primavera, el 30,4% de los días en verano y el 30,9% de los días en otoño. Fuente: Atlas Climático de Aragón (2007, p. 77).

[347] El número de fallos previsibles que pueden tener las instalaciones debida a las descargas eléctricas se determinan calculando el número de rayos caídos por cada 100 km^2 , analizando el valor de la intensidad de la descarga y estudiando los distintos puntos de impacto, desde el sustentador al feeder (ambos conductores), pasando por el cable de tierra. (Fuente: Renfe, 2003, Líneas del Tren, nº 297, septiembre).

Sustentador: Cable que se coloca en la catenaria sobre los hilos de contacto para mantenerla con mayor precisión en su correcta posición paralela a la vía.

Feeder: línea aérea que alimenta la catenaria que parte de la subestación

Tabla 6-8. Días de precipitación en Zaragoza Aeropuerto

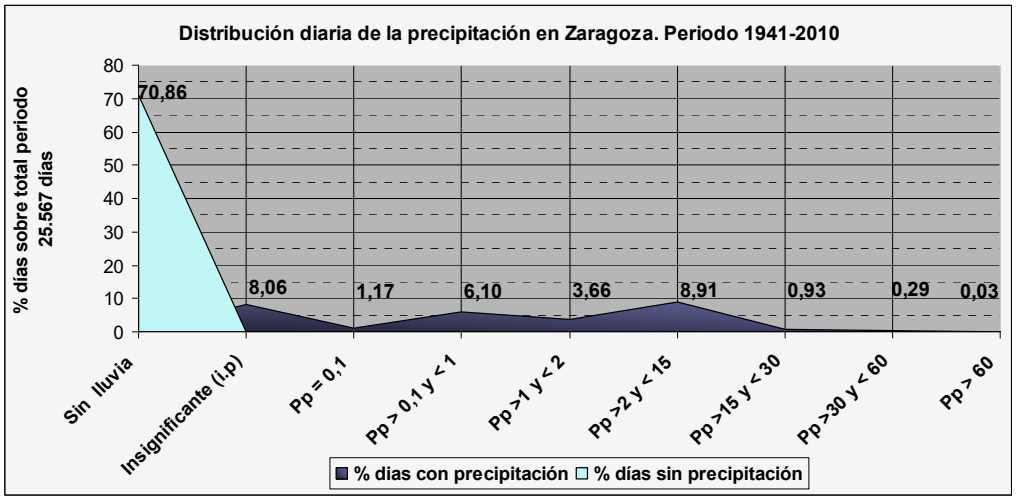
rangos (mm)	nº días	%	media rango (mm)
Sin lluvia	18.116	70,86	
Pp = 0,1	299	1,17	
Pp > 0,1 y < 1	1.559	6,10	
Pp >1 y < 2	936	3,66	
Pp >2 y < 15	2.277	8,91	5,5
Pp >15 y < 30	238	0,93	20,2
Pp >30 y < 60	75	0,29	38,4
Pp > 60	7	0,03	70,7
Insignificante (i.p)	2.060	8,06	
Total días periodo	25.567		
Pp máxima periodo	1		97,3

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/. Elaboración propia

Por otra parte, los datos climatológicos de Zaragoza[348] muestran que la frecuencia de las lluvias muy fuertes o torrenciales presenta muy bajos porcentajes el 0,29% y el 0,03 %, respectivamente, en el conjunto de las precipitaciones que se producen en nuestra área de estudio (ver tabla 6-8 y gráfico 6-2); sin embargo, cuando se manifiestan el subsistema ferroviario es susceptible de sufrir los daños que se han visto anteriormente.

El valor de la precipitación máxima absoluta en 24 horas en Zaragoza Aeropuerto fue de 97,3 mm el 18 de noviembre de 1945; en las otras dos capitales de provincia aragonesas el mismo parámetro alcanzó 110,8 mm en Huesca, el 24 de septiembre de 1959, y 82,4 mm en Teruel el 2 de julio de 1991 (ver tabla 6-9).

Gráfico 6-2. Distribución diaria precipitaciones en Zaragoza. Periodo 1941-2010



Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Elaboración propia

[348] No se dispone de datos de otras estaciones meteorológicas de la red de estaciones de la Agencia Meteorológica que pudieran establecer fenómenos extremos en determinados puntos característicos de las líneas ferroviarias. Desde el punto de vista orográfico, como por ejemplo en el Pirineo o la Cordillera Ibérica, sólo se dispone de los datos de Huesca y Teruel respectivamente. Serían necesarios, por ejemplo, datos de Canfranc y Jaca, del Puerto de Escandón, de Ariza, Calatayud y Morata de Jalón. En cualquier caso, se excederían los objetivos de este punto y, en general del trabajo. Sí que se dispone de datos de la red de estaciones aragonesas, pero la longitud de la serie y los parámetros difieren, lo que hace que no utilicemos dichos datos.

Tabla 6-9. Valores máximos de precipitación mensual en Zaragoza

VALORES MÁXIMOS DE PRECIPITACIÓN EN ZARAGOZA. PERIODO 1941-2010							
	Días de lluvia mes		Precipitación mensual más alta		Precipitación máxima en un día		
	nº días	Año	l/m²	Año	l/m²	Día	Año
Enero	17	1988	81,0	1997	37,5	24	1951
Febrero	16	1986	82,6	1947	29,0	2	1991
Marzo	17	1975	131,2	1974	66,4	12	1954
Abril	20	1998	175,9	1942	57,9	18	1997
Mayo	20	2008	141,9	2008	60,7	31	1979
Junio	18	1992	159,4	1953	64,5	20	1986
Julio	11	1987	79,4	1941	67,4	10	1941
Agosto	11	1968	88,6	1983	51,9	22	2002
Septiembre	16	1969	150,3	1972	70,8	20	2002
Octubre	21	1993	116,1	1960	45,4	21	2000
Noviembre	18	1967	112,7	1945	97,3	18	1945
Diciembre	19	2002	105,7	1958	52,6	14	1943

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
http://www.aemet.es/es/elclima/datosclimatologicos/efemerides_extremos.
Elaboración propia

Sin embargo, señalaremos que un fenómeno considerado extremo en un determinado lugar de la geografía puede ser normal en otro lugar. Se puede constatar como la cantidad de precipitación o de la de otros fenómenos atmosféricos que determinan el nivel de riesgo en Aragón, no presentan los mismos valores en las distintas zonas (ver tabla 6-6 umbrales riesgo).

En la tabla siguiente (ver tabla 6-10 y gráfico 6-3), se indican los días de lluvia que han superado los umbrales de lluvias muy fuertes (> 30 mm a < 60 mm) y torrenciales (> 60 mm). Así, es posible suponer que en dichos episodios se habrán producido daños en el subsistema ferroviario.

Sin embargo, al no disponer de los valores de la intensidad de las precipitaciones para el periodo considerado en Zaragoza, no es posible determinar el nivel de alerta alcanzado (ver tabla 6-6). Los valores de precipitación máxima diaria (24 h) que son los datos de que disponemos pueden enmascarar situaciones de riesgo más elevado del que indican dichos valores. Los valores extremos mensuales y estacionales en Zaragoza se muestran el las tablas (ver tablas 6-8 y 6-9).

No obstante, es interesante el anejo nº 6 “Clima”, de la Memoria Informativa del Plan General de Ordenamiento Urbano de Zaragoza de diciembre de 2002. En él se presentan los mapas de isoyetas[349] de la precipitación máxima diaria para periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años, según los datos de nueve estaciones pluviométricas seleccionadas[350].

También, las tablas de las precipitaciones máximas en periodos cortos de tiempo para las estaciones pluviométricas de Zaragoza Aeropuerto y Observatorio, se presenta esta última (ver tabla 6-11). Según los umbrales de clasificación de la precipitación de la tabla 6-10 se ha construido el gráfico anterior (ver gráfico 6-3).

[349] Las **isoyetas** son las líneas que unen en un mapa los puntos de la superficie terrestre que presentan los mismos valores de precipitación en un periodo determinado de tiempo.

[350] Las estaciones seleccionadas son las de Longares, Épila Montaron, Alagón Azucarera, Zaragoza Aeropuerto, Mezalocha Embalse, Zaragoza Observatorio, Perdiguera, Alfajarín y Fuentes de Ebro. Dichas estaciones son las que se consideraron para el Proyecto del Tercer Cinturón.

Tabla 6-10. Precipitaciones extremas en Zaragoza. Variabilidad estacional

PRECIPITACIONES TORRENCIALES EN ZARAGOZA (> 60 mm). PERIODO 1941-2010															
INVIERNO				PRIMAVERA				VERANO				OTOÑO			
Año	Mes	Dia	Pp	Año	Mes	Dia	Pp	Año	Mes	Dia	Pp	Año	Mes	Dia	Pp
1954	3	12	66,4	1979	5	31	60,7	1941	7	10	67,4	1968	11	28	67,3
				1986	6	20	64,5	2002	9	20	70,8	1945	11	18	97,3
PRECIPITACIONES MUY FUERTES EN ZARAGOZA (> 30 mm y < 60 mm). PERIODO 1941-2010															
INVIERNO				PRIMAVERA				VERANO				OTOÑO			
Año	Mes	Dia	Prec.	Año	Mes	Dia	Prec.	Año	Mes	Dia	Prec.	Año	Mes	Dia	Prec.
1958	12	22	33,0	1974	3	21	34,1	1959	6	25	51,7	2001	9	22	30,8
1951	1	24	37,5	2007	3	27	32,3	2005	6	28	34,6	1962	9	25	30,7
1959	3	9	33,9	2007	4	1	35,2	2004	7	6	35,2	1960	9	26	30,7
2002	3	16	32,5	1961	4	7	31,7	1954	7	11	30,9	1949	9	29	48,9
1974	3	20	38,7	1942	4	13	35,4	1959	7	13	30,9	1951	10	2	31,1
				1997	4	18	57,9	1952	7	21	32,2	1986	10	2	38,6
				1971	4	22	36,1	1990	7	28	57,7	2007	10	3	43,2
				1981	4	22	42,5	1963	8	1	35,3	1960	10	13	32,6
				1951	4	24	37,8	1941	8	1	35,8	1957	10	14	31,5
				1942	4	27	31,0	1956	8	6	39,5	1962	10	14	34,1
				1999	4	28	36,6	1996	8	13	36,3	1969	10	19	32,7
				2002	5	8	39,5	2002	8	22	51,9	2000	10	21	45,4
				1957	5	8	39,9	1983	8	31	39,6	1982	10	22	41,9
				1946	5	11	47,4	1972	9	3	40,5	1960	10	28	32,0
				1950	5	12	46,4	1987	9	3	43,0	1983	11	6	36,6
				1984	5	14	43,6	1991	9	3	51,7	1980	11	8	31,5
				1971	5	18	32,1	2003	9	4	35,3	2005	11	13	31,3
				1956	5	23	30,1	1949	9	11	37,4	1984	11	13	43,3
				1990	5	23	46,2	1974	9	16	44,4	1959	11	20	51,2
				1956	5	27	44,2	1972	9	20	52,2	1961	11	28	36,1
				1975	5	28	31,5					1950	12	5	40,2
				1957	5	29	32,2					1953	12	5	44,7
				1997	6	4	37,1					1970	12	9	35,5
				1955	6	6	32,3					1943	12	14	52,6
				1953	6	6	36,5								
Precip. Máx. diaria				1985	6	19	31,2								

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Elaboración propia

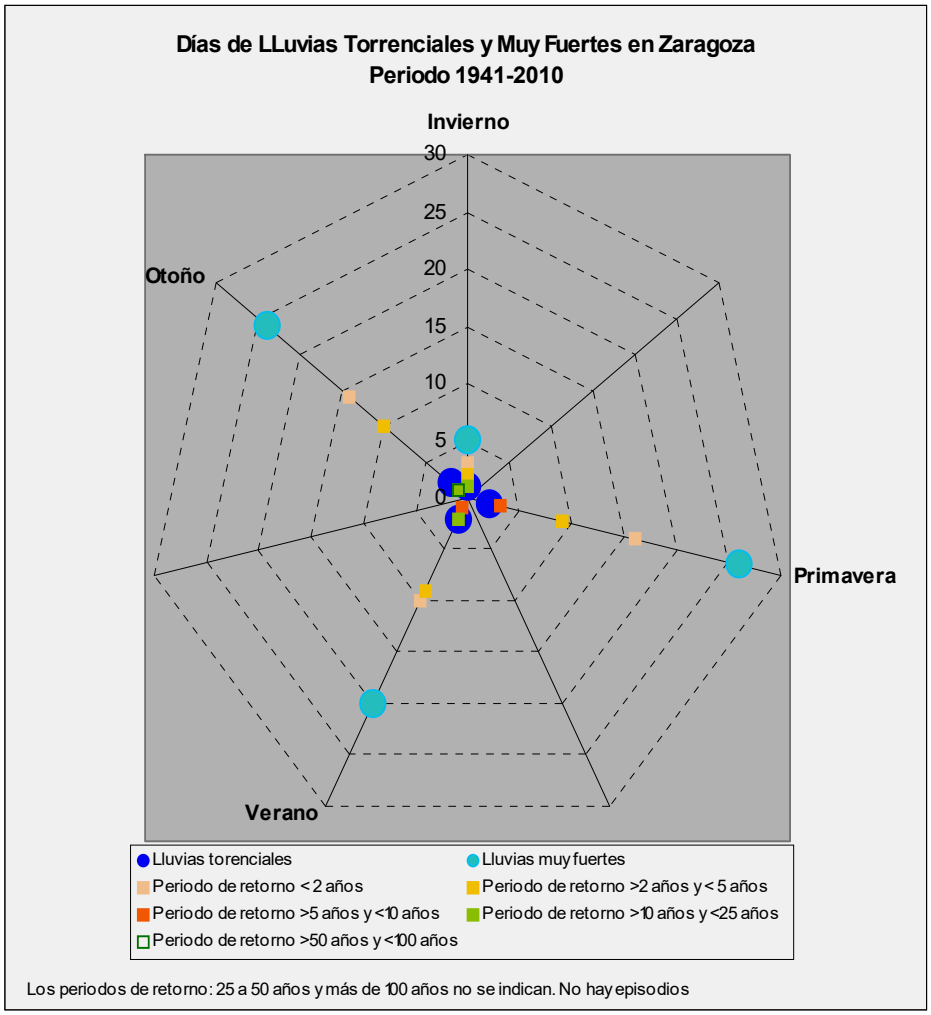
En dicho gráfico es posible apreciar, como la distribución temporal estacional de los días de lluvias muy fuertes corresponden a 5 en invierno, 26 en primavera, 20 en verano y 24 en otoño; los de lluvias torrenciales a 1 en invierno, 2 en primavera, 2 en verano y 2 en otoño.

Tabla 6-11. Precipitaciones máximas en periodos cortos de tiempo (Zaragoza Aeropuerto)

PRECIPITACIÓN EN mm.					
Período de retorno (años)	Duración				
	72 h.	48 h.	24 h.	12 h.	6 h.
2	47,3	43,7	37,5	30,2	24,2
5	63,6	60,1	54,3	39,8	33,1
10	73,8	71,0	65,6	46,2	39,0
25	87,2	84,8	79,8	54,2	46,4
50	97,2	95,1	90,3	60,1	52,0
100	107,1	105,1	100,9	65,9	57,5

Fuente: Anexo 6, Clima, p. 25, Memoria informativa
P.G.O.U Zaragoza, 2002.

Gráfico 6-3. Días de lluvias Torrenciales y Muy Fuertes en Zaragoza. Periodo 1941-2010



Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Anexo 6, Clima, p. 25, Memoria informativa P.G.O.U Zaragoza, 2002.
Elaboración propia

Se ajusta bien al régimen pluviométrico de Zaragoza ya que presenta dos máximos en los equinoccios al penetrar las borrascas del frente polar y dos mínimos, en verano por el anticiclón de las Azores, y en invierno por el anticiclón térmico europeo (ver gráfico 6-1). No obstante, señalaremos, que los días de lluvias muy fuertes y torrenciales en verano corresponden a fenómenos convectivos propios de las tormentas veraniegas. La transferencia de energía desde el suelo, calentado por el sol en los meses veraniegos, a las capas altas de la atmósfera y la condensación del vapor de agua presente en la atmósfera genera los mencionados fenómenos. También hemos discriminado los días de lluvias extremas, según su cantidad en 24 h, en función de los rangos establecidos por los periodos de retorno (ver tabla 6-11)[351].

[351] Nótese que los valores de los umbrales de alerta de la AEMET y el de los periodos de retorno no coinciden (ver tabla 6-6 y 6-11).

Tabla 6-12. Días de lluvia torrencial y muy fuertes en Zaragoza. Periodo 1941-2010

DÍAS DE LLUVIA EXTREMA EN ZARAGOZA AEROPUERTO. PERIODO 1941-2010					
Clasificación	**Periodo de retorno**	**Invierno**	**Primavera**	**Verano**	**Otoño**
Lluvias torenciales		1	2	2	2
Lluvias muy fuertes		5	26	20	24
Lluvias muy fuertes	Periodo de retorno < 2 años	3	16	10	14
	Periodo de retorno >2 años y < 5 años	2	9	9	10
	Periodo de retorno >5 años y <10 años		3	1	
	Periodo de retorno >10 años y <25 años	1		1	1
	Periodo de retorno >25 años y <50 años				
	Periodo de retorno >50 años y <100 años				
	Periodo de retorno>100 años				
Lluvias torenciales	Periodo de retorno >10 años y <25 años			1	
	Periodo de retorno >25 años y <50 años				
	Periodo de retorno >50 años y <100 años				1
	Periodo de retorno>100 años				

Fuente: Elaboración propia

En cualquier caso, al disponer únicamente de los datos de lluvia diarios (24 h) podría haber ocurrido que se hubiesen rebasado en algún momento del día los umbrales de alerta. Incluso, que la cantidad total medida en 24 h correspondiese a un periodo de tiempo más corto si la intensidad de la lluvia hubiese sido elevada, por ejemplo en 10, 30 60, o 120 minutos. También cabe señalar, que los periodos de retorno de las lluvias muy fuertes, indican que la probabilidad de ocurrencia de esos episodios, son de 43 días cada menos de dos años (50%), de 30 días entre dos y cinco años (50%-25%) y de 3 días entre diez y veinticinco años (10%-0,4%) (ver tabla 6-12).

Con respecto a las lluvias torrenciales los episodios y sus porcentajes de ocurrencia son pequeños, 1 día entre diez y veinticinco años (10%-0,4%) y 1 día entre cincuenta y cien años (0,2%-0,1%). En cuanto a las medidas de carácter general a adoptar ante las lluvias extremas citaremos, la apertura de estaciones cerradas al tráfico, la prescripción de marcha a la vista al paso de los puntos identificados como críticos hasta que sean reconocidos por el personal de infraestructuras, situar trenes de balasto y locomotoras de socorro en los puntos más convenientes y tener previsto un Plan Alternativo de Transporte para el desvío o la supresión de trenes si fuese necesario.

Otras de carácter más específico serían medidas correctoras para la recuperación de la infraestructura. Entre ellas, la concesión de intervalos extraordinarios de trabajos para la reducción del tiempo de vigencia de las limitaciones, el saneamiento de cunetas, banquetas[352] e infraestructura drenante, así como, el de trincheras y zonas de escorrentía afectadas por acumulación de agua, el tratamiento de puntos singulares, como obras de fábrica y pasos de agua y, por último, el control de la evolución de las limitaciones originadas por lluvias.

Indicaremos, por último, que como medidas para proteger a la catenaria ante los rayos se instala un cable de tierra que une entre sí todos los postes de electrificación, también descargadores de antenas instalados cada kilómetro y conectados con la puesta a tierra y al cable de tierra, y pararrayos situados en la entrada a las subestaciones.

[352] Banqueta: capa de balasto extendida bajo las traviesas que envuelve, además, sus extremos y caras laterales.

▪**NIEVE**

La Agencia Estatal de Meteorología utiliza en sus predicciones los umbrales que se muestran en la tabla 6-13.

Tabla 6-13. Clasificación intensidad precipitaciones de nieve

INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN DE NIEVE		
CLASIFICACIÓN	TAMAÑO DE LOS COPOS Y VISIBILIDAD	ESPESOR DE LA NIEVE
DÉBILES	Copos pequeños y dispersos	Capa de nieve aumenta en no más de 0,5 cm/h
MODERADAS	Copos de mayor tamaño y disminución sustancial de la visibi	Capa de nieve aumenta en una proporción de hasta 4 cm/h
FUERTES	Se reduce la visibilidad a un valor bajo	Capa de nieve aumenta en una proporción superior a 4 cm/h

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología
Elaboración propia

Riesgos identificados para el subsistema ferroviario derivados de la presencia de nevadas:

En la infraestructura:

- Interrupción en los accesos a estaciones, andenes y zonas de carga por acumulación de nieve.
- Acumulación de nieve en pasos inferiores en estaciones.
- Interrupción del suministro eléctrico por derivaciones o cortocircuitos.
- Inmovilización de cambios por nieve en patines y espadines.
- Aludes en la vía o sus proximidades interceptando el gálibo.
- Interrupción de la circulación por altura excesiva de nieve sobre el carril.
- Formación de manguitos de hielo en catenaria.

En los trenes:

- Falta de adherencia de tracción de los trenes.
- Derivación de material rodante.
- Falta de visibilidad.
- Desconexiones
- Acumulación de nieve en los bajos del tren que generan bloques de hielo y que pueden desprenderse durante la marcha.
- Acumulación de hielo en rodales de los trenes de ancho variable impidiendo su paso por las instalaciones de cambio de ancho.

El clima de Zaragoza no se caracteriza por la presencia de nevadas. Los valores climatológicos normales para el periodo de 1971-2000, según la AEMT (http://www.aemet.es) indican como valor medio mensual sólo un día, en enero, con nevadas. Sin embargo, en las mismas fuentes se indica el número máximo de días de nieve en el mes para el periodo 1941-2011, que como puede apreciarse en la tabla (ver tabla 6-13), han podido originar alguno de los riesgos citado anteriormente, con las consiguientes perturbaciones para el correcto funcionamiento del subsistema ferroviario.

No obstante, al no disponer de más datos sobre los días de nevadas para dicho periodo, ni tampoco de la intensidad y duración de las mismas, no es posible cuantificar con precisión los efectos sobre el subsistema ferroviario.

Tabla 6-14. Máx. nº de días de nieve en el mes en Zaragoza

MÁX. Nº DÍAS NIEVE EN EL MES		
1941	enero	7
1947	febrero	3
1947	marzo	2
1986	abril	1
	mayo	
	junio	
1968	julio	1
	agosto	
	septiembre	
	octubre	
	noviembre	
2009	diciembre	4

Fuente: AEMET
Elaboración propia

En cualquier caso, aunque en Zaragoza no parece que se produzcan fuertes temporales de nieve, citaremos algunas de las medidas que será necesario tomar para minimizar los riesgos y las posibles consecuencias sobre el subsistema ferroviario. En cuanto a las medidas de carácter preventivo a adoptar, se intensificará la circulación de trenes a fin de no dar tiempo a la acumulación de nieve o hielo. Además se reconocerán los pantógrafos y, si fuese necesario, se pondrán en circulación locomotoras quitanieves (con o sin cuña).

Asimismo, se identificarán los puntos de riesgo, especialmente trincheras y bocas de túneles, y se vigilará periódicamente la altura de la nieve sobre el carril. Al mismo tiempo los agentes de infraestructura se situarán en los puntos de riesgo desde el momento que se considere oportuno para informar sobre la evolución del temporal, facilitando la toma de decisiones y la movilización de los medios disponibles.

Igualmente, las empresas ferroviarias adoptarán medidas para evitar la derivación de motores eléctricos, disponiendo en cada caso, qué material y de qué características serán retirado de la circulación y sustituido por otro más acorde con la situación climatológica.

De forma más concreta, se tomarán medidas para restringir la circulación de trenes según sea la altura de nieve acumulada sobre el carril. Indicaremos, según la tabla de los umbrales de alerta de la AEMT, que en Zaragoza se establecen en 2 cm (amarilla), 5 cm (naranja) y 20 cm (roja) de altura de nieve sobre el suelo.

Las medidas que se citan serán de aplicación acumulativa, es decir, la siguiente incluirá a la anterior y anteriores, y así sucesivamente:

La altura de nieve alcanza 10 cm sobre cabeza de carril

–La circulación de locomotoras quitanieves, con o sin cuña.

- Se limitará al 85 % la carga máxima de los trenes de mercancías que circulen por la línea.

La nieve acumulada alcanza una altura entre 10 y 30 cm sobre cabeza del carril

- Será obligatoria la circulación de locomotoras quitanieves dotadas de cuñas.
- Los trenes de mayor compromiso circularán con locomotoras de la serie 252 u otras que se encuentren preparadas para no sufrir derivaciones.
- Se limitará al 75 % la carga máxima de los trenes de mercancías que circulen por la línea, suspendiéndose la circulación con materias peligrosas y se circulará con locomotora diesel, locomotoras de la serie 251 o en doble tracción eléctrica.

La nieve acumulada supera los 30 cm sobre cabeza del carril pero sin alcanzar los 70cm

- Los trenes que circulen por la línea serán remolcados o acompañados con tracción diesel.

La altura de nieve rebasa los 70 cm sin llegar al metro

- Los trenes de mercancías con ruta alternativa serán desviados obligatoriamente.
- Si no existe ruta alternativa circularán los trenes de mayor compromiso y en surcos que no interfieran al tráfico de viajeros.

La altura de nieve rebasa el metro

–La línea se cerrará al tráfico.

- Los vehículos quitanieves con o sin cuña se dedicarán a la retirada de nieve.

▪TEMPERATURAS

En el sector central de Aragón, los caracteres climáticos, como ya se ha indicado, corresponden a un clima seco del tipo mediterráneo con un marcado carácter de continentalidad. Una de las características de dicha continentalidad es la fuerte variación de las temperaturas a lo largo del año. Así, en verano la disposición en cubeta condicionada por el relieve favorece el progresivo calentamiento de las masas de aire y el aumento de las temperaturas; en invierno la situación térmica se invierte condicionando las altas presiones la presencia de frío intenso se invierte.

No obstante, como ya se ha señalado, en Zaragoza tanto las altas como las bajas temperaturas no pueden considerarse extremas. Por lo que, aunque no exentos de riesgo, los carriles no sufren grandes desajustes como para que constituyan un peligro para la circulación de los trenes.

Matizamos que lo pretendido con el análisis de la serie climatológica de 60 años que realizaremos es poder apreciar cuáles son los valores extremos y la amplitud térmica diaria máxima[353]. Si bien como se ha dicho, en Zaragoza no son muy elevados, aunque también es posible afirmar como con el cambio climático que se está produciendo las temperaturas máximas se incrementarán[354].

En cuanto a los riesgos identificados para el subsistema ferroviario derivados de las temperaturas extremas podemos citar las siguientes. Cuando las temperaturas son extremadamente bajas se han identificado los siguientes riesgos para las infraestructuras y para los trenes:

---

[353] El **régimen térmico** es la variación de la temperatura a lo largo de un día o de un año (estacional). Depende del ciclo diario o anual de la radiación solar.

La **amplitud térmica** es la diferencia entre el máximo y el mínimo térmico diario o anual (estacional). El valor mínimo se produce a la salida del sol y el máximo al mediodía solar. Influyen los factores astronómicos y las características geográficas de la zona. Pueden considerarse como amplitudes térmicas medias valores entre 10º C y 18º C (alta mayor de 18º y baja menor de 10º).

[354] Según la AEMET (2009, p 73), utilizando distintos modelos de proyección y diferentes técnicas de regionalización para un escenario de emisiones medio-alto, las temperaturas máximas se incrementarán en España entre 1º-2º C o entre 5º-8º en el periodo 2011-2100 en las regiones interiores de la Península Ibérica, en el mejor y peor de los casos respectivamente. También se dice (ibidem, p. 87) que al incrementarse menos las temperaturas mínimas la amplitud térmica diaria será mayor.

El año 2010 y 2005 han sido los años más cálidos desde 1880 en que empezaron las mediciones sistemáticas de la temperatura terrestre con medios científicos. Según la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), el año 2010 fue el 34º año consecutivo en el que las temperaturas globales se situaron por encima de la media del siglo XX. Según su análisis, las temperaturas han ido aumentando a un ritmo de 0,2 grados por década desde finales de los años 70. (http://www.noaa.gov/).

Para las infraestructuras

–Roturas de carril.

–Inmovilización de cambios por congelación.

– Formación de manguitos de hielo en catenaria, en ciertas condiciones de humedad.

Para los trenes

–Avería en baterías.

–Congelación de tuberías neumáticas.

–Congelación de circuito de refrigeración.

En cuanto a las altas temperaturas señalaremos que existen riesgos importantes para las infraestructuras que afectan a la seguridad de la circulación de los trenes: *pandeos de carril* o *alabeos de la vía*. Centrándonos en las infraestructuras, indicaremos que son conocidos los riesgos derivados de los valores climatológicos extremos en relación con las altas y bajas temperaturas. Los carriles, cuando alcanzan una temperatura elevada se comprimen y sufren esfuerzos de compresión; al contrario, cuando alcanzan una temperatura muy baja, se contraen y sufre esfuerzos de tracción[355].

En la actualidad se ha generalizado el uso del carril continuo soldado (C.C.S.)[356] en las líneas principales, una vez superadas las dificultades de implantación como la técnica de las soldaduras, las unión carril-traviesa o la creencia de su posible pandeo como consecuencia de los esfuerzos longitudinales de origen térmico. Dichos esfuerzos de compresión y tracción, provocados por los desajustes térmicos continuados ocasionan fatiga al carril, lo que deriva en la pérdida de la facultad de volver a su longitud inicial y, progresivamente, la disminución de su elasticidad.

Según lo anterior y ciñéndonos a los riesgos identificados para el subsistema de infraestructuras ferroviario, como consecuencia de la suma de los diferentes esfuerzos a los que está sometido el carril, tanto estáticos, como dinámicos, señalaremos:

–Desajustes en la vía

–Pandeos de carril

–Alabeos de la vía

–Roturas de carril

---

[355] Las dilataciones o contracciones del carril, en el supuesto de un carril sin sujeción (que no es el caso), pueden calcularse según la expresión: $\Delta l=\alpha\cdot\Delta t\cdot L$; siendo α el coeficiente de dilatación del acero (oscila de 10,5 a $11,5\cdot10^{-6}$ ºC^{-1}).

Además de las esfuerzos longitudinales por variaciones térmicas, el carril sufre otro tipo de de esfuerzos y tensiones, que no se verán por exceder los objetivos del trabajo (para más información ver López Pita, 2006).

[356] **Carril continuo soldado**: barra de longitud suficiente para que al menos uno de los puntos se mantenga fijo, cualquiera que sea la temperatura a la que esté sometido. Se obtienen mediante la soldadura de las denominadas barras elementales (por ejemplo, en Adif su longitud es de 18 m.) alcanzando en la red ferroviaria convencional española los 288 m.

En la actualidad, se implantan en gran parte de las líneas ferroviarias por las ventajas relacionadas con la disminución del nº de bridas y los problemas que conllevan, así como por la reducción del mantenimiento correctivo. Sin embargo, para poder realizarlo se han tenido que solucionar diversas dificultades técnicas en cuanto a las soldaduras, la unión carril-traviesa y los pandeos asociados a las distintas amplitudes térmicas.

Ante los mencionados riesgos, se justifica explorar, al menos sucintamente, la amplitud térmica y las temperaturas medias por su relación con alguna de los procedimientos a adoptar para minimizar las consecuencias. Así, indicaremos que en la penúltima fase del proceso de colocación de carriles, denominada liberación de tensiones, es cuando la correcta realización de dichos procedimientos se hace más sensible a las solicitaciones futuras que tendrá el carril en cuanto a los esfuerzos a que estará sujeto.

La mencionada fase tiene como objetivo reducir los esfuerzos posteriores a que será sometido el carril debido a la variación térmica y para ello es fundamental la colocación de los carriles a una temperatura adecuada[357].

Esta temperatura, según López Pita (2006, p. 209), será tal, que a temperaturas extremas su incremento sea inferior a 40º C — 50º C, aunque también señala dicho autor (2006, p. 267), que en la práctica se colocan con un límite de 45ºC. En el caso del carril soldado, la temperatura adecuada de colocación ha de ser mayor de 25º C, según Álvarez Mántaras y Luque Rodríguez (2003, p.80). Por otra parte, la mencionada temperatura de colocación variará en función del clima, de un lugar a otro, del coeficiente de elasticidad del tipo de acero y del módulo de rigidez del carril[358], aunque será necesario respetar el umbral señalado.

En cuanto al análisis climatológico de los mencionados parámetros, en Zaragoza, los valores térmicos extremos para el periodo 1951-2010 fueron la temperatura máxima absoluta con 43,1º C el 22 de julio de 2009 y la temperatura mínima absoluta con -11, 4º C el 5 de febrero de 1963. En el gráfico (ver gráfico 6-4) se han representado los valores de las temperaturas máximas y mínimas diarias agrupadas por meses y en intervalos de un grado Celsius (eje ordenadas secundario). De la misma manera las amplitudes térmicas diarias.

---

[357] El proceso de liberación de tensiones consiste en cortar el carril o aprovechar una junta ya existente. Sin embargo para realizarlo, es necesario que el carril tenga la medida idónea, que estará en función de la temperatura que se considere adecuada para la colocación. Dicha medida podrá alcanzarse alargando o cortando el carril mediante la utilización de alguno de los métodos que se indican:

Por **tracción del carril**, se obtiene mediante tensores aplicados a sus extremos si la temperatura es más baja de la considerada adecuada hasta alcanzar la medida de fijación del carril a la traviesa y la cala de la soldadura.

Por **calentamiento sola**r, que se basa en dejar que el carril se contraiga o dilate libremente por la acción del sol, hasta alcanzar la temperatura deseada, en cuyo momento se fija a las traviesas.

Por **calentamiento artificial** Es un método mas costoso que los demás y presenta muchos mas inconvenientes sólo se aplica en casos imprescindibles.

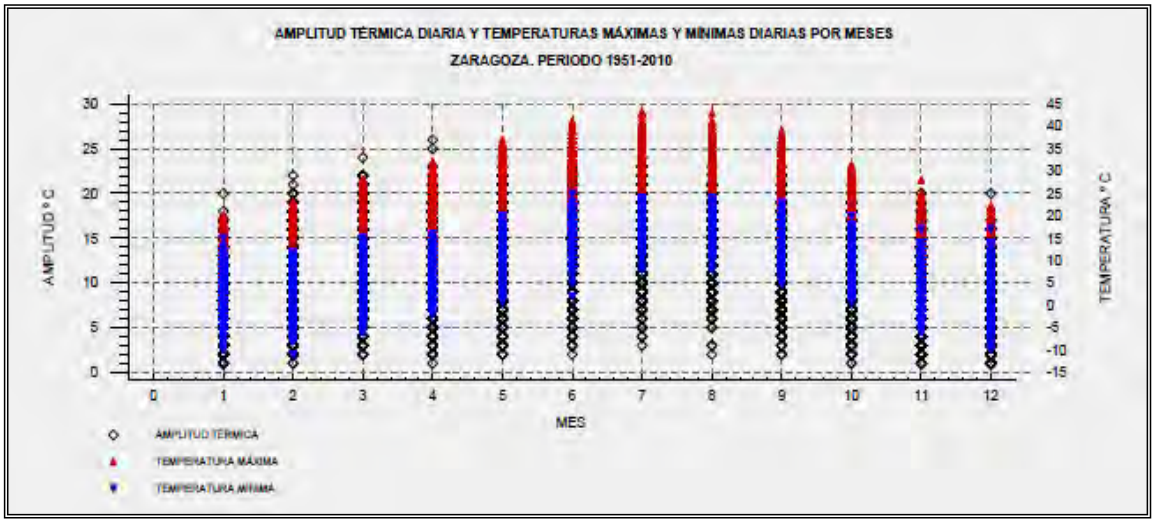
Con la colocación del carril a la temperatura adecuada es posible minimizar los esfuerzos térmicos longitudinales de compresión y de tracción porque existe una temperatura intermedia entre ambos extremos térmicos donde la tensión longitudinal es nula; a ese valor se le denomina temperatura de libre esfuerzo.

La diferencia entre la temperatura de libre esfuerzo y la temperatura de neutralización establece el estado de la tensión del carril. La tensión del carril es tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia entre ambas temperaturas, por eso, resulta muy importante instalar el carril en la vía en la situación ideal, donde la temperatura de libre esfuerzo es igual a la temperatura de neutralización.

[358] El modulo de rigidez del carril se define como el coeficiente que mide la resistencia que se opone a los cambios de su forma; representa la resistencia vertical de la vía por unidad de longitud. Su valor para el carril UIC 54 es $2{,}09 \cdot 10^6$ Kg/cm^2.

Para dicho periodo (21.913 días), los días que superaron en Zaragoza los 30º C de temperatura máxima suman 3.530 días (16,11%) y en los que la temperatura mínima descendió por debajo de los 0º C (días de helada[359]) totalizan 1.451 días (6,62%).

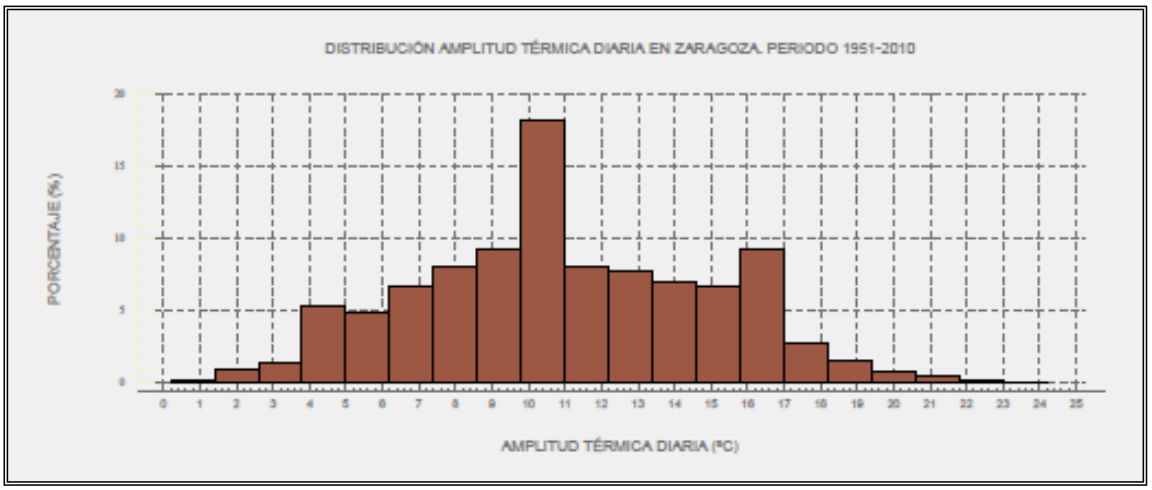
Gráfico 6-4. Amplitud térmica diaria y temperaturas máximas y mínimas por meses en Zaragoza. Periodo 1951-2010



Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Elaboración propia

Según los umbrales establecidos por la AEMET para altas y bajas temperaturas en algunos de esos días se alcanzaron dichos umbrales. Así, del total de días del periodo considerado, en las altas temperaturas se superaron en 534 (2,44%) los 36 º C (alerta amarilla), en 58 (0,13%) los 39 º C (alerta naranja) y tan sólo en 5 días los 42º C (alerta roja). En cuanto a las bajas temperaturas, se alcanzaron en 222 (1,01%) los -4º C (alerta amarilla), en 11 los -8º C (alerta naranja) y en ningún día se llegó a los -12º C (alerta roja).

Gráfico 6-5. Distribución de la amplitud térmica diaria en Zaragoza. Periodo 1951-2010

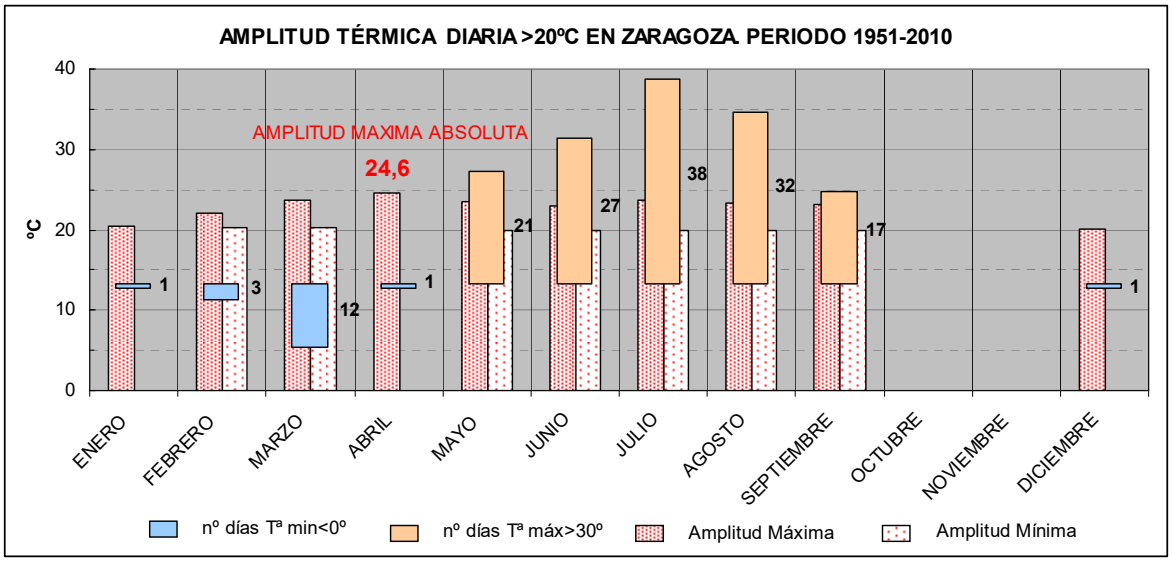


Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Elaboración propia

[359] Se consideran días de helada aquellos en los que su temperatura es inferior a 0º C, por que es la cual en que a presión atmosférica normal se hiela el agua.

En el gráfico anterior (ver gráfico 6-5) se ha representado la distribución de frecuencias de la amplitud térmica diaria de todo el periodo considerado por intervalos de un grado Celsius. Apreciamos que la distribución de esta variable no corresponde a una distribución normal[360], pero no es nuestro objetivo realizar un análisis estadístico descriptivo. Únicamente indicaremos que el intervalo intercuartílico recorre desde los 8º C hasta los 14 ºC y, por lo tanto, el cuarto cuartil tiene un rango de 11º C (el primero 8º C); aún es más acusado el rango de 5º C del último percentil (valores extremos), cuya representación se ha realizado en el siguiente gráfico.

Gráfico 6-6. Amplitud térmica diaria máxima en Zaragoza. Periodo 1951-2010



Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Elaboración propia

En el gráfico 6-6 se ha representado el nº de días por meses en el periodo de 1951-2010 que cumplieron dos condiciones. La primera que su amplitud térmica diaria fuese superior a 20º C y la segunda, bien que las temperaturas máximas fuesen superiores a los 30º C o bien las temperaturas mínimas fuesen inferiores a 0º C. También, se han representado las amplitudes térmicas máximas del conjunto mensual de dichos días.

Tabla 6-15. Distribución de la amplitud térmica máxima diaria en Zaragoza por meses con temperaturas mayores a 30º C y menores a 0º C. Periodo 1951-2010

DISTRIBUCIÓN DE LA AMPLITUD TÉRMICA DIARIA SEGÚN ALTAS Y BAJAS TEMPERATURA POR MESES							
DÍAS > 30ºC DE Tª MÁXIMA				DÍAS < 0ºC DE Tª MÍNIMA			
MES	Nº DÍAS	AMPLITUD MENSUAL		MES	Nº DÍAS	AMPLITUD MENSUAL	
		MÁXIMA	MÍNIMA			MÁXIMA	MÍNIMA
ABRIL	7	19,8	17,5	ENERO	476	18,4	1,2
MAYO	177	23,5	11	FEBRERO	320	22	2
JUNIO	660	23	9,7	MARZO	116	23,7	5,5
JULIO	1197	23,6	8,8	ABRIL	10	24,6	14
AGOSTO	1110	23,3	7,2	NOVIEMBRE	141	18,4	2,8
SEPTIEMBRE	369	23,2	9,3	DICIEMBRE	388	20,1	0,9
OCTUBRE	10	18	12,1				

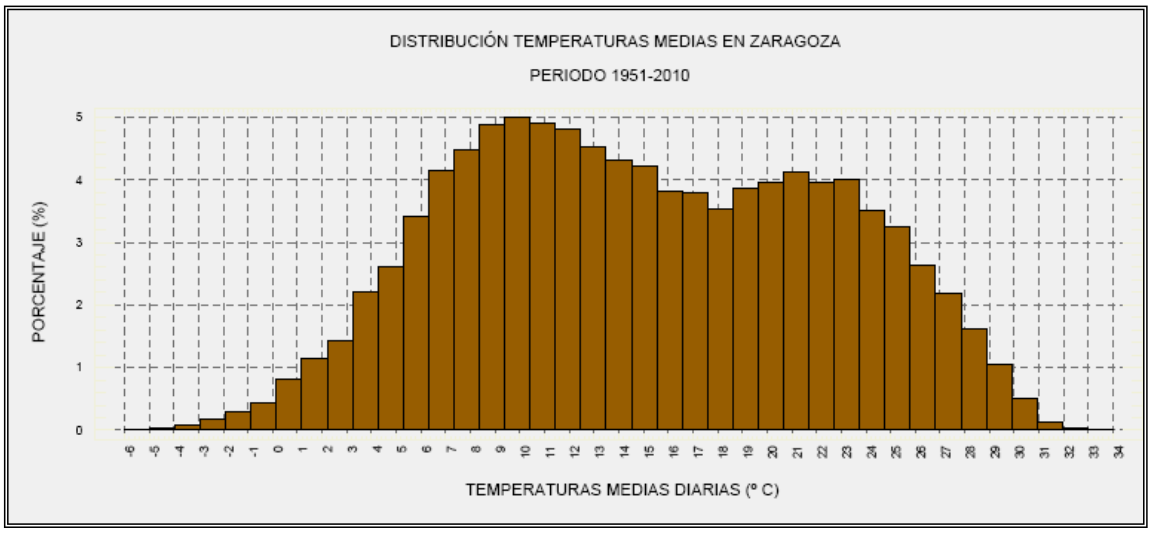
Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Elaboración propia

[360] Media 11,1 º C, desviación estándar 4,03º C, coeficiente estandarizado de asimetría 5,63 y coeficiente estandarizado de curtosis -13,76 (valores de ± 2 de asimetría o curtosis indican salidas significativas de la normalidad).

Así, podemos apreciar en el gráfico que la amplitud máxima absoluta diaria fue de 24,6º C, por lo que el incremento de temperatura entre los valores extremos diarios, están lejos del límite que señala López Pita (op. cit. p.458) y, por lo tanto, se encuentran dentro del mismo. La situación más desfavorable se produce en días de cielo despejado con sol radiante seguida de noches frías sin nubes[361] (situación anticiclónica). Vemos como las mayores amplitudes térmicas corresponden a los días de verano y primavera (ver gráfico 6-6 y tabla 6-15).

Una vez establecido que en Zaragoza no se rebasarán los umbrales extremos de temperatura, veremos cómo se distribuyen las temperaturas medias diarias en el periodo 1951-2010 para establecer con mayor precisión la temperatura de colocación del carril más adecuada en nuestra área de estudio. Los intervalos de la temperatura media diaria de todo el periodo se han representado con una amplitud de un grado Celsius. Indicaremos que la distribución de la variable de este parámetro, del mismo modo que la de la amplitud térmica diaria, no presenta una distribución normal[362] (ver gráfico 6-7).

Gráfico 6-7. Distribución de las Temperaturas Medias diarias en Zaragoza



Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Elaboración propia

La amplitud del intervalo intercuartílico recorre desde los 9º C hasta los 21 º C. Indicaremos también que los 25 º C marcado por Álvarez Mántaras y Luque Rodríguez (op. cit p.458) como temperatura adecuada para la colocación del carril continuo soldado corresponden al percentil 90. Asimismo señalaremos que el límite mínimo y máximo de la temperatura media para este periodo han sido de -5,9º C y 32,9º C, respectivamente. Podría pensarse que el valor de la media del conjunto (14,99º C), es decir, la temperatura media anual fuese la temperatura más adecuada para colocar el carril pero hay varias exigencias que se incumplirían.

La primera, que si bien la tolerancia de 40º C—50º C de variación de la temperatura media se respetaría (-10º C y 40º C), no así los valores extremos de temperaturas máximas (43,1º C) y mínimas (-11,4º C) acaecidas durante el periodo, puesto que

[361] Hace referencia al balance térmico de la tierra (balance de radiación tierra-atmósfera), en que una parte de la radiación de onda corta procedente del sol es absorbida por la tierra durante el día y es irradiada al espacio por la noche en forma de radiación infrarroja (onda larga).

[362] Media 14,99 º C, desviación estándar 7,25º C, coeficiente estandarizado de asimetría 2,63 y coeficiente estandarizado de curtosis -26,63 (valores de ± 2 de asimetría o curtosis indican salidas significativas de la normalidad).

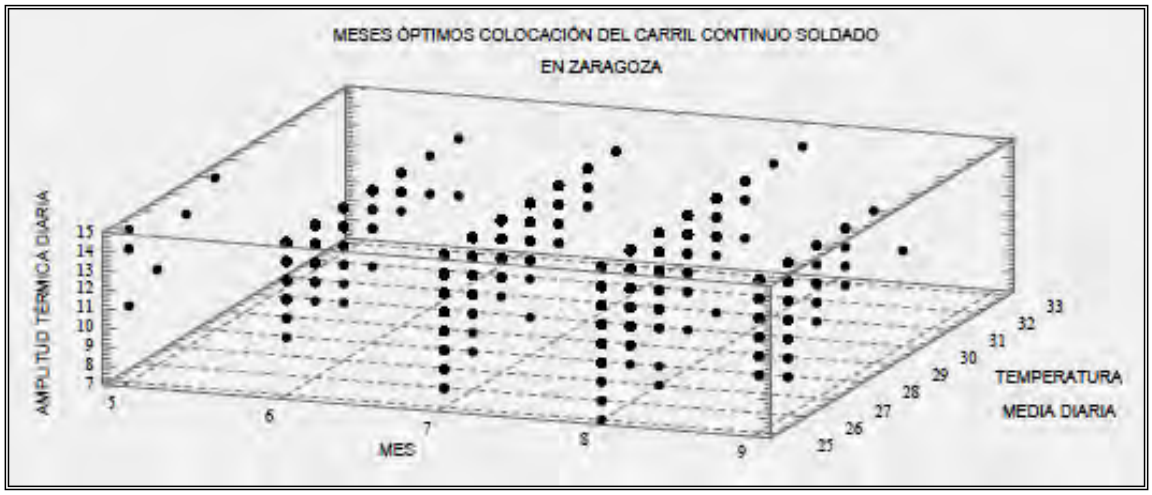
exceden los límites de tolerancia. La segunda, que es mucho más peligroso para la circulación de los trenes el pandeo del carril que su fractura, por lo que es conveniente elevar la temperatura de colocación al menos 5º C sobre la temperatura media, de tal forma que queden incluidos los valores de las temperaturas máximas extremas.

No obstante, en nuestro caso si se eleva cinco grados la temperatura de colocación sobre la temperatura media el límite superior sería 15º C+ 5º C+25º C=45º C, correspondiendo los 25º C al punto medio del umbral de tolerancia. Sin embargo, si bien, se sobrepasa la temperatura máxima absoluta alcanzada en el periodo considerado parece un poco ajustado como límite de temperatura de seguridad, más aún, con el incremento de temperaturas máximas esperado como consecuencia del cambio climático en marcha.

En tercer y último lugar, que lo dicho anteriormente podría ser considerado para la barra de carril elemental no así para el carril continuo soldado que, como se ha dicho, ha de colocarse a una temperatura mayor de 25º C. Con esta temperatura el umbral de 40º C—50º C, establecería los límites superior e inferior de tolerancia en 47,5-50º C y 2,5-0º C, ampliando el limite de temperatura de seguridad para pandeos de forma suficiente.

No ocurre lo mismo con el límite inferior, pero como puede apreciarse en la tabla 6-15 (amplitud >20ºC), el nº de días en que la amplitud térmica diaria estuvo por encima de los 20º C cuando la temperatura mínima fue inferior a los 0º C suman 18 días en 60 años, contrastando con los 145 en que la temperatura máxima fue superior a 30º C.

Gráfico 6-8. Meses óptimos para la colocación de carril continuo soldado en Zaragoza



Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Elaboración propia

Por otra parte, en cuanto al momento del año para la colocación de los carriles, como la temperatura de colocación será igual o mayor a 25º hemos considerado representar en un gráfico (ver gráfico 6-8) los parámetros que se están manejando con los valores de sus variables más adecuados para ello, en nuestra opinión, para que sea el propio sol el que pueda calentar el carril sin necesidad de utilizar tensores ni el calentamiento artificial. Obviamente, puede no interesar este método por cuestiones de plazos, laborales, etc.

Para que sea la propia radiación solar la que caliente el carril parece conveniente que las temperaturas medias diarias representadas en el eje Y, cuyo límite superior es 32,9º C, sea igual o mayor a 25º C. Además, con la acotación inferior de la temperatura media se produce la acotación inferior de la amplitud térmica diaria (7º C), representada en el eje Z. Sin embargo, también nos parece adecuado acotar la amplitud térmica diaria máxima para evitar los valores elevados. Así, se ha tomado una desviación estándar como límite superior (15º C).

No obstante, señalaremos que puede haber grandes diferencias entre las zonas en que el sol incide directamente sobre el carril y entre las zonas de sombra, sobre todo en verano. Como resultado, se puede apreciar (ver gráfico 6-8) que los meses más adecuados serían de mayo a septiembre, si bien en agosto puede resultar más difícil por el periodo vacacional. Por último, señalaremos que el proceso de colocación del carril requiere de una serie de subprocesos entre los que citaremos, por su importancia para minimizar los riesgos derivados de las temperaturas extremas y el buen funcionamiento del subsistema vía, los siguientes:

- Correcta sujeción carril-traviesa[363]: con una sujeción adecuada la acción de la temperatura producirá el movimiento del conjunto carril-traviesa, no la cabalgadura del carril sobre la traviesa. Indicaremos que las sujeciones flexibles ofrecen buenos resultados.

- Correcta colocación de los aparatos de dilatación[364] para poder absorber las variaciones de longitud producidas por las oscilaciones térmicas en los carriles. Para ello, será necesario realizar con precisión el cálculo de dichas variaciones.

- Correcta alineación de la vía[365] para minimizar los esfuerzos axiales que producen el pandeo de la vía en el plano horizontal.

En la actualidad se han reducido estos efectos con los avances tecnológicos, la aplicación de procedimientos de mantenimiento de vía predictivos y preventivos, y con la mejora del mantenimiento correctivo. Reflejamos las medidas a tomar para minimizar los riesgos, vistos al principio de este apartado, derivados de las bajas temperaturas:

- En las líneas de montaña y en estaciones terminales con temperaturas bajas durante la época invernal se deberá purgar el material motor que pernocten durante todo el período invernal. Con respecto a lo anterior, señalaremos, que el gasoil tiene un punto de congelación aproximadamente de -21º C (estará en función de su composición química).

- También, en estos lugares, se dispondrá de personal de tracción para tener el material motor en marcha, a fin de evitar la congelación de las tuberías en este material cuando se proceda al arranque.

---

[363] López Pita (2006, p. 267), señala que con las experiencias prácticas realizadas para las principales tipos de sujeción y con los esfuerzos de apretado que indica, se necesita para mover el conjunto carril-sujeción-traviesa un esfuerzo de 250 Kg/m para la vía desconsolidada y de 600 Kh/m para la vía consolidada; entendiéndose en el primer caso, la vía bateada recientemente y, en el segundo, la vía por la que después de ser bateada han circulado al menos 10^6 Tm brutas.

Por otra parte, indicaremos que los esfuerzos resultantes de las variaciones térmicas también son absorbidos por otros elementos, así como, por su correcto montaje y dimensionamiento; entre ellos, por ejemplo, la adecuada luz entre las traviesas.

[364] Junta especial que se instala al final de una barra larga (C.C.S.) y permite recorridos longitudinales de 200 mm en los extremos de los carriles que concurren a ella. Se instalan también en protección de juntas de dilatación en puentes y tramos metálicos. Para el carril U.I.C. de 54 Kg/m y un incremento de temperatura de 45º C, según López Pita (2006, p.268), los desplazamientos máximos en el extremo de la barra son de 62 mm en vías desconsolidadas y de 26 mm en las consolidadas.

[365] Se entiende por alineación teórica de una vía a la proyección horizontal del hilo director definido por el proyecto o por el replanteo (señalización sobre el terreno que permite situar ambos hilos de carril en planta y en alzado). De tal forma que se alcance la correcta figura geométrica en recta, de transición o en curva que deben tener los carriles.

–Estacionamiento de trenes bajo cubierta (marquesinas, naves o estaciones en túneles).

–Revisión previa de sistema de secadores y sangradores de las tuberías, el uso de anticongelantes y el correcto mantenimiento de las baterías.

–Utilización en las estaciones que dispongan de los calentadores de agujas ante la previsión de heladas.

–Si existiesen (en las líneas de alta velocidad los hay) calentamiento de la catenaria a través de los sistemas a través de los sistemas de cortocircuitado al efecto.

- **VIENTO**

La Agencia Estatal de Meteorología utiliza en sus predicciones los umbrales de viento que se muestran en la tabla 6-16.

Tabla 6-16. Clasificación velocidad del viento

VIENTO	
CLASIFICACIÓN	VELOCIDAD
Moderados	velocidad media entre 21 y 40 km/h
Fuertes	velocidad media entre 41 y 70 km/h
Muy fuertes	velocidad media entre 71 y 120 km/h
Huracanados	velocidad media mayor que 120 km/h

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología
Elaboración propia

En cuanto a los riesgos identificados para el subsistema ferroviario derivados de la presencia vientos fuertes, muy fuertes y huracanados, a modo de ejemplo se citan los siguientes:

– 40 km/h – 50 km/h: plásticos y cartones son arrastrados por el viento con posibilidad de engancharse en la catenaria.

– 50 km/h – 60 km/h: el viento puede arrancar toldos de los vagones, causar daños en las líneas aéreas y provocar la deriva del material estacionado.

– 60 km/h – 75 km/h: el viento desgaja ramas y también arranca tablones y cartelones de vía mal anclados.

– 75 km/h – 85 km/h: puede derribar postes y arrancar tejas de edificios.

– >85: puede causar daños considerables a las construcciones y no es posible mantenerse en pie a la intemperie.

En Zaragoza la velocidad media del viento es baja, sin embargo, existen rachas de viento que sobrepasan los umbrales, es una cuestión de la duración de las rachas y de los vientos racheados. Dependiendo de ello pueden causar daños más o menos graves. Así, señalaremos, que en el periodo considerado, de 1941 a 2010, se produjeron rachas de viento que rebasaron los 70 km/h de velocidad en 2.860[366]

[366] Del total de 25.568 días del periodo de la serie climática de la AEMET, en 23.599 días no consta el registro del viento.

(12,12%) de los días de dicho periodo, de las cuales algunas rebasaron los 120 km/h[367](ver tabla 6-17).

Es decir, dichas rachas pueden causar accidentes y daños en ciertas líneas, tanto de Alta Velocidad como de la red convencional, como consecuencia del viento lateral, puesto que los trenes son vulnerables a estos vientos por su poca masa y altas velocidades. Además, el viento es capaz de levantar las mercancías cargadas en los vagones abiertos, siendo más susceptibles las mercancías ligeras. Como ejemplo se pueden citar las mercancías pulverulentas que pueden se dispersadas por el viento si el toldo que las cubre es arrancado de sus anclajes.

Incluso pueden ser basculados o levantados los propios contendores cargados en vagones abiertos y no en plataformas porta-contenedores especializadas con pivotes y clavijas de anclaje o cuando se trate de contenedores tipo *flat*[368] apilados.

Tabla 6-17. Rachas máximas absolutas de viento en Zaragoza Periodo 1941-2010

RACHAS MÁXIMAS DE VIENTO (> 120 Km/h)				
AÑO	MES	DÍA	VELOCIDAD	RUMBO
1954	2	17	135	O
1953	2	16	133	NNO
1950	7	25	131	O
1956	2	3	129	NNO
1980	12	27	127	NO
1951	12	29	127	O
1989	2	25	126	OSO
1957	4	2	126	NO
1957	4	8	126	NO
1949	1	16	123	O
1965	6	30	122	SSO
1949	3	2	122	ONO
1958	4	17	121	NO
1946	12	9	121	O

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Elaboración propia

También en las terminales y estaciones los vagones estacionados en las vías pueden ser puestos en movimiento por la acción de los vientos fuertes, especialmente si sus vías presentan declividades superiores a 3‰. Estas derivas de material ponen realmente en peligro la seguridad de la circulación de los trenes, así como del material y de las personas.

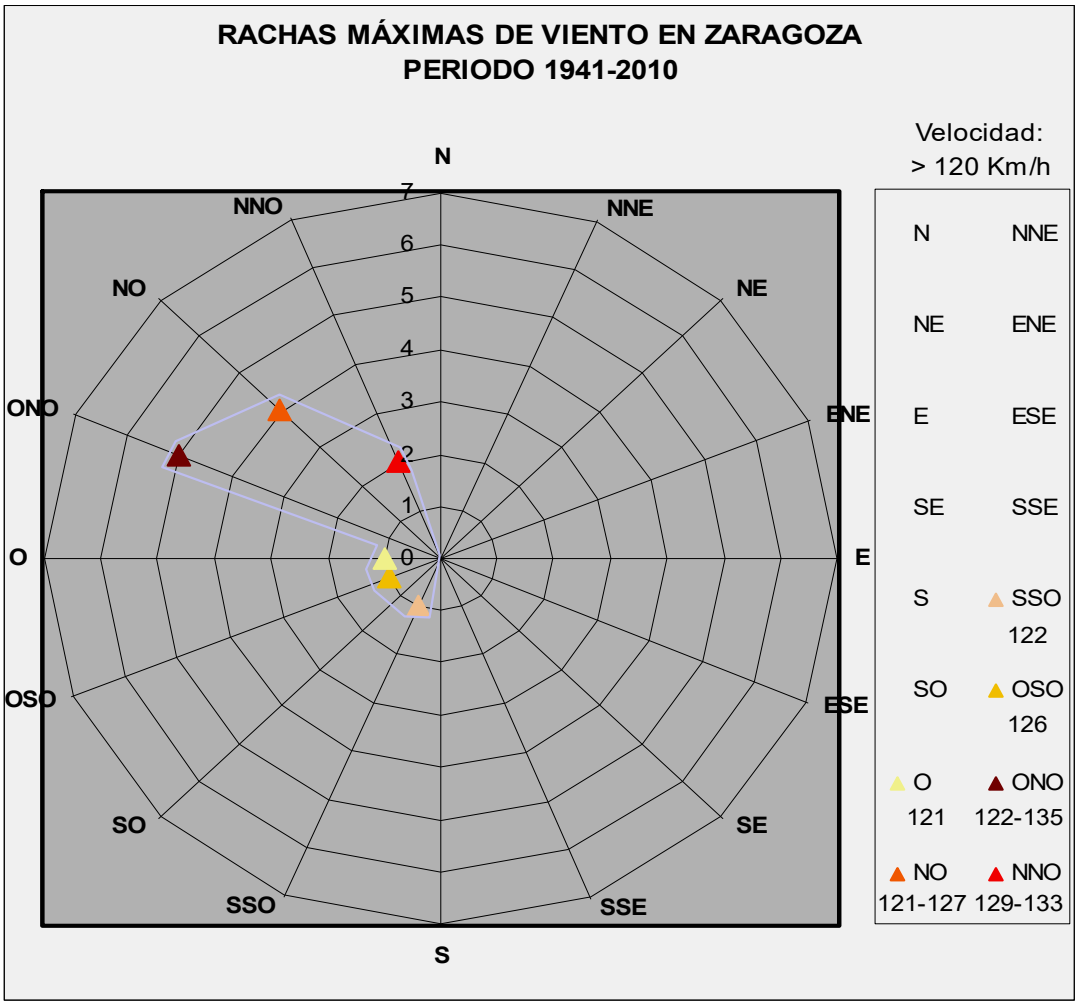
Asimismo, en las playas de estocaje de contenedores si hay rachas de fuertes vientos o su velocidad media es altas, los contenedores del último nivel del apilamiento pueden bascular y moverse cayendo al suelo. Es un riesgo añadido para el material y las personas. Como se puede apreciar en la tabla en Zaragoza, en el periodo de estudio únicamente ha habido 14 días con rachas de vientos huracanados, de más de 120 km/h, todas ellas en el 4º cuadrante (ver gráfico 6-9).

---

[367] En los casos de supercélulas, sistemas convectivos que pueden alcanzar grandes dimensiones horizontales (un centenar de kilómetros) y verticales (15 km o más). En Aragón se han producido desde el año 1999 dos tornados de media al año, algunos con intensidad severa, con vientos superiores a los 250 km/h (Escala de Fujita: F3). Suelen producirse en la Cordillera Ibérica y en sus somontanos.

[368] El contenedor denominado *Flat Rack* se utiliza para transportar cargas atípicas. Carecen de paredes laterales y, muchas veces, de paredes delanteras y posteriores. Cuando retornan en vació suelen ir plegados y apilados.

Gráfico 6-9. Rachas huracanadas de Viento en Zaragoza. Periodo 1941-2010



Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Elaboración propia

Sin embargo, no se consideran días de alerta roja en el sistema de alertas porque para establecer un nivel de alerta se considera la velocidad media diaria del viento, no la intensidad puntual, y que para nuestra área de estudio se fija en 70 km/h para el nivel amarillo en 80 km/h, para el naranja y en 90 km/h para el rojo (ver tabla 6-6).

En Zaragoza los días de alerta amarilla del periodo considerado de 70 años no han sido numerosos, en total 25 (ver tabla 6-18), de los que cuatro se han aproximado a la alerta naranja, siendo la mayor velocidad media alcanzada de 86,04 km/h. No obstante esto, en algún momento del día en cinco de ellos hubo rachas huracanadas agravando los riesgos.

Tabla 6-18. Velocidad media diaria del Viento en Zaragoza > 70km/h. Periodo 1941-2010

DÍAS DE ALERTA AMARILLA (Vm>70 Km/h). PERIODO 1941-2010					
AÑO	MES	DÍA	RACHA MÁXIMA	VELOCIDAD MEDIA	RUMBO
1950	1	18	109	74	ONO
1954	1	8	112	74	O
1953	1	7	108	72	ONO
1953	2	16	133	86	NNO
1953	2	10	105	80	OSO
1954	2	17	135	79	O
1956	2	10	120	77	NO
1965	2	15	116	73	NO
1956	2	3	129	73	NNO
1949	3	2	122	82	O
1953	3	8	112	77	ONO
1950	4	23	108	78	O
1950	4	22	104	75	O
1952	4	2	102	73	NNO
1954	4	16	103	73	O
1953	4	15	108	72	ONO
1949	4	25	111	72	O
1950	4	21	97	71	O
1953	5	30	108	73	NNO
1953	5	29	108	72	ONO
1953	5	28	111	72	NNO
1953	5	31	109	71	NNO
1953	12	28	112	80	ONO
1951	12	29	127	78	O
1969	12	1	108	71	NNO

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Elaboración propia

Como vemos en la tabla las direcciones dominantes del viento pertenecen al 4º cuadrante; se ajusta con el 47% del total de los días de cierzo en Zaragoza, con fuerte gradiente isobárico, como ya se ha visto con anterioridad.

Para apreciar mejor lo dicho en párrafo anterior se ha reflejado en la tabla (ver tabla 6-18 y 6-19) la distribución de las rachas de viento que sobrepasan el umbral establecido para la alerta amarilla. Únicamente se han considerado dichos días porque las rachas de viento al sobrepasar el mencionado umbral pueden constituir un riesgo para el subsistema ferroviario en un momento determinado.

En la tabla se pone de manifiesto como dominan los vientos del 4º cuadrante en las rachas más fuertes (ver gráfico 6-9 y 6-10)[369].

[369] Indicaremos que la dirección del viento en los datos disponibles de la AEMET están distribuidos cada 10º y tan solo con un dígito decimal. Por ello, alguna de las direcciones muy próximas a cada valor del umbral, dado que se han manejado tres dígitos decimales, puede que pertenezcan a la dirección contigua. Hacemos referencia concreta a algún dato del 2º y 3 er cuadrante.

Tabla 6-19. Dirección dominante de las rachas de viento muy fuertes y Huracanados (>70km/h) en Zaragoza. Periodo 1941-2010

DIRECCIÓN RACHAS VIENTO > 70 Km/h				
CUADRANTE	DIRECCIÓN	Nº DÍAS	% RACHAS > 70 Km/h	TOTAL CUADRANTE
1º	N	10	0,35	
	NNE	3	0,11	
	NE	6	0,21	
	ENE	4	0,14	0,80
2º	E	11	0,42	
	ESE	14	0,49	
	SE	19	0,66	
	SSE	2	0,07	1,64
3º	S	26	0,91	
	SSO	29	1,01	
	SO	33	1,15	
	OSO	326	11,40	14,48
4º	O	834	29,16	
	ONO	782	27,31	
	NO	534	18,67	
	NNO	227	7,94	83,08

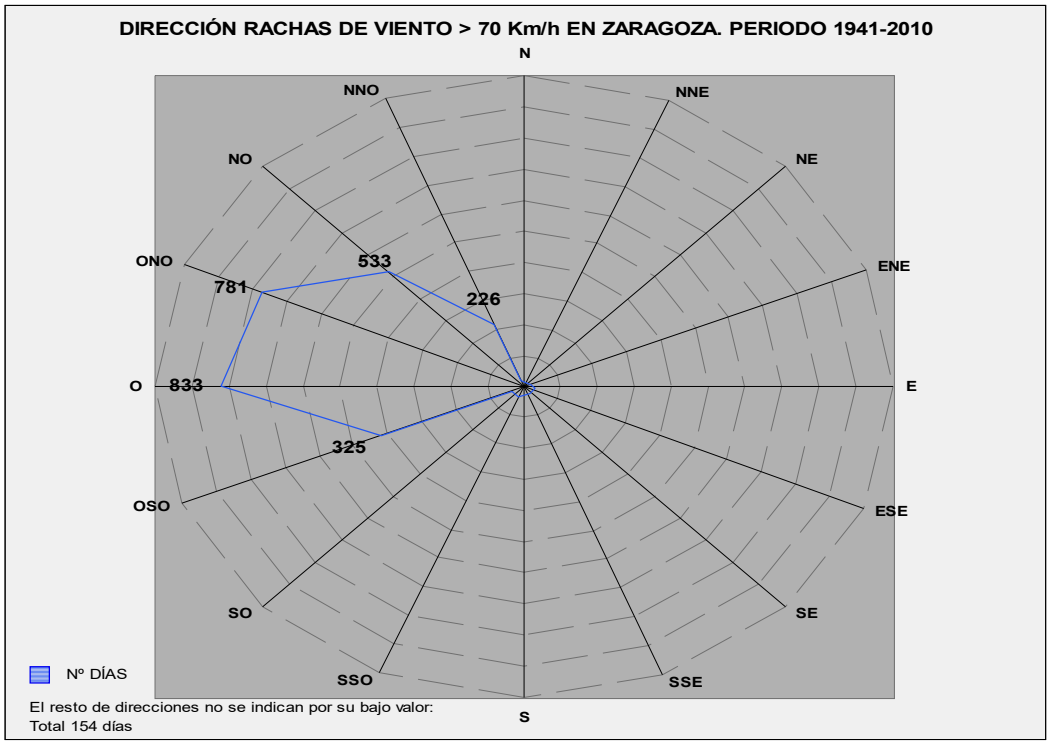
Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Elaboración propia

Comparando los valores de la distribución de las variables velocidad de las rachas de viento y velocidad media diaria del viento, en el periodo considerado, la cantidad de días con rachas de viento muy fuertes y huracanadas son mucho más elevadas que la cantidad de días con calmas[370] medias en dicho periodo, con 2.860 (2,12%) y 516 (0,24%), respectivamente.

[370] Se ha tomado como referencia la escala anemométrica de intensidad del viento de Beaufort. Si bien, como es sabido, es una escala referida a la intensidad del viento en el mar, basada en el estado de la mar, de sus olas y de la fuerza del viento. Actualmente, en dicha escala se establecen los grados por la altura de las olas, y en tierra, por los efectos en los árboles, edificios, etc., pero la intensidad de la calma sigue siendo la misma, menor de una milla náutica por hora (0,514 m/s o 1,852 km/h).

En el Atlas Climático de Aragón (2007) se presenta un mapa en el que se considera que las calmas medias en Zaragoza son del 10,9% de los días del periodo considerado. Sin embargo, se desconoce la longitud de la serie utilizada así como los criterios para establecer los umbrales.

Gráfico 6-10. Dirección dominante de las rachas de viento muy fuertes y huracanadas en Zaragoza. Periodo 1941-2010



Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
ftp://ftpdatos.aemet.es/series climatologicas/

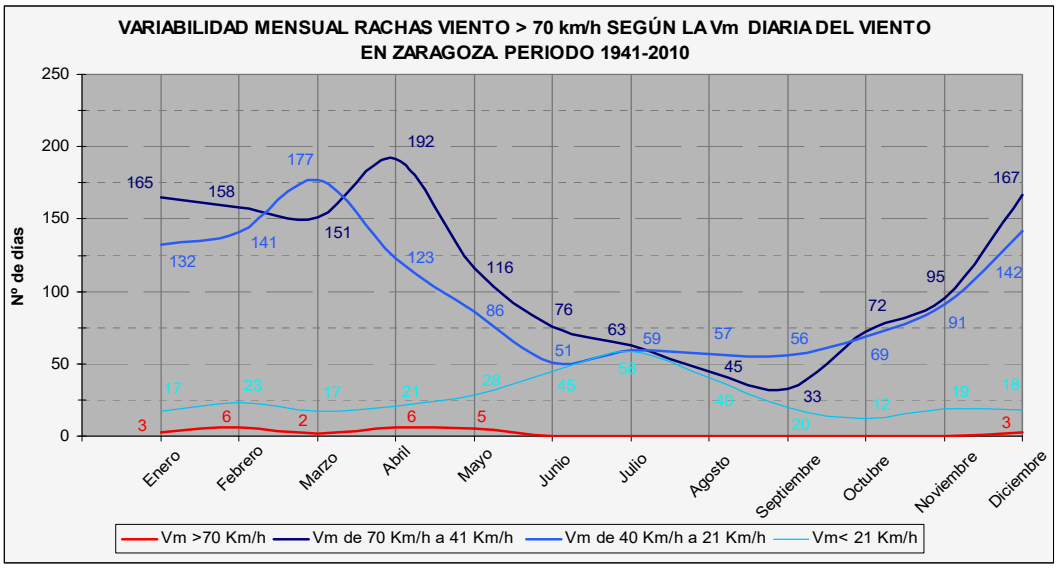
También la variabilidad mensual o estacional de los días con rachas de viento nos aporta información valiosa para extremar las precauciones en determinados momentos del año. En la tabla y en el gráfico siguiente (tabla 6-20 y gráfico 6-11) es posible apreciar cómo de distribuyen las rachas de los vientos muy fuertes y huracanados por meses.

Tabla 6-20. Variabilidad mensual de días con rachas de viento > 70 km/h según la velocidad media diaria del viento en Zaragoza. Periodo 1941-2010

VARIABILIDAD MENSUAL DE RACHAS VIENTO >70Km/h										
MES	Vm>70		Vm 70 a 41		Vm 40 a 21		Vm<21		TOTAL	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Enero	3	0,95	165	52,05	132	41,64	17	5,36	317	100
Febrero	6	1,83	158	48,17	141	42,99	23	7,01	328	100
Marzo	2	0,58	151	43,52	177	51,01	17	4,90	347	100
Abril	6	1,75	192	56,14	123	35,96	21	6,14	342	100
Mayo	5	2,13	116	49,36	86	36,60	28	11,91	235	100
Junio			76	44,19	51	29,65	45	26,16	172	100
Julio			63	35,00	59	32,78	58	32,22	180	100
Agosto			45	31,69	57	40,14	40	28,17	142	100
Septiembre			33	30,28	56	51,38	20	18,35	109	100
Octubre			72	47,06	69	45,10	12	7,84	153	100
Noviembre			95	46,34	91	44,39	19	9,27	205	100
Diciembre	3	0,91	167	50,61	142	43,03	18	5,45	330	100
Nº total de días	**25**	**0,87**	**1.333**	**46,61**	**1.184**	**41,40**	**318**	**11,12**	**2.860**	**100,00**

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/. Elaboración propia

Gráfico 6-11. Variabilidad mensual de días con rachas de viento > 70 km/h según la velocidad media diaria del viento en Zaragoza. Periodo 1941-2010



Fuente: Agencia Estatal de Meteorología.
ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/ Elaboración propia

–En los meses fríos, de octubre a mayo, el territorio queda afectado por la dinámica circulatoria del área templada con predominio de los vientos del oeste, con flujos de aire húmedo a baja temperatura y familias de borrascas del frente polar portadoras de lluvias.

–En los meses cálidos, especialmente en julio y agosto, con el desplazamiento en latitud del anticiclón de las Azores los vientos del oeste rolan hacia el norte.

–En los equinoccios el territorio está afectado por ambos sistemas de circulación, con alternancia entre ellos y con situaciones del tiempo variantes y complejas.

Tabla 6-21. Variabilidad estacional de días con rachas de viento > 70 km/h según la velocidad media diaria del viento en Zaragoza. Periodo 1941-2010

DISTRIBUCIÓN ESTACIONAL DE RACHAS VIENTO >70Km/h										
ESTACIÓN	Vm>70		Vm 70 a 41		Vm 40 a 21		Vm<21		TOTAL	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
INVIERNO	14	0,49	525	18,36	447	15,63	74	2,59	1060	37,06
PRIMAVERA	11	0,38	414	14,48	298	10,42	64	2,24	787	27,52
VERANO			145	5,07	165	5,77	128	4,48	438	15,31
OTOÑO			249	8,71	274	9,58	52	1,82	575	20,10
Total días con viento	**25**	0,87	**1.333**	46,61	**1.184**	41,40	**318**	11,12	**2.860**	100,00

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología. ftp://ftpdatos.aemet.es/series_climatologicas/
Elaboración propia

En la tabla 6-21 podemos apreciar como la estación con mayores días de rachas de vientos mayores de 70 km/h es el invierno, más que en otoño y verano juntas, seguido por la primavera. Sin embargo, los mencionados días la estación fría son superados por las estaciones equinocciales, como se ha dicho con situaciones variantes y complejas. En cuanto a las velocidades medias de los días con las rachas de viento mayores de 70 km/h son más elevadas en invierno seguidas de la primavera.

Vemos asimismo, como en verano la distribución de de los días de viento se reparte de forma equilibrada entre las velocidades medias.

Una ponderación simple del peso del viento en cada estación, asignado valores de 4 a 1 según la velocidad media descendente, arroja valores de 38 para el invierno, 29 para la primavera, para el otoño 20 y 13 para el verano. Estos datos sugieren que se debe prestar mucha atención ante el riesgo de vientos muy fuertes, en mayor medida en invierno seguida de la primavera. Cuando existan indicios de que puedan producirse vientos fuertes, muy fuertes o huracanados en las líneas de la red de ancho ibérico, se adoptarán, entre otras posibles, las medidas de carácter general indicadas en los siguientes párrafos.

Se prescribirá a los maquinistas *marcha a la vista*[371] al paso por puntos identificados como críticos hasta que sean reconocidos por personal de mantenimiento de las infraestructuras. También, se evaluará la necesidad de abrir estaciones cerradas al tráfico si se considera oportuno y el establecimiento de limitaciones de velocidad en determinados puntos. Además se tendrá previsto un plan alternativo de transporte por si las circunstancias lo requieren. Igualmente se valorará y preverá el desvío, apartado o retención en origen de mercancías peligrosas y transportes excepcionales de acuerdo con las Empresas Ferroviarias (operadores).

Si la velocidad del viento es superior a 70 km/h se alertará a los equipos de mantenimiento de las infraestructuras. También, se procederá a la verificación visual de los trenes, a la entrada, paso y salida por la zona de riesgo, con especial atención a la sujeción de los toldos de los vagones. Si la velocidad del viento es superior a 90 km/h, se asegurará el cumplimiento estricto de las prescripciones de cargamento establecidas al efecto; si no es posible cumplirlas se prohibirá la circulación de los vagones cuyos cargamentos no las cumplan.

En el caso de trenes en circulación con plataformas de contenedores cuyas clavijas, por su disposición o características no cumplan dichas prescripciones de cargamento, ante el riesgo de basculamiento del contendor, podrá disponerse el apartado del tren en la primera estación con capacidad para su reconocimiento.

Accesoriamente se suspenderá la circulación por ambas vías en cada trayecto por el que el tren pase o halla pasado hasta el reconocimiento de la integridad del cargamento. Si esta solución no se considera oportuna podrá ordenarse la circulación con *marcha a la vista*, sin exceder la velocidad de 60 km/h, al primer tren que circule a continuación en cualquier sentido por cada vía en dichos trayectos.

Cuando la velocidad del viento se encuentre entre los 100 km/h-120km/h, se establecerá la limitación de velocidad de los trenes a 100 km/h en los puntos críticos y la prescripción al maquinista la circulación con *marcha a la vista*; si bien, en la actualidad los trenes de mercancías no exceden esta velocidad, hace pocos años sí que los trenes de contenedores de la Red Teco circulaban a 120 km/h si el material lo permitía. Con vientos superiores a 120 km/h se suspenderá la circulación de los trenes.

En las terminales, por su parte, se adoptarán entre otras medidas, el correcto cumplimiento de las prescripciones de cargamento citadas anteriormente en cuanto al amarre de los toldos que cubren las mercancías en los vagones procurando el tensado de amarres y del propio toldo. Asimismo, el amarre al vagón de los contenedores y cajas móviles, cerrados, vacíos o cargados, con un peso total inferior a 1200 kg cuyas clavijas no cumplan dichas prescripciones de cargamento. También deberán

[371] La **marcha a la vista** impone al maquinista la obligación de avanzar con prudencia, regulando la velocidad de acuerdo con la parte de vía que aparece delante, de forma que sea posible detener el tren ante cualquier obstáculo visible desde la cabina de conducción o ante una señal de parada.

amarrarse los contenedores tipo *flat* cuando circulen en retorno vacíos, plegados y apilados sobre el vagón.

Por otra parte, en las terminales con vientos frecuentes el apilamiento de los contenedores[372] en la playa de estocaje sólo podrá alcanzar tres alturas por el riesgo de basculamiento y caída, con el consiguiente peligro para los trabajadores y el material. En cuanto a las operaciones de manipulación de contenedores y cajas móviles, las grúas pórtico tienen implantado un dispositivo de seguridad que provoca su detención inmediata cuando la velocidad del viento supera los 71-72 km/h.

Por último, señalaremos que otra medida muy importante es la colocación de calces antideriva en el material estacionado si la velocidad del viento es superior a 50 kms/h, para evitar accidentes provocados por la posible deriva de cortes de material.

En esta línea, indicaremos igualmente la necesidad del apriete de los frenos de estacionamiento de los vagones estacionados en las terminales, especialmente cuando la declividad[373] de la vía, o parte de la misma, es mayor de 3‰; esta medida es fundamental extremarla en dichas terminales los días de viento.

▪NIEBLA

Es frecuente que en los meses invernales la unión del anticiclón de las Azores por su desplazamiento hacia el norte con el anticiclón frío continental europeo bloquee la penetración de borrascas y frentes asociados, causando intensas y persistentes nieblas[374]. Desde el punto de vista de la visibilidad, dichas nieblas, dificultan la circulación de los trenes y generan riesgos para ella.

Las variaciones del alcance visual en términos meteorológicos reciben el nombre de visibilidad horizontal[375]. La podemos definir como la distancia máxima a la que un

---

[372] Las cajas móviles no son apilables, si bien hay investigaciones para el reforzamiento de su estructura y poder apilarlas.

[373] La proporción de vehículos que deben llevar apretados el freno de reserva está en función de la declividad: 0-2‰, uno de cada cincuenta; 3-5‰, uno de cada veinte; 6-16‰, uno de cada ocho; 17-25‰, uno de cada cinco; 26-30‰, uno de cada cuatro.

[374] Existen distintos tipos de niebla según sea su origen:

Niebla de irradición: se produce en las masas de aire que permanecen mucho tiempo sobre mismo lugar y que pierden calor por irradiación nocturna. Es típica de anticiclones continentales fríos de invierno y se da durante las noches despejadas y con alta humedad relativa. Tiene poco espesor, aunque si existe algo de viento que, además, forma alguna turbulencia la capa de niebla puede alcanzar incluso los 200 metros de altura dificultando mucho la visibilidad horizontal (no tanto la vertical).

Niebla de advección: se produce por enfriamiento de una masa de aire caliente y húmeda al pasar por una superficie muy fría, por lo que es necesario la existencia de un ligero viento. Puede formarse tanto de día como de noche y suele ser muy persistente, manteniéndose mientras dure la penetración del aire cálido y húmedo, además, tiene gran espesor, pudiendo alcanzar hasta los 500 metros en altura. Se produce sobre los mares aunque también se forman sobre los continentes en el invierno cuando éstos están más fríos que el aire procedente del mar.

Niebla de ríos y lagos: se forma cuando una masa fría de aire se mueve sobre agua que está más caliente que ella. Produciéndose la evaporación desde la superficie del líquido, el vapor se eleva y al encontrarse con el aire frío de arriba se satura, formándose la condensación con la apariencia de "humo" saliendo de la superficie del agua. Se suelen producir en otoño y comienzos del invierno cuando las superficies de los ríos y lagos están aún mas calientes que el aire sobre ellos. Son muy superficiales, su grosor apenas llega a los 200 metros, aunque son muy espesas y dificultan mucho la visión.

[375] La visibilidad horizontal puede variar de la vertical, máxima distancia que vería el observador sobre su cabeza, por la turbidez del aire como consecuencia de la presencia de polvo. Dichas partículas tienden a juntarse por su propio peso en las capas inferiores de la atmósfera, por lo

observador puede distinguir claramente algunos puntos de referencia en el plano horizontal a donde él se encuentra; estos objetos son puntos conocidos que nos indican diferentes distancias desde el punto de observación.

En el cuadro siguiente (ver cuadro 6-1), se ha realizado una pequeña adaptación de la escala internacional de visibilidad del aire, aplicable a la visibilidad horizontal, con el objeto de separar la neblina de la calima.

Nos ha parecido conveniente, puesto que, en dicha escala se considera la visibilidad de ambas en la misma categoría; sin embargo en el primer caso se trata de partículas de agua y en el segundo de partículas secas. Indicaremos también, que las diferencias entre la neblina o bruma y la niebla únicamente son el menor tamaño y menor cantidad de las gotas microscópicas que la forman; ello implica distintos grados de visibilidad.

Como se puede apreciar en el mencionado cuadro los grados extremos de la escala son *visibilidad nula*, que corresponde a la niebla densísima, y la *visibilidad máxima*, correspondiente a la transparencia absoluta. En cuanto a los riesgos identificados para el subsistema ferroviario derivados de la presencia de niebla podemos citar:

- Disminución de la visibilidad: se reduce de forma brusca la visibilidad, a veces, de improviso.
- Menor Adherencia rueda-carril

Cuadro 6-1. Escala Internacional de Visibilidad del Aire

METEORO INTENSIDAD	LÍMITES (m)	VISIBILIDAD	CLAVE
NIEBLA			
Densísima	0-25	Nula	00
Muy densa	25-50	Nula	0
Espesa	50-100	Muy poca	1
Moderada	100-500	Muy poca	2
Débil	500-1.000	Poca	3
NEBLINA o BRUMA			
	1.000-2.000	Escasa	4
	2.000-4.000	Poca	5
	4.000-10.000	Moderada	6
CALIMA			
	1.000-2.000	Escasa	4
	2.000-4.000	Poca	5
	4.000-10.000	Moderada	6
ATMÓSFERA DIÁFANA			
	10.000-20.000	Buena	7
	20.000-50.000	Muy buena	8
	>50.000	Excelente	9

Fuente: Jansa Guardiola, J. M. (1968, p. 94-99) y Llorente Martínez, F. (www.meteored.com)
Elaboración propia

En el centro del Valle del Ebro las nieblas frecuentes son las de irradiación y las asociadas al río Ebro, ambas aportan humedad al aire; en Zaragoza se acentúan, además, por la confluencia de los ríos Gállego y Huerva, siendo más frecuentes y persistentes. Su topografía, en forma de cubeta, tiene como principal efecto el

tanto, la visibilidad dirigida en sentido horizontal tiene que atravesar estos estratos más turbios en todo su grosor, mientras que la visibilidad vertical los atraviesa en el sentido de menor espesor.

estancamiento de las masas de aire cuando lo favorece una situación atmosférica estable.

En invierno se acelera la pérdida nocturna de calor por irradiación y se acumula y se acumula aire frío en el fondo del valle, con mínimas muy bajas y formación de nieblas por inversión térmica en las capas más bajas. De esta forma, la niebla es persistente en los valles fluviales mientras que el cielo está despejado en altura.

Como ya hemos dicho, la unión del anticiclón de las Azores con el anticiclón frío continental europeo provoca situaciones de estabilidad atmosférica. Así, en los meses invernales se favorece el enfriamiento y la acumulación del aire frío, que al ser más denso y pesado, se estanca en las zonas deprimidas. El proceso de formación de la niebla puede verse favorecido también por débiles corrientes de aire procedentes del sureste, que aportan humedad y `provocan el desarrollo de turbulencias internas en las masas de aire.

Es frecuente que la niebla se forme en la tarde-noche por la pérdida de calor y que se disipen a mediodía, cuando el calentamiento de la masa de aire por la radiación solar permite que el vapor de agua permanezca en estado gaseoso, y por la noche vuelva a aparecer. En Zaragoza el número medio anual de días de niebla fue de 28 días durante el periodo 1970-2000, según fuentes de la AEMET.

Sin embargo, para Hernández Navarro y Del Valle Melendo (1989, p.128), durante el periodo 1955-1984, hubo 35,1 días de media anual, lo que podría significar un descenso de los días en los que se manifiesta este meteoro, tal vez, por el incremento de las temperaturas que se está produciendo.

Los meses con más días de niebla, según los datos de la AEMET, corresponden a noviembre (5), diciembre (8) y enero (7), seguidos por febrero (3), marzo (1), abril (1), septiembre (1) y octubre (2). Los tres meses de mayor frecuencia, noviembre, diciembre y enero coinciden con los indicados por los mencionados autores Hernández Navarro y Del Valle Melendo (ibidem), quienes denominan a dichos meses como “trimestre de las nieblas”; también señalan que la distribución mensual de este meteoro tiene una estrecha relación con la distribución mensual de la humedad relativa en el aire.

Por otra parte, señalaremos que las frecuencias acumuladas de la distribución de los datos de días de niebla para el periodo 1955-1984 en Zaragoza, indican que existe una probabilidad del 98,4% de que se produzcan más 12 días de niebla en un año (Hernández Navarro y Del Valle Melendo, 1989, p. 130). En cuanto a las medidas a adoptar para minimizar los riesgos en la circulación de los trenes, señalaremos que se pueden clasificar según la naturaleza del riesgo en dos grupos.

En primer lugar, las relacionadas con la visibilidad, sobre las que indicaremos, en líneas generales, que lo más importante una vez dentro de la niebla es ver y ser visto. En segundo lugar, las relacionadas con la adherencia rueda-carril para evitar el patinaje[376] que pudiera producirse de las ruedas sobre el carril, puesto que la adherencia impone un límite al esfuerzo de tracción ejercido por las ruedas a una velocidad dada; si el carril está sucio y ligeramente húmedo el coeficiente de adherencia disminuye (la pérdida puede estar en torno al 25%)[377]. Así, entre las relacionadas con la visibilidad podemos citar:

[376] **Patinaje**: diferencia entre el par motor y el par resistente, la cual da lugar a acelerar la rotación del eje y de las masas giratorias que le son solidarias.

[377] El **coeficiente de adherencia**, en el proceso de tracció, expresa el cociente entre la fuerza horizontal máxima que puede transmitir un eje motriz sin que la rueda patine y la masa que soporta dicho eje. El coeficiente de adherencia es máximo en el arranque.

–Las señales de cabeza y cola de los trenes darán su indicación de noche.

–Vigilancia del buen funcionamiento de los sistemas anti-vaho.

–Debe de disminuir la velocidad de la marcha de acuerdo con la visibilidad y las características del trayecto, a excepción de las líneas en las que la infraestructura y los trenes estén dotados con señalización en cabina de conducción cuando circulen en este modo.

–El maquinista reducirá la gran intensidad del foco delantero o lo apagará, puesto que las luces de gran intensidad son reflejadas en la niebla pudiendo deslumbrar al maquinista.

–Usar frecuentemente el silbato de del tren en estaciones, pasos a nivel o travesías por núcleos urbanos.

Por su parte, entre las relacionadas con la adherencia rueda-carril citaremos:

–Vigilancia del buen funcionamiento de los areneros, así como, la dotación de arena. El uso de arena[378] es de forma tradicional la medida más habitual para incrementar puntualmente la adherencia rueda-carril.

–Vigilancia de los sistemas antideslizantes de la locomotora, como por ejemplo el freno antipatinaje.

–Vigilancia del cumplimiento de las toneladas de carga programadas en el plan de transportes para cada tren y locomotora.

6.1.4. El tejido industrial en el área metropolitana de Zaragoza

Desde mediados del siglo XIX en que comenzó el proceso de industrialización de Zaragoza, alimentado por empresarios emprendedores y por el éxodo rural, la ciudad ha recorrido distintas y sucesivas etapas. Así, consolidó la función industrial al finalizar la Guerra Civil; despegó económicamente en la etapa de estabilización y desarrollo de la década de los sesenta del pasado siglo, favorecida por su inclusión en el I Plan de Desarrollo Económico y Social (1964-1967).

Como polo de desarrollo sufrió las crisis económicas de las décadas de los años 70, 80 y 90 del pasado siglo. Sin embargo, ha alcanzado una proyección nacional e internacional motivada por la internacionalización de las relaciones de nuestro país y, más recientemente por la globalización económica.

En el proceso de frenado la adherencia es mucho más alta que en el proceso de tracción, parque es mayor la masa adherente, es decir, la masa que apoya sobre la rueda motriz.

Existen diversos factores que influyen en la adherencia, entre ellos, las condiciones climatológicas, el peso de la rueda, su diámetro, el perfil de la rueda y de la cabeza del carril, la contaminación en el carril, el sistema de tracción y de control eléctrico, la geometría de vía (nivelación o curvas) o la velocidad.

El **esfuerzo de tracción** es la resultante de las fuerzas producidas por el tren en sentido de su marcha y que se opone a las resistencias al avance. El **esfuerzo de frenado** es la resultante de las fuerzas que se realizan desde los diferentes frenos del tren y que se oponen al avance, sumando su acción, por lo tanto, a las resistencias al avance.

[378] La arena puede presentar otros inconvenientes como el incremento del desgaste de la superficie de los carriles, efectos perjudiciales para el buen funcionamiento sobre instalaciones eléctricas de mando de enclavamientos, señales, aparatos de vía, etc. Por ello se investigan otros procedimientos y otras tecnologías.

A través de todas las etapas la ciudad ha mantenido de forma sostenida en el tiempo, con mayor o menor intensidad, un pujante dinamismo económico que cimentó la expansión urbana y el proceso de metropolización.

Dicho proceso, si bien continúa de forma débil, con las puntualizaciones y matices introducidos, coexiste con otros procesos urbanos también trascendidos como los de desurbanización, contraurbanización, periurbanización, rururbanización o con el más moderno y potente proceso de metapolización por el que los territorios se configuran como espacios de lugares y flujos.

El dinamismo industrial del área metropolitana

En el informe económico de Aragón (Fundear, 2008, p. 3), se dice que nuestra Comunidad ha protagonizado un fuerte crecimiento económico durante la última década anterior a la crisis y que tuvo su culminación en los excelentes resultados reflejados en el ejercicio de 2007. La inversión en capital fijo y la internacionalización de las empresas resultaron factores decisivos para explicar la buena marcha de la economía aragonesa. No obstante todo ello, las diversas crisis promovidas por las distintas coyunturas económicas nacionales e internacionales, así como, por la estructura económica española han desacelerado en distintos momentos su desarrollo económico.

Precisamente, en el mismo informe también se dice que el contexto internacional ha ido caracterizándose paulatinamente "…por la inestabilidad financiera, la trayectoria alcista del precio del petróleo y otras materias primas, el deterioro de las perspectivas de inflación y el inicio de un ajuste macroeconómico en las principales economías desarrolladas." (Fundear 2008, p. 19)

La crisis económica en la que nos encontramos inmersos ha hecho tambalearse las economías, mundial, española y aragonesa. La recesión económica que comenzó en los años 2007-2008 pasará a la historia económica mundial por su intensidad y por ser la primera crisis económica verdaderamente global. Así, la economía aragonesa en el año 2008 siguió una trayectoria de gradual desaceleración y, a partir del cuatro trimestre, alcanzó tasas de crecimiento interanuales negativas que acabaron abocándola a la recesión durante la primera mitad del año 2009 (Fundear, 2009, p. 11).

Sin embargo, hay signos de se comienza a salir de la crisis, son más discretos en España y algunas Comunidades Autónomas, como la Aragonesa, pero existen factores para un optimismo moderado, aunque planea la inquietud a una nueva recensión ante los ataques especuladores al euro, los niveles de endeudamiento de los países, etc.

Entre los mencionados factores, podemos citar el dinamismo de la ciudad de Zaragoza y de su área metropolitana (o de influencia), así como, de sus agentes sociales y económicos. Así mismo, cuenta con un tejido industrial tecnológicamente avanzado que realiza elevadas inversiones en I+D+i, generando gran capacidad de arrastre hacia otras empresas y sectores; en dicho tejido, también existe un ambiente industrial de colaboración y de formación de clusters y los trabajadores cuentan con buenos niveles de formación y especialización, logrado por la fuerte colaboración universidad-empresa.

De esta forma, en nuestra opinión, las sinergias producidas por el juego de todos estos factores harán que Zaragoza continúe siendo el motor de la economía aragonesa. La Renta Disponible Bruta (RDB)[379] del municipio de Zaragoza según el IAEST (2010) fue

[379] La renta disponible bruta es definida por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en la Contabilidad Regional de España, como la suma total de los ingresos procedentes del trabajo,

en 2008 de 11.830 millones de euros; supuso el 91,69% de la comarca D.C. Zaragoza y el 53,25% de todo Aragón.

En cuanto al conjunto de Aragón, según se indica en la proyección para el año 2011 de las Cámaras de Comercio realizado en diciembre del pasado año (Perspectivas 2011 de las Comunidades Autónomas, 2010, p.3)[380], los empresarios prevén una mejora moderada de su cifra de negocio para 2011; sin embargo sus expectativas de crecimiento de las exportaciones contrastan con sus previsiones de estancamiento de las ventas interiores. También opinan que en 2011 se consolidará la recuperación de la industria[381].

Se mantendrá débil el crecimiento de los servicios y se prolongará el comportamiento contractivo de la construcción. No obstante lo anterior, y centrándonos en Aragón, en la encuesta de coyuntura industrial realizada en enero de 2011 por el Consejo Aragonés de Cámaras y la CREA[382] (Confederación de Empresarios de Aragón), se dice que en el año 2010 un 26,5% de las industrias utilizó menos de la mitad de su capacidad productiva y un 60% menos del 70%.

Además, se indica que un 61%-62% de las industrias percibieron como baja la demanda industrial del año 2010 en los mercados nacional y extranjero, respectivamente (el 3%-5% la percibieron alta y el 36%-33% normal, respectivamente). Esto sugiere que la demanda de transporte es sensiblemente inferior a la que hubo antes de producirse la crisis económica, especialmente, en el modo ferrocarril.

Como se aprecia en la tabla siguiente (ver tabla 6-22) el transporte de mercancías por ferrocarril, si bien, ha caído de forma continuada en los últimos años, ha experimentado un descenso más acusado desde que comenzó la crisis económica en el año 2007/2008, tanto en los tráficos intermodales como en los convencionales no contenerizados. En el año 2008, el transporte ferroviario representó el 2,73% en la distribución modal del transporte interior de mercancías en España, aunque parece que existe un modesto repunte[383].

---

más las rentas del capital, prestaciones sociales y transferencias, menos los impuestos directos pagados por las familias y las cuotas pagadas a la seguridad social (IAEST, 2005, p.5).

[380] Encuesta cualitativa sobre el clima empresarial en Europa, España y Aragón. El informe fue elaborado a finales de 2010 por las Cámaras de Comercio, coordinada por Eurocámaras, a partir de la opinión de 70.555 empresarios europeos, de los cuales 67.434 son miembros de la Unión Europea y 9.234 españoles.

[381] En Aragón la producción industrial continúa creciendo por sexto mes consecutivo, con una tasa media de crecimiento en los primeros cuatro meses del año del 4,4%, como consecuencia del buen comportamiento de los Bienes de Equipo y la Energía, frente a los fuertes descensos de los Bines de Consumo Duradero y no duradero, y a la caída de los Bienes Intermedios. La variación interanual del Índice de Producción Industrial (IPI) original (sin corregir) se sitúa en abril en el 3,1%., a considerable distancia de la media española, situada en el -4,1%.

Indicaremos, que por ramas de actividad se aprecia en general una evolución negativa, especialmente, en la industria extractiva. En la industria manufacturera, destacaremos el comportamiento negativo de la "Industria del Tabaco", la "Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos", la "Fabricación de otro material de transporte" y la "Fabricación de productos farmacéuticos" . En el lado opuesto destacan las "Artes gráficas y reproducción de soportes y grabados". (Fuente: CREA, 2011, junio, pp. 1 y 2).

[382] La encuesta recoge la opinión de 244 industrias, con al menos un trabajador, sobre la situación de su empresa en el ejercicio 2010 y sus perspectivas para el año 2011.

(http://www.camarazaragoza.com/publicaciones/documentos/documento413.pdf).

[383] Para tratar de revitalizar y potenciar el transporte ferroviario de mercancías el Ministerio de Fomento presentó en septiembre de 2010 el Plan Estratégico para el Impulso del Transporte Ferroviario de Mercancías en España (PEITFM) (Ministerio de Fomento, 2010c). Además, en

Tabla 6-22. Producción de transporte de mercancías por ferrocarril. Periodo 2003-2010

TRÁFICO DE MERCANCÍAS POR FERROCARRIL DE ANCHO IBÉRICO (RFIG) REALIZADO POR RENFE OPERADORA								
AÑO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
NO CONTENERIZADAS	7.392	8.043	7.067	7.031	7.211	6.415	4.438	4.687
INTERMODAL	4.473	3.884	4.003	3.981	3.336	3.322	2.535	2.730
TOTAL TRÁFICO	11.865	11.927	11.070	11.012	10.547	9.737	6.973	7.417
Unidades:Millones TKm								
VARIACIÓN INTERANUAL DEL TRAFICO. PERIODO 2003/2010 (%)								
AÑO	Δ 2003/2004	Δ 2004/2005	Δ 2005/2006	Δ 2006/2007	Δ 2007/2008	Δ 2008/2009	Δ 2009/2010	Δ 2003/2010
NO CONTENERIZADAS	8,8	-12,1	-0,5	2,6	-11,0	-30,8	5,3	-36,6
INTERMODAL	-13,2	3,1	-0,5	-16,2	-0,4	-23,7	7,1	-43,3
TOTAL TRÁFICO	0,5	-7,2	-0,5	-4,2	-7,7	-28,4	5,9	-38,9

Fuente: Estadísticas de Transporte [en línea], Transporte por ferrocarril, Renfe Oeradora, Ministerio de Fomento [consulta julio 2010]. http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ESTADISTICAS_Y_PUBLICACIONES/INFORMACION_ESTADISTICA/Transporte/RENFE/default.htm

Elaboración propia

Sin embargo, la capacidad generadora de demanda de transporte de mercancías por las empresas está influenciada por muchos factores. En el transporte por ferrocarril, como ya se ha visto, por sus propias características está todavía más condicionada.

Alguno de los factores que pueden influir en la demanda potencial, y que nos interesan especialmente son la localización de las empresas, su volumen de producción y ventas, y su alcance desde el punto de vista geográfico. Dichos factores podemos relacionarlos con la generación de umbrales críticos de transporte, es decir, con trenes puros o lotes significativos y con la productividad del sistema, medida en toneladas y toneladas kilómetro. Asimismo, asociado a todos estos factores indicamos también los canales y redes de distribución.

La capacidad de demanda potencial de transporte ferroviario que tienen las empresas se tratará en el apartado siguiente, aunque la dificultad de obtener datos desagregados sólo nos permitirá realizar estimaciones. Es conocida la dificultad de conocer el volumen de producción de cada empresa, los orígenes de las materias primas y bienes intermedios que necesitan como *imputs* productivos y también los destinos de los bienes intermedios y finales.

En cuanto a la distribución espacial de la actividad productiva, señalaremos que en Aragón, en general, se distribuye de manera heterogénea en el espacio, principalmente porque la propia intensidad de la actividad está muy concentrada en la capital aragonesa y, en menor medida, en capitales provinciales y algún otro núcleo.

Además, las diferencias también pueden ser cualitativas no sólo cuantitativas. Cada municipio o comarca puede mostrar un predominio de una actividad sobre otra, dando lugar a paisajes económicos diferentes en cuanto a su composición.

Dichas características son más evidentes si nos centramos en el sector industrial en nuestra área de estudio, porque además de evidenciar las pautas espaciales de localización industrial, muestra la gran capacidad de atracción que tiene la centralidad de Zaragoza conferida por su posición estratégica, que le ha asignado históricamente las funciones de alto rango y cuya naturaleza le han otorgado su carácter de capitalidad.

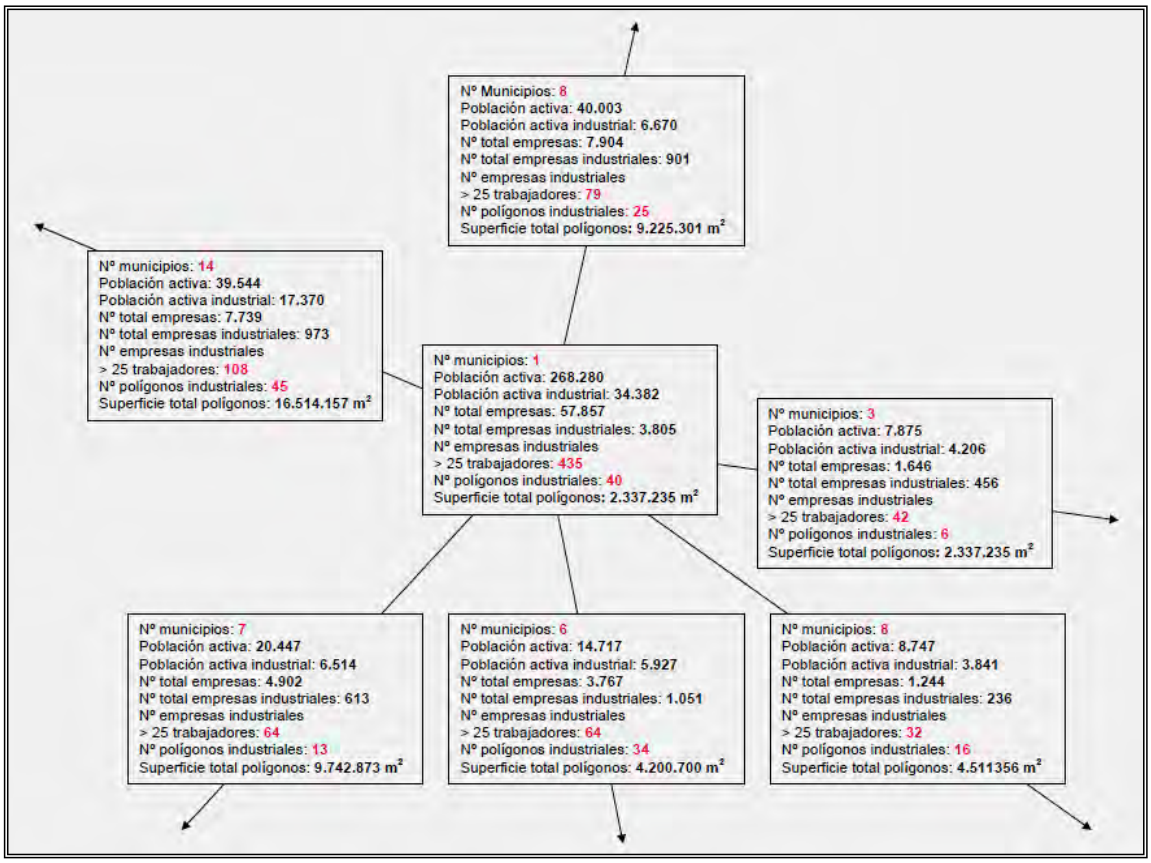
Así, entre otros procesos, la actividad industrial se relaciona con la expansión del plano urbano de Zaragoza, que siguió en una primera fase un desarrollo axial y, en una segunda, fue cerrando los espacios inter-axiales con una dinámica de “mancha de aceite”.

mayo de 2011 se firmaron ocho protocolos para el estudio y desarrollo de las terminales logísticas intermodales en el territorio, contempladas en el mencionado Plan Estratégico.

Asimismo, con el progresivo desarrollo industrial del territorio desde mediados del siglo XIX, acelerado a partir de los años del desarrollismo económico de los años sesenta del siglo pasado, con el ya mencionado I Plan de Desarrollo de los años 1964-1967, por que se creó el polo de desarrollo de Zaragoza. También con los sucesivos planes de ordenación urbana que fueron empujando gradualmente a las empresas fuera del casco histórico hacia la periferia y el espacio periurbano. De esta forma, a partir de lo que hemos dado en llamar origen –Zaragoza—, puesto que surgen de este nodo central, se prolongan cinco ejes a lo largo de los cuales se asientan un número significativo de empresas (ver figura 6-4 y mapa 6-12); de ellas son las del sector industrial las que tomaremos en consideración para el análisis.

Dichos ejes se han constituido siguiendo los ejes viarios trazados que discurren por las vías naturales de acceso a Zaragoza a través de los valles de los afluentes del río Ebro y de este mismo río, por ambas márgenes. Así, el eje norte desde el Pirineo Central sigue el valle del río Gállego, el eje sur desde el Levante el del río Huerva y el suroeste, desde la Meseta Central, sigue el valle del río Jalón. En cuanto al valle del río Ebro lo siguen desde el norte peninsular por su margen derecha el eje noroeste que, desde Zaragoza, se bifurca en dos ejes con dirección sureste siguiendo ambas márgenes el río, por la izquierda hacia Cataluña y por la derecha también hacia esta región y hacia el levante peninsular.

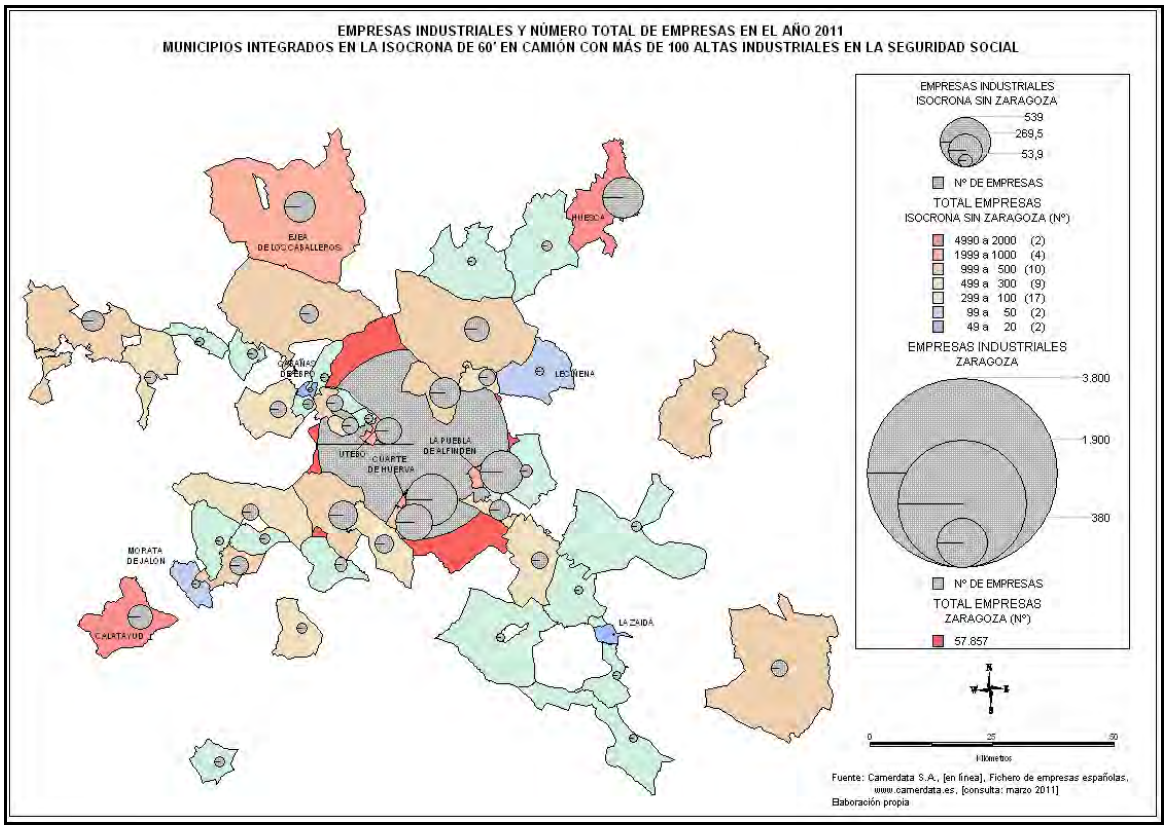
Figura 6-4. Ejes industriales isocrona 60'. Estructura sector industrial 2010



Fuente: Camerdata S.A. [en línea], Fichero de Empresas Españolas [consulta: marzo 2011]. www.camerdata.es
Instituto Aragonés de Estadística [en línea], Afiliados a la Seguridad Social según municipio de la razón social, año 2010 [consulta: febrero 2011]. http://bonansa.aragob.es:81/iaest/fic_mun/excel/MercadoTrabajo_Municipios.xls
Instituto Aragonés de Fomento [en línea], Suelo Industrial en Aragón 2009, www.iaf.es, [consulta: marzo 2011]
Elaboración propia

En el mapa 12 observamos el número total de empresas instaladas y el número de empresas industriales, a principios de 2011, instaladas en cada municipio y como su distribución perfila los mencionados ejes. En cuanto a la actividad económica en su conjunto, considerando el número de empresas en todos los sectores productivos, destacan Zaragoza, como nodo central, Huesca y Calatayud como nodos secundarios. Sin embargo, la gran diferencia del valor de la variable entre estos nodos refleja el desarrollo del sistema urbano aragonés.

Mapa 6-12. Empresas instaladas dentro de los límites de la isocrona de 60' en camión de los municipios con más de 100 altas industriales en la Seguridad Social



Por una parte, la metrópoli, rectora de las distintas funciones autonómicas y metropolitanas y centro colector de la población aragonesa, como pone de manifiesto la concentración del 50,11 % de la población autonómica en su espacio. Por otra, Huesca -capital de provincia- y Calatayud -cabecera supra-comarcal-, cada una de ellas ejerce una influencia con menor alcance en el territorio tanto por el rango de las funciones como por su intensidad. La primera, en la transición de los Pirineos al centro de la Depresión del Ebro; la segunda, en el sector occidental de la depresión intraibérica.

En cambio, si nos centramos sólo en la función industrial se puede apreciar como el número de empresas instaladas en los municipios no se corresponde con la distribución mencionada en el mapa 6-12. Se perfila un mapa industrial en el que es más patente la influencia de Zaragoza, bien por el número de municipios con una significativa cantidad de empresas industriales o por la gran cantidad de empresas en un municipio determinado.

Por último, indicaremos, que también se puede apreciar el efecto disuasor de la distancia a lo largo de todos los ejes, disminuyendo el número de industrias implantadas en los municipios a medida que nos alejamos de Zaragoza, con las excepciones de Huesca, capital de la provincia, y las cabeceras supracomarcales de Calatayud, Tarazona y Ejea de los Caballeros con mayor número de funciones y de

mayor rango y, por lo tanto, con mayor capacidad de atracción de actividades económicas dentro de su área de influencia (ver mapas 6-12 y 6-13).

Elementos del subsistema industrial del área metropolitana: distribución y estructura

En este punto se verán algunas características de los elementos del tejido industrial del área metropolitana que nos permitirán, con posterioridad, realizar las mencionadas estimaciones de la demanda potencial de servicios de transporte del conjunto de empresas de nuestra área de estudio.

Veremos en primer lugar, de forma sucinta, la población activa ocupada en el sector industrial en cada municipio, para situar mejor en su contexto la estructura empresarial, que es el subsistema de producción. Incluye al subsistema anterior y, por lo tanto, hacia donde focalizamos nuestro interés por su mayor capacidad explicativa de la demanda potencial que se verá posteriormente.

Se completará con otro elemento complementario de los anteriores, los polígonos industriales, cuya localización, dimensiones y especialización son también necesarios para realizar nuestro análisis. Puntualizaremos, que para este trabajo no se tendrá en cuenta la destrucción del tejido productivo ni la desaparición de empresas y empleo generado por la crisis.

También, que ante los diversos cambios producidos y la rapidez de los mismos existe una gran dificultad en la obtención de datos homogéneos y significativos presentados con altos niveles de desagregación; dificultad reforzada por la opacidad divulgativa de información de las propias empresas. Por otra parte, en cuanto a las necesidades de las empresas de servicios de transporte de mercancías recordaremos lo ya dicho sobre que los servicios de transporte de mercancías por ferrocarril son servicios de alto rango y por ello en su mayoría están centralizados en Zaragoza.

La ciudad, lugar donde se han concentrado los flujos, es el nodo principal de la red aragonesa y uno de los principales de la red ferroviaria española, incluso en el territorio europeo, es un nodo importante en la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T). Como consecuencia, el alcance de este servicio excederá los límites del área metropolitana. Así, desde este punto de vista, la influencia de la metrópoli podría llegar hasta el punto de ruptura (*break point*) del área de influencia del mencionado servicio. Dicho punto de ruptura se encontraría en los límites del área de influencia de otros nodos funcionales del transporte ferroviario.

No obstante, en el caso concreto de los centros de distribución y su localización en el territorio obedece a otros condicionantes como ya se ha visto en el apartado 4.3; dependen también de las estrategias empresariales y de los canales de distribución (red de comercialización y de transporte). Por lo tanto, la influencia de la metrópoli puede difuminarse y no obedecer a una lógica meramente espacial.

Para el análisis de la demanda potencial de los municipios se ha decidido desestimar los municipios con menor actividad productiva industrial. Indicaremos que entre los 170 municipios integrantes de la isocrona de 60’ en camión únicamente se han seleccionado 47.

Se ha utilizado como primer criterio que tuviesen más de 100 activos industriales afiliados a la seguridad social[384] en el año 2008, antes de sentirse plenamente los efectos de la crisis y la consiguiente destrucción de empresas y puestos de trabajo.

[384] Puntualizaremos, que se han utilizado las estadísticas de Afiliación de Trabajadores al Sistema de la Seguridad Social al no disponer de las mismas para la población activa o población ocupada por sectores de actividad, desagregadas a escala municipal.

“Las afiliaciones a la Seguridad Social recogen el numero de trabajadores en alta que realizan una actividad laboral, por lo que miden la ocupación.” (González, C.I. y Senra, E., 2010, p. 209).

También hemos utilizado los datos del año 2010 para poder ofrecer una aproximación al dinamismo industrial de los municipios y a las consecuencias de la crisis económica, calculando para el periodo 2008-2010 la variación en el número de afiliaciones a la Seguridad Social de dichos activos industriales.

Por otra parte, en cuanto a la estructura empresarial de los municipios, como segundo criterio, se prestará especial atención a las empresas industriales con plantillas de más de 25 trabajadores[385] y, como tercero, a la existencia de polígonos industriales. Es difícil encontrar municipios que no cumplan la primera condición y sí la segunda y la tercera. La razón de este interés radica, en primer lugar, en la mayor facilidad para alcanzar el umbral de masa crítica para el transporte por ferrocarril si existen varias empresas de más de 25 trabajadores en el mismo municipio y, la segunda, en las sinergias y beneficios que se pueden encontrar en la agrupación de empresas, tales como la creación de clusters industriales.

Indicaremos que se ha utilizado el criterio de empresas con más de 25 trabajadores, aun correspondiendo este estrato a la consideración de empresa pequeña, dado que si sólo estimamos a partir del estrato de 50 trabajadores la muestra se reduce considerablemente[386].

Con referencia a la fuente utilizada, el *Fichero de Empresas Españolas* de Camerdata S.A., Indicaremos que el criterio de agrupación de las empresas no se ajusta a la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (C.N.A.E.); utiliza la clasificación del Impuesto de Actividades Económicas (I.A.E)[387].

Puntualizaremos que nuestro interés se centra en el sector industrial por su capacidad de generar demanda de servicios de transporte por ferrocarril. En la clasificación I.A.E. corresponden a los códigos 2, 3 y 4.

El código 2 incluye las empresas cuya actividad se centra en la extracción y transformación de minerales no energéticos y productos derivados; también en la industria química. En el código 3 están las industrias transformadoras de los metales y las de mecánica de precisión. Por último, en el código 4, se incluyen las otras industrias manufactureras. Dichos códigos comprenden la sección B, división 07, 08 y 09, y la sección C de la C.N.A.E. 2009; no está incluida la sección A, si bien, si que lo estarían algunos de los grupos y clases[388].

---

[385] Respecto al número de trabajadores para establecer el tamaño de las empresas se suele aceptar como criterio: microempresa de 1 a 9, pequeña de 10 a 49, mediana de 50 a 250 y grande de más de 250. El INE, a efectos de muestreo, establece nueve estratos:(1-3, 4-9, 10-19, 20-49, 50-99, 100-249, 250-499, 500-999 y 1.000 y más (INE, 2009, p. 6). Para más información ver: Metodología Encuesta Industrial de Empresas 2009.

http://www.ine.es/daco/daco42/encindem/metoeiae2009.pdf

En nuestro caso se ha usado el criterio utilizado por la fuente Camerdata S.A.: microempresa de 1 a 5 y de 6 a10 pequeña; 11 a 25 y 26 a 50 mediana 51 a 100 y 101 a 250; 251 a más de 500 grande (Fichero de empresas españolas, www.camerata.es).

[386] En Aragón el número de empresas con más de 50 trabajadores supone únicamente el 1,60 % del total de empresas implantadas (714), en Zaragoza el 1,90 % (594), en Huesca el 1,03 % (86) y en Teruel el 0,71 % (34).

Fuente: Instituto Nacional de Estadística [en línea], Directorio central de empresas, Empresas por provincias y estrato de asalariados, año 2010, www.ine.es [consulta marzo 2011].

[387] Hay una correspondencia entre ambas clasificaciones, pero no es directa. En el I.A.E. hay más de 1000 epígrafes, mientras que en la C.N.A.E. son alrededor de 760. Algunos epígrafes de la C.N.A.E. agrupan a varios del I.A.E.

[388] La estructura de la C.N.A.E. consta de un primer nivel identificado mediante un código alfabético (secciones), un segundo nivel con un código numérico de dos cifras (divisiones), un

Se ha mantenido la agregación de la clasificación IAE y no se ha establecido un mayor nivel de desagregación por exceder los límites y objetivos de este trabajo. Descender de nivel supone acrecentar considerablemente el volumen de datos y no ha lugar.

No obstante, si que consideramos que sería necesario en un posterior trabajo conocer la estructura completa de los bienes producidos. Es decir, sus características físicas (y químicas en ciertos casos), la estacionalidad, frecuencias, destinos, etc., así como los orígenes de los *imputs* productivos, tales como las materias primas o bienes de consumo intermedio, puesto que son determinantes para dotar de los medios necesarios al subsistema ferroviario en su conjunto (terminales ferroviarias, locomotoras, vagones, frecuencia de servicios, etc.).

Por otra parte, resaltaremos que no se han seleccionado los operadores de transporte y logísticos ni los intermediarios y transitarios (código 7 de la clasificación I.A.E y sección H de la C.N.A.E 2009), puesto que, no son los productores de los bienes susceptibles de ser transportados.

Ellos tan solo organizan y realizan el transporte y la distribución, siendo nuestro interés conocer el volumen total de producción. Además, existen empresas que no tienen externalizadas dichas funciones y son ellas mismas desde el propio lugar de producción las que efectúan dichas operaciones.

Estructura y distribución espacial de la actividad productiva industrial: población activa

Dicho lo anterior, y centrándonos en los elementos del subsistema de producción, comenzaremos con la población activa ocupada en el sector industrial. Se hará de forma breve, sin entrar en detalle, como ya se ha dicho, para reforzar los criterios de valoración de los municipios con mayor capacidad de generación de demanda de servicios de transporte de mercancías; puesto que se discriminarán los establecimientos industriales según el número de empleados, enfatizando para dicha valoración en los que cuentan con más de 25 empleados, como veremos en las páginas siguientes.

Además, no podemos pasar por alto que tras el progresivo deterioro del mercado laboral durante 2008, agudizado en los últimos meses del año, en 2009 se ha notado una prolongación del ajuste en el mercado laboral aragonés. Sin embargo, aunque existen indicios que sugieren una próxima recuperación económica, ésta será lenta y gradual, lo que hará que el mercado laboral continúe debilitado durante el próximo año.

Durante el año 2009 se suscribieron un 20,2% menos de contratos que en el año anterior, dato que corrobora la destrucción de empleo experimentada a lo largo del año. Por su parte, en el año 2010 hubo un incremento de la contratación, para el conjunto de Aragón, especialmente, en los servicios y menor en la industria, aunque existe una tendencia expansiva del empleo industrial, fundamentalmente en el último trimestre del mencionado año (ver mapa 6-13).

En 2011, "…aunque la mayor parte de las industrias prevé mantener su empleo (81,5%), en términos netos un 16,6% piensa que se verá en la necesidad de despedir trabajadores" (Cámara de Comercio y CREA, 2011, p.1).

---

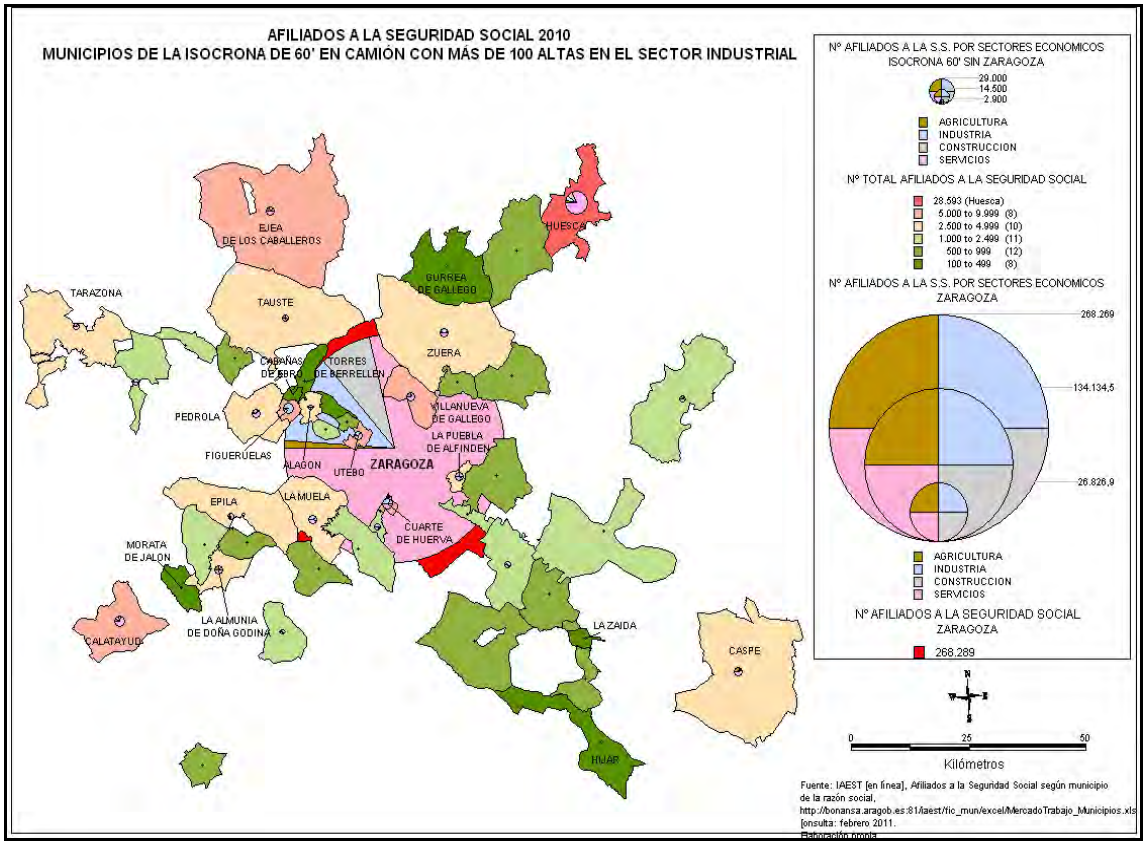
tercer nivel con un código numérico de tres cifras (grupos) y un cuarto nivel con un código numérico de cuatro cifras (clases) (INE, 2008a, Introducción a la CNAE 2009).

http://www.ine.es/daco/daco42/clasificaciones/cnae09/int_cnae_2009.pdf

http://www.ine.es/daco/daco42/clasificaciones/cnae09/estructura_cnae2009.xls

A efectos de la Encuesta Industrial del Instituto Nacional de Estadística, se considera que una empresa es industrial si su actividad principal está incluida dentro de las Secciones B a E de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE-09), (INE, 2009, Encuesta Industrial de Empresas 2009, p. 4). http://www.ine.es/daco/daco42/encindem/metoeiae2009.pdf

Mapa 6-13. Afiliados a la Seguridad Social. Año 2010



La distribución espacial de las afiliaciones a la Seguridad Social en el sector industria, en este caso, para el año 2010 muestra la configuración de los ejes industriales, de la misma forma que ya lo hiciera la distribución espacial de las empresas industriales, como ya se vio.

En la Comunidad Autónoma de Aragón el número de afiliados a la Seguridad Social[389] alcanza los 538.600 activos. Por sectores económicos, la agricultura concentra el 6,75% (36.400), la industria el 18,36% (98.900), la construcción el 9,21% (49.600) y los servicios el 65,69% (353.800).

Comparando la estructura sectorial en el conjunto nacional se observa que Aragón está unas décimas por debajo en agricultura (6,83%) y construcción (8,79%), pero casi cinco puntos porcentuales en servicios (71,38%), lo que la sitúa en el puesto nº 12 del conjunto de Comunidades Autónomas españolas (ver tabla6-23).

[389] Fuente: Ministerio de Trabajo e Inmigración [en línea], Avance Anuario de Estadísticas del Ministerio de Trabajo e Inmigración 2010, Afiliación de Trabajadores al Sistema de la Seguridad Social, Trabajadores afiliados en alta laboral, según sector de actividad y dependencia laboral, por comunidad autónoma y provincia, AFI-21A y AFI-21B.

http://www.mtin.es/estadisticas/ANUARIO2010/AFI/index.htm [consulta: junio 2011].

Señalaremos que esta fuente utiliza la media del año 2010 e incluye en el sector servicios los "no clasificables por actividad económica pertenecientes al colectivo de Cuidadores no profesionales de personas dependientes".

Tabla 6-23. Afiliación de Trabajadores a la Seguridad Social por CC.AA.

AFILIACIÓN DE TRABAJADORES AL SISTEMA DE LA SEGURIDAD SOCIAL. AÑO 2010(1)

COMUNIDADES Y CIUDADES AUTÓNOMAS	TOTAL (2)		AGRARIO			INDUSTRIA			CONSTRUCCIÓN			SERVICIOS		
	Total en miles	% respecto España	Total en miles	% respecto España	% respecto CCAA	Total en miles	% respecto España	% respecto CCAA	Total en miles	% respecto España	% respecto CCAA	Total en miles(3)	% respecto España	% respecto CCAA
TOTAL	17.581,9	100,00	1.200,4	6,83		2.286,0	13,00		1.545,8	8,79		12.549,7	71,38	
NAVARRA (C. FORAL DE)	264,7	1,51	11,9	0,07	4,50	66,7	0,38	25,19	24,2	0,14	9,13	161,9	0,92	61,17
RIOJA (LA)	124,0	0,71	9,7	0,06	7,86	27,7	0,16	22,30	11,6	0,07	9,36	75,0	0,43	60,49
PAÍS VASCO	925,8	5,27	12,7	0,07	1,37	200,2	1,14	21,62	76,4	0,43	8,25	636,5	3,62	68,75
ARAGÓN	538,6	3,06	36,4	0,21	6,75	98,9	0,56	18,36	49,6	0,28	9,21	353,6	2,01	65,69
CANTABRIA	214,2	1,22	7,9	0,05	3,70	34,0	0,19	15,86	22,6	0,13	10,54	149,7	0,85	69,88
ASTURIAS (PRINCIPADO DE)	380,9	2,17	15,5	0,09	4,08	60,4	0,34	15,86	39,4	0,22	10,34	265,5	1,51	69,71
CATALUÑA	3.103,7	17,65	62,3	0,35	2,01	489,2	2,78	15,76	259,0	1,47	8,35	2.293,1	13,04	73,88
CASTILLA Y LEÓN	918,6	5,22	67,8	0,39	7,39	141,8	0,81	15,43	93,2	0,53	10,14	615,8	3,50	67,04
COMUNITAT VALENCIANA	1.692,0	9,62	89,7	0,51	5,30	260,2	1,48	15,38	147,5	0,84	8,72	1.194,6	6,79	70,60
GALICIA	1.007,4	5,73	72,5	0,41	7,20	154,1	0,88	15,29	108,9	0,62	10,81	672,0	3,82	66,70
CASTILLA-LA MANCHA	702,0	3,99	71,1	0,40	10,12	106,1	0,60	15,11	82,6	0,47	11,76	442,3	2,52	63,01
MURCIA (REGIÓN DE)	521,4	2,97	76,2	0,43	14,62	69,3	0,39	13,29	46,9	0,27	9,00	329,0	1,87	63,10
EXTREMADURA	385,9	2,19	81,4	0,46	21,10	33,4	0,19	8,66	37,7	0,21	9,78	233,3	1,33	60,47
ANDALUCÍA	2.870,7	16,33	545,0	3,10	18,99	241,0	1,37	8,40	226,9	1,29	7,90	1.857,8	10,57	64,72
MADRID (COMUNIDAD DE)	2.800,9	15,93	10,4	0,06	0,37	234,9	1,34	8,39	214,3	1,22	7,65	2.341,3	13,32	83,59
BALEARS (ILLES)	411,6	2,34	7,0	0,04	1,70	28,0	0,16	6,79	46,5	0,26	11,31	330,1	1,88	80,19
CANARIAS	679,7	3,87	22,6	0,13	3,33	38,1	0,22	5,61	54,6	0,31	8,04	564,4	3,21	83,03
Ceuta	20,4	0,12	0,1	0,00	0,60	1,2	0,01	6,04	2,1	0,01	10,41	17,0	0,10	82,95
Melilla	19,3	0,11	0,0	0,00	0,08	0,9	0,01	4,57	1,8	0,01	9,26	16,6	0,09	86,07

(1) Media anual

(2) Incluye los no clasificables por sexo.

(3) Incluye los no clasificables por actividad económica pertenecientes al colectivo de Cuidadores no profesionales de personas dependientes.

Fuente: Ministerio de Trabajo e Inmigración [en línea], Avance Anuario de Estadísticas del Ministerio de Trabajo e Inmigración 2010, Trabajadores afiliados en alta laboral, según sector de actividad y dependencia laboral, por comunidad autónoma y provincia, AFI-21A y AFI-21B. http://www.mtin.es/estadisticas/ANUARIO[consulta: junio 2011].

Elaboración propia

No obstante, en el sector industrial son más de cinco puntos porcentuales por encima (13%); esto nos indica que Aragón posee una estructura sectorial con una elevada especialización industrial, sólo superada en España por Navarra (25,19%), La Rioja (22,30%) y País Vasco (21,62%). Por lo que se refiere a nuestra área metropolitana, la isocrona en camión de 60 minutos, señalaremos que el conjunto de municipios agrupan el 65, 49% del total de afiliados a la seguridad social en la Comunidad Autónoma (533.745)[390].

De dicho total de afiliados, la industria concentra el 76,46% de las altas de toda Comunidad (98.488), los servicios el 79,92% (349.532), la construcción el 65,27% (48.871) y la agricultura el 42,80% (36.468). Dicho lo anterior y centrándonos en el sector industrial de los municipios de la mencionada isocrona, destacaremos, obviamente, Zaragoza con 34.382 activos en la industria, lo que supone el 45,66% del total de activos industriales de nuestra área de estudio. No obstante esto, únicamente supone el 12,82% del total de altas a la Seguridad Social en el municipio (268.289), correspondiendo al sector servicios el 78,60% (210.885) por su condición de centro rector de la Comunidad Aragonesa (ver mapa 6-14).

Le sigue el municipio de Figueruelas con 8.170 altas (19, 96% de la isocrona sin Zaragoza), por la factoría de General Motors, y dos grupos de municipios. El primer grupo, formado por La puebla de Alfindén con 2.423 Altas (5,92% de la isocrona sin Zaragoza), Cuarte de Huerva con 2.333 (5,70% de la isocrona sin Zaragoza) y Huesca con 2.095 altas (5,12% de la isocrona sin Zaragoza). Las altas industriales de este municipio sólo suponen el 7,33% del total de altas (28.593), puesto que, su condición

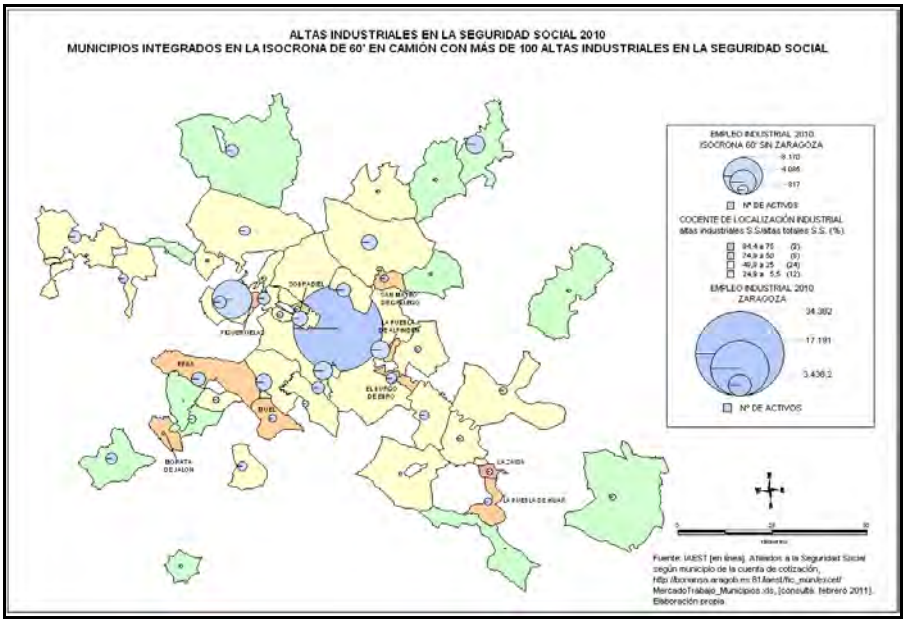
[390] Fuente: Instituto Aragonés de Estadística [en línea], Afiliados a la Seguridad Social según municipio de la cuenta de cotización, año 2010, Tesorería General de la Seguridad Social, en Instituto Aragonés de Estadística, fichas territoriales, mercado de trabajo, [consulta: febrero 2011]. http://bonansa.aragob.es:81/iaest/fic_mun/excel/MercadoTrabajo_Municipios.xls

Estos datos difieren ligeramente de los del Ministerio de Trabajado e Inmigración (en el total unos 5.000 afiliados aproximadamente); puntualizaremos que al no disponer de los afiliados a la Seguridad Social desagregados por municipios se ha utilizado como fuente el Instituto Aragonés de Estadística, datos que sí son accesibles. Ver nota 384 a pie de página 481.

de capital de la provincia de Huesca, hace que el mayor peso en su estructura recaiga sobre el sector servicios con el 81,49% del total de altas.

El segundo grupo, formado por los municipios de Utebo con 1.850 altas (4,52% de la isocrona sin Zaragoza), La Muela con 1.769 (4,32% de la isocrona sin Zaragoza), Zuera con 1.605 altas (3,92% de la isocrona sin Zaragoza), Épila con 1.513 altas (3,70% de la isocrona sin Zaragoza), Villanueva de Gállego con 1.381 altas (3,37% de la isocrona sin Zaragoza), Ejea de los Caballeros con 1.205 altas (2,94% de la isocrona sin Zaragoza), Alagón con 1.105 altas (2,70% de la isocrona sin Zaragoza) y Pedrola con 1.073 altas (2,63% de la isocrona sin Zaragoza).

Mapa 6-14. Afiliados a la Seguridad Social en el sector industrial. Año 2010



Los municipios con menos altas industriales son Híjar con 69 altas, Cabañas de Ebro con 70 altas y Ricla con 71 altas. Como se ha dicho anteriormente, el primer criterio de selección[391] ha sido que los municipios tuviesen cien o más altas a la seguridad social en el año 2008; la variación en las altas de los municipios con respecto al año 2010 se puede apreciar en los mapas siguientes.

En cuanto a las altas en el sector industrial, agrupadas por ejes destaca el eje noroeste con 17.370 altas (41,59% del total de la isocrona sin Zaragoza), por General Motors en Figueruelas, le siguen los ejes norte con 6.327 altas (15,46% del total de la isocrona sin Zaragoza), sur con 5.305 altas (12,96% del total de la isocrona sin Zaragoza), suroeste con 5.263 altas (12,86% del total de la isocrona sin Zaragoza), sureste m.i. con 3.362 altas (8,21% del total de la isocrona sin Zaragoza) y sureste m.d. (8,06% del total de la isocrona sin Zaragoza).

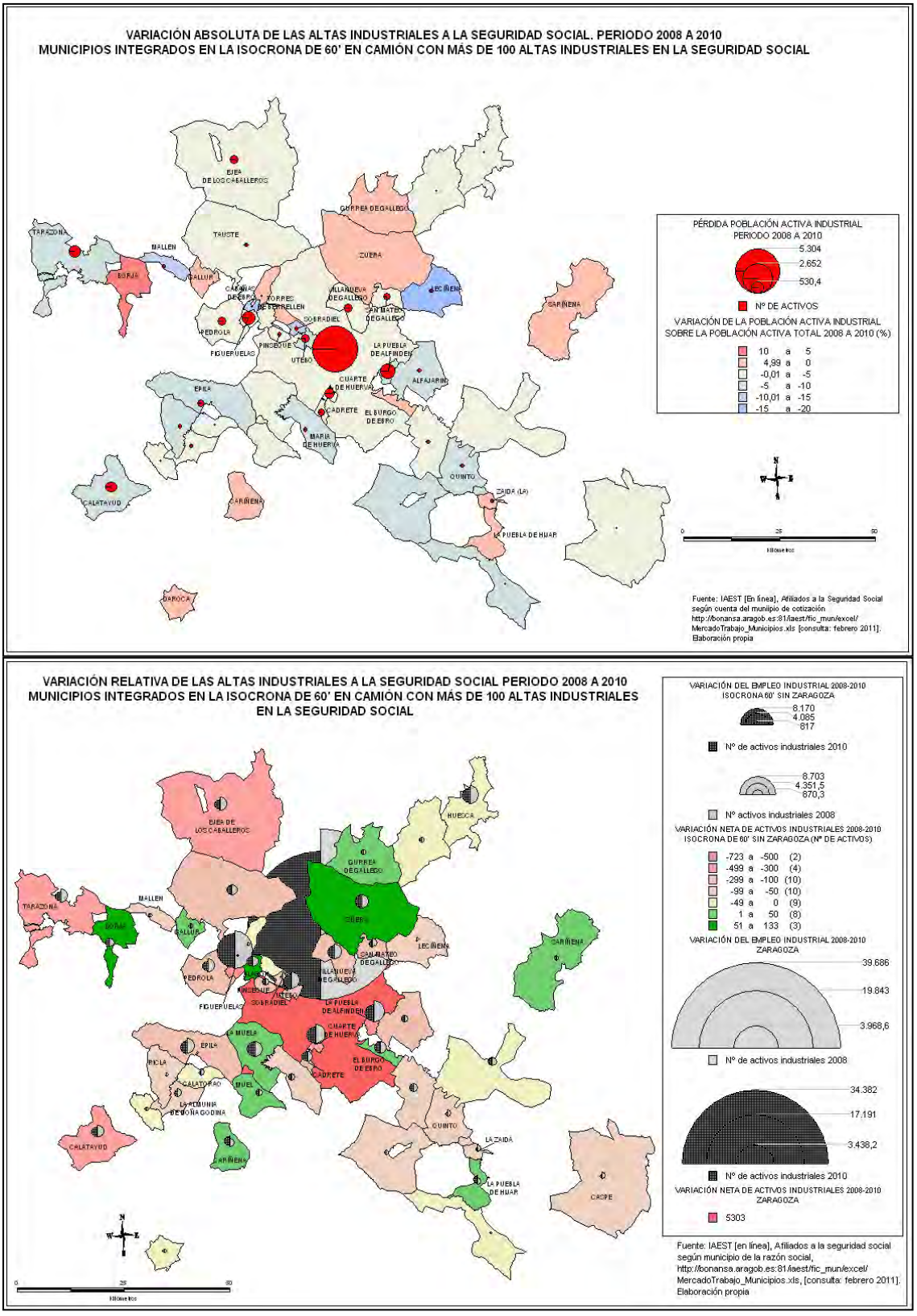
Destacaremos que del total de altas a la Seguridad Social en el conjunto de la actividad económica de cada eje, son el eje noroeste y el sureste m.i. los que presentan una especialización en el sector industrial con el 43,93% y. con el 47,34, respectivamente, en dicho sector. En el resto de los ejes la especialización es, en mayor o menor medida, en el sector servicios, especialmente, el eje norte con el 72,12%.

Por último, indicaremos que el más evidente de los efectos de la crisis sobre el empleo puede apreciarse, *a* grandes rasgos, en la variación de las altas en la seguridad social entre los años 2008 y 2010. En los dos mapas siguientes se representan las

[391] Puntualizaremos, sobre el citado criterio, que el municipio de Alfamen en 2010 tuvo en el sector industrial 118 altas, pero no se ha incluido en la isocrona, puesto que en el año 2008 fueron 94 altas y no se alcanzaron las cien requeridas.

variaciones de las altas industriales en la isocrona de 60' en camión, tanto en valores absolutos como relativos (ver mapa 6-15).

Mapa 6-15. Variación absoluta y relativa de las altas a la Seguridad Social en el sector industrial. Periodo 2008 a 2010



Cabe destacar un primer grupo de once municipios en los que se produjo un ascenso de dichas altas. Sobresalen por el número de altas, Borja (132; 18,47%) y Alagón (128; 13,12%) en los que se incrementan las altas en el total sectorial; también Zuera (104; 6,90%), si bien en este último municipio se produce un descenso del total sectorial, motivado por la disminución de altas en el sector servicios. Por el ascenso porcentual, citaremos Gurrea de Gállego (34,27%; 45) y Sariñena (23,24%; 43).

Con respecto a los treinta y seis municipios en los que descienden las altas en el sector industrial, destacamos por el número de bajas en la afiliación, Zaragoza (5.304; 13,36%), La Puebla de Alfindén (723; 22,99%) y Figueruelas (533; 6,13%). Siendo La Puebla de Alfindén el municipio más castigado de los tres, como pone de manifiesto el elevado porcentaje de bajas industriales. Sobre el descenso de altas a la afiliación en el conjunto sectorial de los municipios anteriores, indicaremos que en Zaragoza y Figueruelas no han sido muy significativos 3,83% y 6,05%, respectivamente, pero sí en La Puebla de Alfindén 12,15%.

En el otro extremo, los municipios que cabe destacar por el número de bajas en el número de afiliados son Tarazona (464; 31,98%), Calatayud (461; 33,62%), Cuarte de Huerva (372; 13,74%), Ejea de los Caballeros (348; 22,40%), Villanueva de Gállego (273; 16,48%), Utebo (270; 12,75%) y Pedrola (238; 18,17%). También, según los valores de los porcentajes de las bajas, además de alguno de los anteriores municipios, se encuentran otros treinta y dos, desde Ricla con el 43,20% hasta Belchite con el 20,89% y, entre ambos, Cabañas de Ebro, Leciñena, Híjar, Sobradiel, Alfajarín, Pinseque, Mallén y San Mateo de Gállego.

Sin embargo, algunos municipios de los que han perdido afiliaciones en el sector industrial han incrementado las altas en el conjunto de la actividad económica, como Ricla con un incremento del 93,16% (436) en el sector agrícola, Leciñena con un incremento del 271,70% (288), Mallén 204,91% (320), Caspe 33,42% (487) o Huesca 17,94% (3.545), todos ellos en el sector servicios.

Por último, en cuanto a los ejes industriales, es el eje NO el que ha perdido el mayor número de afiliaciones a la Seguridad Social, totalizando 2.011, lo que supone el 10,38% del sector industrial; le siguen el eje SE m.i. con 844 afiliaciones, el 20,07%, el eje SO con 791, el 13,07% y el eje S con 520, el 8,93%. Los ejes con menor descenso en el número de afiliaciones son el eje N, con 343, y el eje SE m.d. con 284, que representan, respectivamente, el 5,14% y el 7,92% del total de afiliaciones al sector industrial en cada uno de ellos.

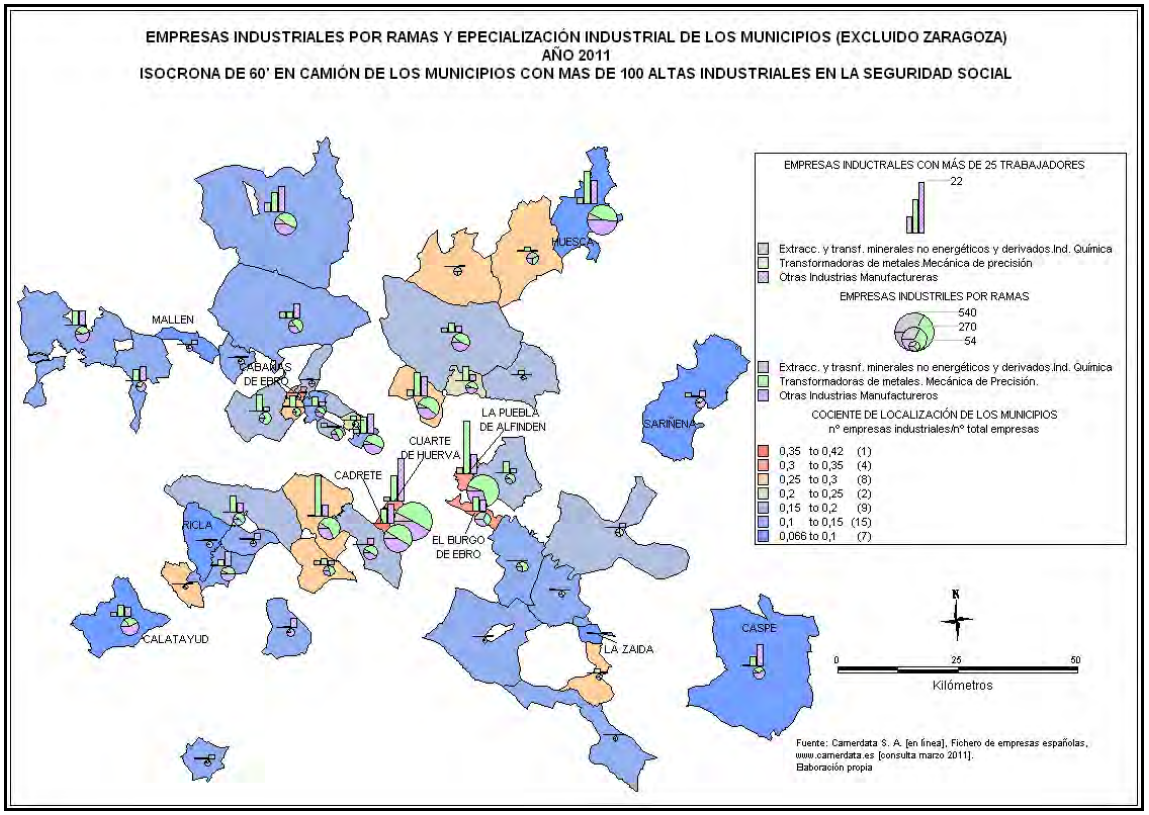
Estructura y distribución espacial del la actividad productiva industrial: estructura empresarial

Una vez vista la ocupación en el sector industrial tanto por municipios como por ejes industriales, continuaremos con la estructura empresarial, otro elemento el subsistema de producción, que como se ha dicho, incluye al anterior. En el punto anterior ya se vieron de forma general algunos aspectos de la estructura empresarial, en este punto se abordará a especialización industrial de los municipios y de los ejes industriales (ver mapa 16). Sin embargo, matizaremos que nuestro interés no se focaliza tanto en los municipios como en los ejes industriales.

Se buscan, entre dichos ejes, los municipios, con estación de ferrocarril, más adecuados para poder establecer, entre otras cuestiones, la hipotética implementación de terminales de apoyo (satélites) a la Terminal Intermodal de Zaragoza Plaza o de terminales origen-destino. Es por ello, que la componente espacial de la estructura empresarial cobra especial interés para nosotros, puesto que, desde el punto de vista geográfico, las empresas y polígonos industriales se implantan sobre el territorio.

La saturación de la citada terminal intermodal es más que probable, por el incremento del transporte ferroviario que se pretende alcanzar en los próximos años, pasando del 4% actual al 8-10%, para favorecer el reequilibrio modal y la competitividad.

Mapa 6-16. Empresas industriales por ramas y especialización industrial de los municipios



En el mapa (ver mapa 6-16) se muestran diversos aspectos de la actividad industrial en cada municipio, sin embargo, sólo se ha representado el índice de especialización (coeficiente de especialización). No se ha representado en el municipio de Zaragoza, por la disparidad de sus valores con respecto al resto de los municipios; además, se pretende poner en relieve los ejes industriales, no Zaragoza.Como índice de especialización para el mapa hemos utilizado uno de los coeficientes de especialización más sencillo, pero adaptándolo a nuestro objeto de interés.

$$\textbf{Coeficiente de especialización} = \frac{\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m}\left[\frac{A_{ij}}{A_{Tj}} - \frac{B_i}{B_T}\right]}{100}$$

Siendo en su formulación original:

- i es cada uno de los sectores o ramas de actividad económica del parámetro de interés.
- A el nº de empresas del sector i del municipio.
- A_{Tj} el nº total de empresas en el municipio.
- B_i el nº de empresas del sector i en la unidad espacial a comparar.
- B_T el nº total de empresas en la unidad espacial a comparar.

En este caso, se trata de conocer de forma clara y sencilla que parte del total de empresas de cada municipio corresponde al sector industrial; de esta forma es posible comparar el peso de la industria entre el conjunto de municipios. No pretendemos comparar cada municipio con otra unidad espacial mayor, por lo tanto, el segundo

término del numerador no es necesario. Además, al centrarnos únicamente en el conjunto agregado del sector industrial, tampoco es necesario sumar las ramas o sectores de interés ya que sólo se considera una.

Igualmente, se ha considerado más adecuado, por cuestiones de cálculo y visualización, mantener los valores de todos los índices referidos a la estructura empresarial expresados con respecto a la unidad -tanto por uno-, de esta forma, el divisor se obvia. Para representar sobre el mapa el nivel de especialización hemos considerado tres posibles estructuras para los rangos, en función de la media y la desviación estándar (cinco intervalos, +3 σ, +2 σ, + 1 σ, μ, - 1 σ y -2 σ), de los cuartiles de la distribución (cuatro intervalos) y de la propia distribución cada 0.05 puntos (siete intervalos).

Finalmente, se ha optado por esta última estructura por ser más intuitiva y directa, además de por mostrar con mayor continuidad las variaciones del coeficiente de especialización.

Los cálculos del coeficiente de especialización muestran un valor para Aragón de 0,091[392] (σ = - 0,971) y para la isocrona de 0,094 (σ = - 0,937), más elevada que en el conjunto de Aragón. Asimismo, indicaremos que la isocrona agrupa el 88, 57% de las empresas industriales y el 85,55% del total de empresas de la Comunidad Autónoma (Aragón = 9.059 empresas industriales/ 99.763 empresas; isocrona = 8.047 empresas industriales/ 85.350 empresas).

Prácticamente todos los municipios de la isocrona superan el valor 0,91 del coeficiente de especialización, únicamente seis municipios no están por encima, Mallén, Sariñena, Ricla, Huesca, Calatayud y Zaragoza- el límite inferior de la distribución- (I.E = 0.066, σ = -1,26[393]).

En Zaragoza, en Huesca y en Calatayud, la razón de la baja especialización industrial la encontramos en la función de servicios asociada al rango que corresponde a las dos capitales y a la cabecera supramunicipal. En el resto de Municipios también existe una mayor especialización en el sector servicios pero la estructura empresarial está más equilibrada, especialmente en la cabecera comarcal de Sariñena.

En el límite superior está Cadrete (I.E = 0,417, σ = + 2,77), al que le siguen El Burgo de Ebro, Cabañas de Ebro, Cuarte de Huerva y la Puebla de Alfindén (I.E. = 0,35 a 0,30, σ = + 1,99 a + 1,61).Destacaremos (mapa 6-16, anterior) que junto con el nivel de especialización industrial de cada municipio es necesario atender al número de empresas industriales implantadas en ellos, puesto que un municipio tenga una alta especialización industrial no implica que tenga un gran volumen de producción industrial.

Así, podemos apreciar en los municipios anteriores, por ejemplo, que Cabañas de Ebro, tiene una alta especialización pero cuenta con muy pocas empresas industriales (14 empresa industriales sobre un total de 43 empresas). También puede ocurrir que un municipio tuviese muy pocas empresas industriales y muy pocas empresas en total, lo que implicaría un alto coeficiente de especialización, pero no es el caso, ya que los umbrales de selección de los municipios de la isocrona lo evitan.

En cuanto a la distribución espacial de la variable agrupada por ejes (municipios por ejes) destacan en primer lugar el eje S (I.E = 0,285, σ = + 1,26) , seguido por el eje SE m.i (I.E = 0,277, σ = + 1,16). A considerable distancia le siguen el resto de ejes, SE m.d (I.E = 0,157 σ = - 0,217), SO (I.E = 0,125, σ = -0,581), NO (I.E = 0,123, σ = - 0,601) y N (I.E = 0,114, σ = - 0,707). Sin embargo, considerando el número de empresas industriales que tienen más de 25 trabajadores, encontramos cambios en la jerarquía

[392] Los datos sobre el número de empresas implantadas en Aragón varían entre nuestra fuente Camerdata (99.763 empresas, marzo 2011) y el INE-Dirce 2010- (92.205 empresas).

[393] Valores de la variable estandarizados.

axial, ocupando el primer puesto el eje NO (104), seguido de los ejes N (79), SO (67), S (64), SE m.i. (42) y SE m.d. (32).

En la tabla siguiente (ver tabla 6-24), se aprecia como es el eje sur el que tiene mayor número de empresas industriales (24,36% del total de la isocrona sin Zaragoza), seguido del eje norte y del eje noroeste. Sin embargo, es el eje noroeste el que tiene más empresas con plantilla superior a 25 trabajadores (26,80% del total de la isocrona sin Zaragoza) y que cuenta con un número mayor de polígonos industriales (30,95% del total de la isocrona sin Zaragoza), cinco más que Zaragoza, y es el eje que dispone de más suelo industrial (35,35% del total de la isocrona sin Zaragoza), la mitad que la capital.

Con respecto a la especialización por ramas industriales, así como, la implantación de empresas con más de 25 trabajadores, se ha individualizado para cada rama en los mapas siguientes para apreciar con mayor detalle el nivel de especialización de cada municipio y cada eje, en relación con los demás y con el conjunto de la isocrona (ver mapas 6-17 y siguientes).

A diferencia del índice anterior, si que hemos mantenido la formulación original con otro índice de especialización -el cociente de localización-, para conocer el grado de especialización industrial de una unidad espacial con respecto a otra más amplia.

Tabla 6-24. Ejes industriales isocrona 60'. Estructura sector industrial 2010

Eje	Coeficiente especialización	Total empresas industriales >25Trabajadores	Total empresas industriales	Total empresas	Nº Poligonos Industriales	Superficie total (m^2)
S	0,285	64	1.032	3.616	36	4.386.562
SE m.i.	0,277	42	456	1.646	6	2.337.235
SE m.d.	0,157	32	338	2.156	16	4.511.356
SO	0,125	67	613	4.902	13	9.742.873
NO	0,123	104	896	7.269	45	16.514.157
N	0,114	79	901	7.904	25	9.225.301
Origen-Zaragoza	0,066	435	3.805	57.857	40	32.927.068
Total sin Zaragoza	0,153	388	4.236	27.493	141	46.717.484
Total	0,094	823	8.041	85.350	181	79.644.552

Fuente: Camerdata S.A., Fichero de Empresas Españolas [en línea], www.camerdata.es, [consulta: marzo 2011].
Instituto Aragonés de Fomento, [en línea], Suelo industrial en Aragón 2009, www.iaf.es, [consulta: marzo 2011].
Elaboración propia

$$\text{Cociente de localización} = \frac{\frac{A_{ij}}{A_{Tj}}}{\frac{B_i}{B_T}}$$

Se trata de conocer la especialización industrial de los municipios y ejes en cada rama industrial con respecto a la especialización en cada rama del conjunto de la isocrona. Este índice es uno de los métodos estadísticos más sencillos para conocer la magnitud de la mencionada especialización. Siendo su formulación:

- A es el nº de empresas en cada una de las ramas industriales consideradas en cada municipio.
- ATj el nº total de empresas industriales en el municipio.
- Bi el nº de empresas en cada una de las ramas industriales consideradas en el conjunto de la isocrona.
- BT el nº total de empresas industriales en el conjunto de la isocrona.

Sobre los resultados del índice señalaremos que un valor de 1 nos expresa un resultado de igualdad, en este caso, con la isocrona. Es decir, un cociente de especialización con valor 1 en un municipio o eje determinado indica que tiene la misma especialización industrial (o de la rama o del sector, etc.) que el conjunto de la isocrona, cuyo valor es 1.

Los valores superiores a la unidad nos muestran que el municipio o eje en cuestión posee una concentración industrial superior a la media; por el contrario, valores inferiores a la unidad indican que dicho municipio o eje no puede considerarse especializado en la actividad industrial considerada.

Señalaremos también que la escala de las barras con las que se representan las mencionadas empresas de más de 25 trabajadores, es la misma para las tres ramas, aunque la variable no se ha representado en Zaragoza por sus altos valores, como ya se ha mencionado. Los rangos de las distribuciones de las tres ramas representadas en sendos mapas varían en su amplitud. Sin embargo, se han establecido los intervalos de clase con la misma amplitud en las tres distribuciones, para facilitar la lectura y la comparación de los tres mapas, manteniendo igual o similar el color en dichos intervalos.

Puntualizaremos que se han calculado otros dos índices para mejorar la visión de la especialización de una unidad espacial, en este caso, de los municipios y los ejes; si bien, no consideramos necesaria su exposición en el texto. No obstante si que se utilizará el coeficiente de localización para valorar en caso de duda la especialización de los municipios y los ejes en el punto siguiente, ya que existen ligeras variaciones con el cociente de localización utilizado.

El primer índice, visto anteriormente, es el coeficiente de especialización, si bien, en este caso, se ha utilizado la formulación original expuesta. Comparado con el cociente de localización no existe variación en el orden jerárquico, aunque sí en los valores, cuyo rango está comprimido y presenta una menor dispersión.

En cuanto al segundo índice, el coeficiente de localización, el concepto es similar al del cociente de localización, pero los valores muestran un ajuste más fino de la especialización, en este caso industrial. En efecto, este índice muestra, ante valores semejantes en las ramas de actividad (o sectores) de una determinada unidad espacial, la importancia e intensidad de una actividad económica dominante en relación con las demás. Su formulación es:

- Aij el nº de empresas en cada una de las ramas industriales consideradas en cada municipio.

- ATj el nº total de empresas industriales en el municipio.

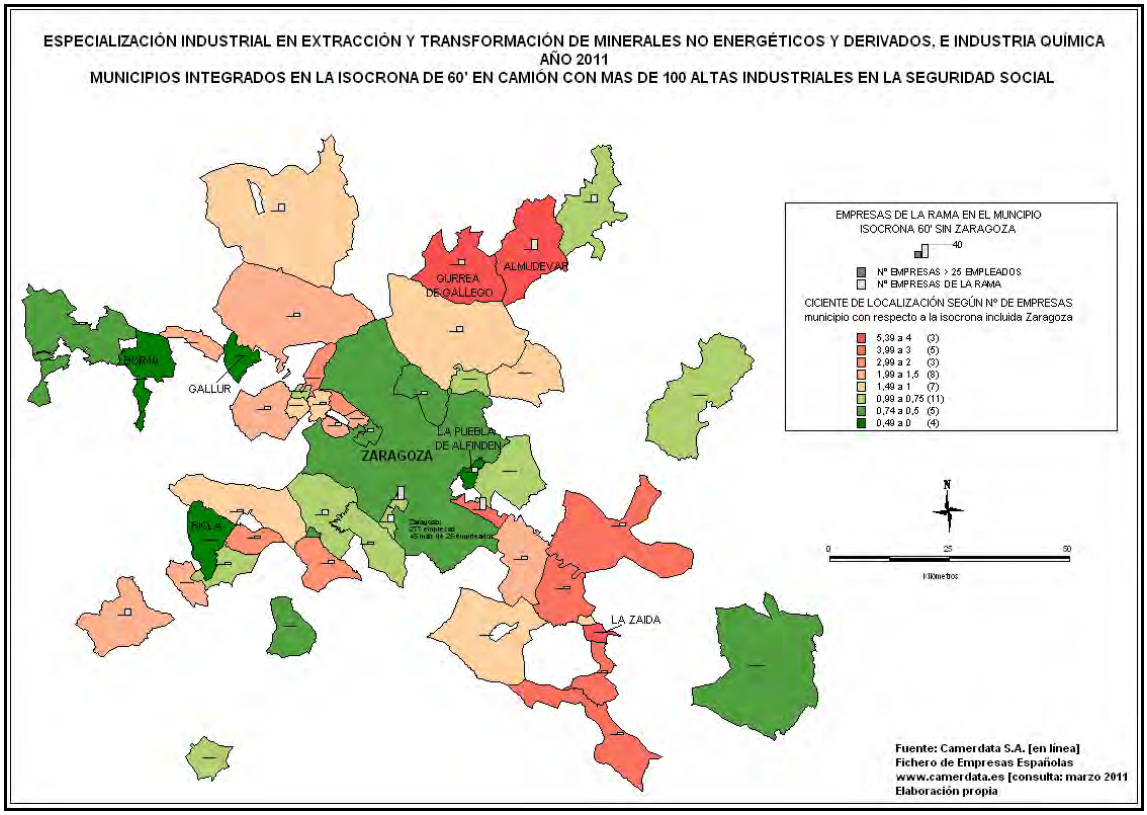
$$\text{Coeficiente de Localización} = \frac{\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m}\left[\frac{A_{ij}}{B_i} - \frac{A_{Tj}}{B_T}\right]}{100}$$

- Bi el nº de empresas en cada una de las ramas industriales consideradas en el conjunto de la isocrona.

- BT el nº total de empresas industriales en el conjunto de la isocrona.

En el mapa siguiente (ver mapa 6-17), se muestra la distribución espacial en nuestra área de estudio de las empresas especializadas en la extracción y transformación de minerales no energéticos y derivados, así como, de la industria química. Los valores calculados muestran 25 municipios con un cociente de localización superior a la unidad y 22 por debajo de ella.

Mapa 6-17. Especialización industrial en extracción y transformación de minerales no energéticos y derivados, e industria química



Destacan por el elevado cociente de localización La Zaida (5,55), Gurrea de Gállego (5,38), Almudevar (5,06) e Híjar (4,09). Sin embargo, matizaremos que alta especialización industrial no significa alta densidad de industrias, puesto que, por ejemplo, La Zaida sólo tiene dos empresas industriales, de las que una está especializada en la industria química y su plantilla tiene más de 25 trabajadores. Gurrea de Gállego, por su parte, también tiene pocas empresas industriales (33) pero la mitad son de esta rama (16).

Asimismo, señalaremos que Almudevar con 31 empresas de esta rama es el tercer municipio, después de Cuarte de Huerva (40) y El Burgo de Ebro (37). Sin embargo, Cuarte de Huerva, no tiene una alta especialización en esta rama de actividad industrial puesto que es el municipio, después de Zaragoza, que tiene un mayor número de empresas industriales (539). En cuanto a los municipios con empresas mayores de 25 trabajadores, destacan Ejea de los Caballeros (4), a la que le siguen Huesca, Tauste, La puebla de Alfindén y Villanueva de Gállego (3).

Con respecto a Zaragoza indicaremos que cuenta con 277 (37,13%) empresas y un cociente de localización en esta rama de 0,808, el resto de la isocrona con 469 empresas y un cociente de localización de 1,173. De estas empresas 45 y 39, respectivamente, corresponden a mayores de 25 trabajadores. Los municipios con el cociente de localización más bajo son Ricla (0), que no tiene ninguna empresa de esta rama, le siguen Borja (0,236) y Gallur (0,370), que cuentan tan sólo con una.

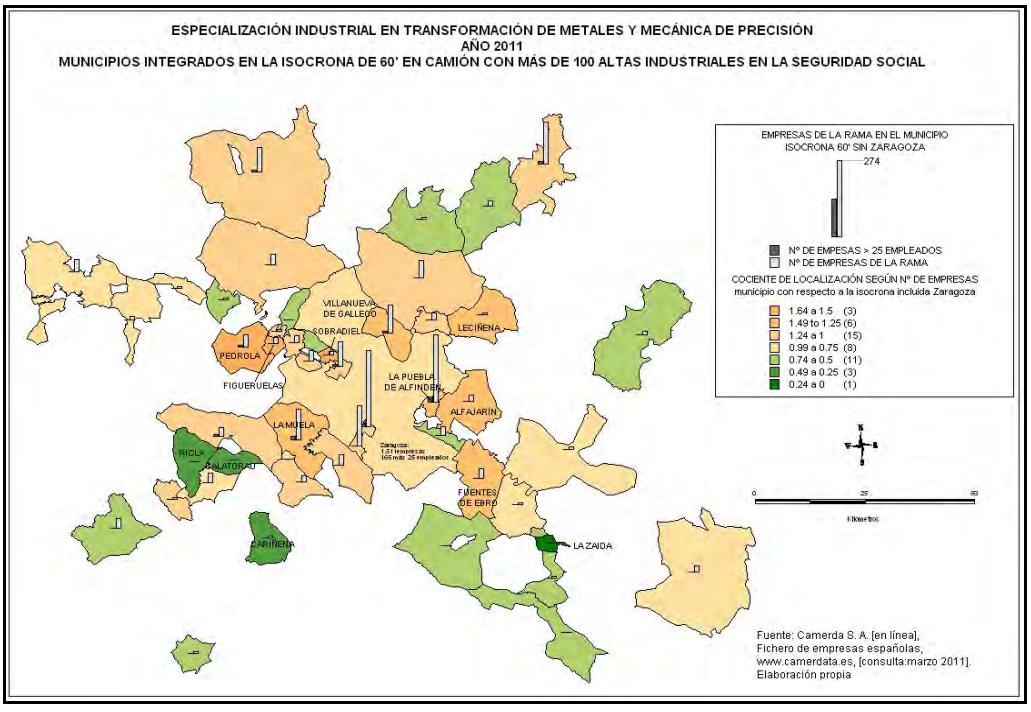
Sobre la distribución de las empresas de la rama en los ejes, destaca el eje SE m.d. (2,594), seguido de los ejes N (1,330) y SO (1,304), si bien, en el total de empresas concentradas en los ejes son los ejes N (108), NO (104) y S (87) los que cuentan con mayor número de ellas. Por el número de empresas con más de 25 trabajadores, destacan por su mayor número los ejes S (12) y N (11). En el mapa siguiente (ver mapa 6-18) mostramos la distribución de las empresas industriales especializadas en la transformación de metales y mecánica de precisión. Son 23 los municipios que

tienen valores superiores a la unidad y 24 los que son inferiores a ella, muy similares a la rama anterior, sin embargo, a diferencia de dicha rama, el límite superior es sensiblemente más bajo.

El cociente de localización más alto lo presenta sobradiel (1,632), con 18 empresas en la rama de un total de 25 empresas industriales, seguido de Pedrola (1,556) con 46 empresas en esta rama de las 67 empresas industriales del municipio y Figueruelas (1,551) con 26 empresas de esta rama de un total de 38 empresas. No obstante esto, como ya se ha comentado con anterioridad, el alto cociente no se corresponde necesariamente con el volumen de empresas instaladas en los municipios.

Los municipios con más empresas especializadas en esta rama, sin considerar Zaragoza, son Cuarte de Huerva (274) seguido de La Puebla de Alfindén (244) y Cadrete (145). En cuanto a los municipios que cuentan con mayor número de empresas de más de 25 trabajadores tenemos La Puebla de Alfindén (22), La Muela (17) y Cuarte de Huerva (11). Zaragoza en esta rama cuenta con 1.511 (42,76%) empresas y el resto de la isocrona 2.023, de las que 184 tienen más de 25 trabajadores. Los coeficientes de localización son 0,900 para Zaragoza y 1,090, para el resto de la isocrona.

Mapa 6-18. Especialización industrial transformación de metales y mecánica de precisión



Mención aparte tiene Figueruelas con General Motors España S.A, factoría inaugurada en 1982 y especializada en la fabricación y montaje de vehículos automóviles. Este municipio posee con diferencia la empresa más grande de Aragón, tanto por el volumen de ventas como por el número de empleados.

Además, de ella dependen otras muchas empresas proveedoras suya, al ser esta una rama con gran capacidad de arrastre de otras ramas industriales y del sector servicios. Sin embargo, con la crisis iniciada en 2008, la empresa atraviesa algunas dificultades financieras por el bajo nivel de ventas en la rama de automoción, lo que hace que haya perdido rentabilidad[394]. Los municipios con menor coeficiente de localización son La Zaida (0,000), que no cuenta con ninguna empresa, Ricla (0,283), Cariñena (0,387)

[394] Según el ranking EBITDA (*Earnings before interest taxes depretiation and amortization*), que es considerado un indicador de rentabilidad. Este indicador trata de medir los ingresos de efectivo antes de contabilizar intereses, impuestos, cargos diferidos y amortizaciones.

y Calatorao (0,420). Estos tres municipios, especializados en el sector agrario, cuentan con menos de diez empresas en esta rama, aunque tienen una empresa de más de 25 trabajadores cada uno de ellos.

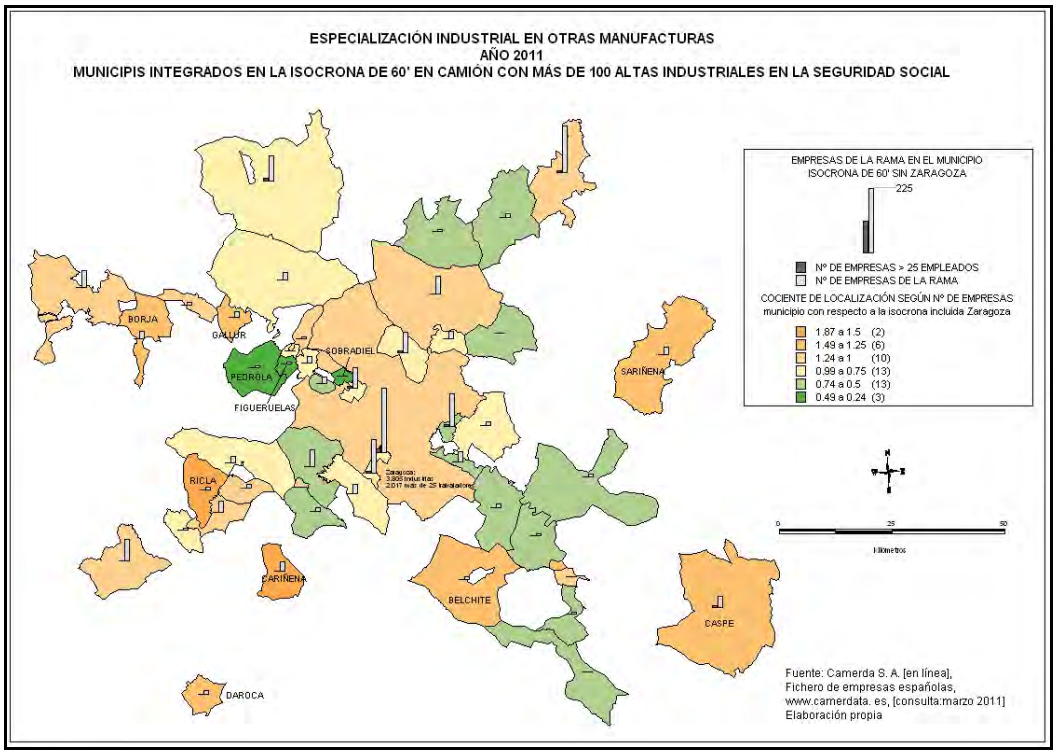
Con respecto a la distribución por ejes, destaca el eje SE m.i. (1,412), le sigue los ejes S (1,103), NO (1,090) N (1,046) y SO (1,024). Por el número de empresas destaca el eje S (502), seguido de los ejes NO (471) y N (405). Siendo estos mismos ejes los que tienen un mayor número de empresas con más de 25 trabajadores, sin embargo, el orden varía. Son el eje NO (50), seguido del eje N (39) y del eje SO (34) en los que se implantan un mayor númerode empresas, es el eje SE m.d (12) en el que menos.

El último mapa (ver mapa 6-19), se muestra la especialización denominada “otras manufacturas” que agrupa las manufacturas no incluidas en los dos grupos anteriores, es decir, industrias especializadas en productos alimenticios y bebidas, textil, cuero, calzado, madera y corcho, papel, caucho y materias plásticas, etc. En este caso, son 18 los municipios cuyo cociente de localización es superior a la unidad y 29 los que lo tienen inferior. El límite superior, es un poco más elevado a la rama de transformación de metales y mecánica de precisión.

El cociente de localización más alto lo tiene Ricla (1,867), Cariñena (1,665) y Gallur (1,422). Todos ellos tienen una baja especialización en el sector industrial, con coeficientes de especialización por debajo de 0,111, pero con un máximo relativo de empresas en esta rama 4. En cuanto al número de empresas de los municipios, sin Zaragoza, destacaremos Cuarte de Huerva (225), Huesca (162) y La Puebla de Alfindén (113).

Los municipios con mayor número de empresas con más de 25 trabajadores son Cuarte de Huerva (18), Ejea de los Caballeros (11) y Huesca (10).

Mapa 6-19. Especialización industrial en otras manufacturas



Por su parte Zaragoza, agrupa en el municipio 2.017 (53,53%) empresas, más empresas que el resto de la isocrona que tiene 1.744, de las cuales, 165 son mayores de 25 trabajadores. Sus valores del coeficiente de localización son 1,131 y 0,882, respectivamente. Los municipios con menor cociente de localización son Sobradiel (0,234), Pedrola (0,318) y Figueruelas (0,393), muy especializados en la rama anterior

y que cuentan con muy pocas empresas en esta rama, aunque Figueruelas (10) tiene dos que cuentan con más de 25 trabajadores. Con respecto a la distribución por ejes, destaca el eje N (0,943), le siguen próximos los demás, salvo el eje SE m.i. (0,660). Por el número de empresas destaca el eje S (443), seguido de los ejes NO (398) y N (388). Sin embargo, por el número de empresas con más de 25, es el eje NO (46), el que tiene mayor cantidad, seguido por los ejes S (37) y N (29).

Estructura y distribución espacial de la actividad productiva industrial: polígonos industriales

Además de las propias empresas, otro elemento importante del tejido industrial son los polígonos industriales, que como es sabido, son espacios funcionales especializados del territorio donde se concentran un cierto número de empresas industriales.

Ya hemos visto en apartados anteriores las ventajas de la concentración de empresas, puesto que permite compartir recursos, servicios, etc., así como fomentar un clima industrial que puede generar sinergias, incrementando la competitividad de las empresas. Además con la agrupación de las empresas en dichos espacios se evitan los inconvenientes y las incompatibilidades derivadas de las localizaciones dentro de la trama urbana de la ciudad, como contaminación, congestión, ruido, etc .

Pero en la actualidad el concepto de polígono industrial ha quedado un tanto obsoleto como tal, ya que las actividades que acogen no son necesariamente industriales, dado que suelen incluir, aunque en porcentajes variables, actividades logísticas, comerciales y de servicios. Por ello, "...se tiende a usar la denominación más gráfica de polígonos de actividad económica. En cualquier caso, se trata de áreas en donde se localizan actividades económicas –en suelo calificado como industrial, terciario o mixto– que comparten una serie de características constitutivas básicas." (Busquets i Fàbregas, J., 2007, p. 64). No obstante esto, utilizaremos el concepto de polígono industrial por la mayor difusión e implantación del término.

Totalmente relacionado con los polígonos industriales, en apartados anteriores se ha visto como existen factores de localización industrial, algunos espaciales y otros no, que los territorios deben fomentar para atraer empresas y ser más competitivos.

Así, entre otros, la calidad ambiental, los estímulos e incentivos fiscales o de otra índole, y la oferta de suelo industrial, cuya asociación con las economías externas de aglomeración, tanto las de urbanización como las de localización, es bien conocida, son factores que valoran quines toman las decisiones para seleccionar una determinada localización para una industria en concreto.

Sin embargo, actualmente se sigue enfatizando en ciertos factores clásicos como la reducción de los costes de transporte, que también se han visto en apartados anteriores. No obstante, no se trata tanto de construir nuevas infraestructuras que en ciertos casos sí son necesarias, como de la mejora del acceso a las ya existentes, en nuestro caso a las infraestructuras ferroviarias y a sus conexiones intermodales, así como, a los servicios de transporte asociados a las mismas.

Es decir, se trata de que los territorios oferten a las industrias una buena accesibilidad y una gran conectividad a las redes que conforman el sistema de transporte utilizado por los distintos canales de distribución, que aporten fluidez a los flujos que relacionan los subsistemas de aprovisionamiento, producción y consumo. Porque además de unas tarifas de transporte competitivas, la reducción en el tiempo de transporte y en todas las operaciones de los procesos logísticos que se producen en la cadena de suministro, hoy, son vitales para los tres procesos mencionados en el párrafo anterior. Esto redundará en una mayor competitividad para las empresas y, en definitiva, para los territorios.

Por ello, nos interesa especialmente conocer si los polígonos industriales de nuestra área de estudio tienen estación de ferrocarril, además de otras características como el número, el tamaño, su especialización, si existe, y en que eje están situados. También sería necesario conocer las características de los accesos, capacidad, estado, etc. por

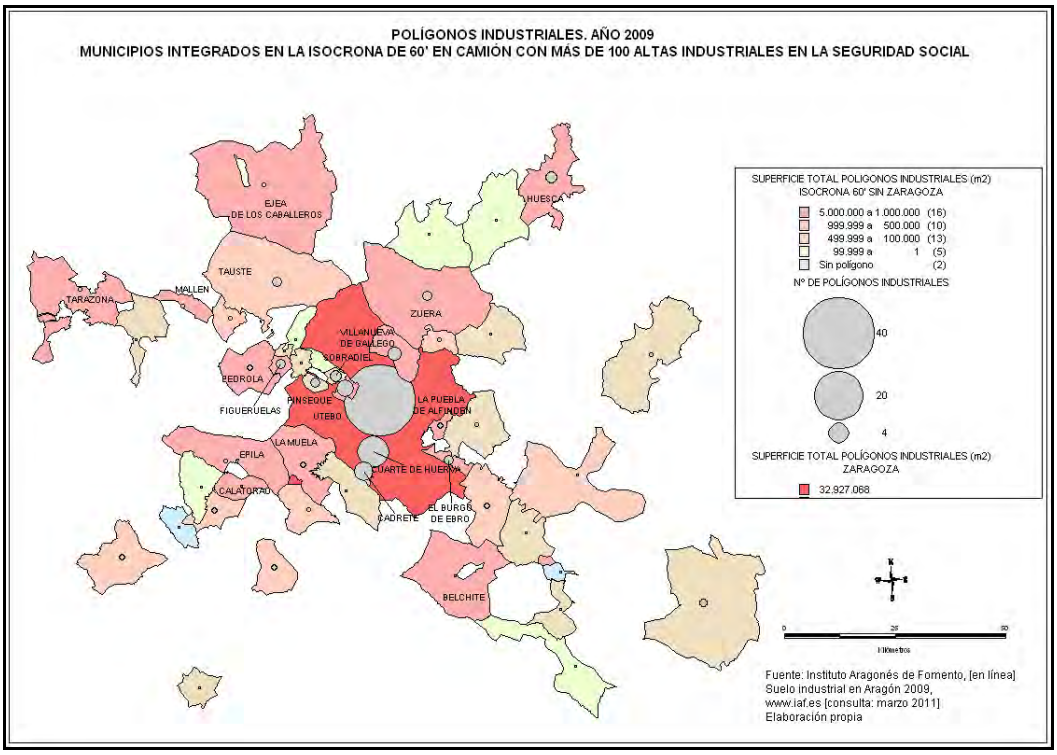
la posibilidad de generar costes externos negativos; sin embargo, se desvía de nuestros objetivos, y no se abordará dicha cuestión.

En el mapa (mapa 6-20) se han representado los polígonos industriales de nuestra área de estudio, que totalizan 181, incluidos los de Zaragoza, y suponen aproximadamente[395] un 55% de los polígonos de Aragón (330); del total de 181 de la isocrona, 141 (75,9%) corresponden a los seis ejes industriales, sin incluir Zaragoza.

Por tamaños[396], de los 181 polígonos, 18 corresponden a macropolígonos, implantados todos en el municipio de Zaragoza, 16 a polígonos grandes, 67 a medianos, 48 a pequeños y 17 a minipolígonos. La superficie total ocupada por los 181 polígonos es de 7.964 Ha. (79.644.552 m^2), lo que supone el 70,41% de toda la superficie de los polígonos existentes en Aragón (111.541.101 m^2).

De las 7.964 Ha. de suelo industrial nuestra área de estudio, 4.671 Ha (46.717.484 m^2) corresponden, excluyendo Zaragoza, a los polígonos implantados en los seis ejes (58,65%). Es decir, sólo los polígonos del municipio de Zaragoza (23,39%) ocupan el 41,35 % de la superficie total. Así, obviamente, por municipios, Zaragoza es el que cuenta con mayor número con 40 polígonos, totalizando casi 3.300 Ha. (32.927.068 m^2). Le siguen Cuarte de Huerva con 17 polígonos, que suman 154 Ha. (1.537.563 m^2, Cadrete, con 12 polígonos y 77 Ha. (769.094 m^2), Utebo, con 9 polígonos y 132 Ha. (1.317.234 m^2) y Villanueva de Gállego, con 7 polígonos y 261 Ha. (2.615.180 m^2).

Mapa 6-20. Polígonos Industriales. Año 2009



[395] En la base de datos del Instituto Aragonés de Fomento figuran 330 polígonos industriales en Aragón, sin embargo, un reducido número de ellos no figuran y otros, como es el caso de Cuarte de Huerva, están agrupados contabilizando sólo un registro. Los polígonos de los municipios del área de estudio de la provincia de Zaragoza se han contrastado y ampliado, si era el caso, con la base de datos de la Cámara de Comercio de Zaragoza. Indicaremos, asimismo, que en algunos polígonos de reciente construcción no constan empresas instaladas en ninguna de las dos bases de datos.

[396] Según la superficie bruta de los Polígonos industriales se consideran distintos tipos de polígonos: hasta 2 Ha. Minipolígonos; entre 2 y 10 Ha. Pequeños; entre 10 y 50 Ha. Medianos; entre 50 y 100 Ha. Grandes; más de 100 Ha. Macropolígonos.

Destacaremos en Zaragoza por su extensión la Plataforma Logística de Zaragoza PLAZA (13.130.792 m²), el Parque Tecnológico de Reciclado López Soriano (8.350.000 m²), Malpica[397] (4.050.000 m²), Empresarium (3.497.784 m²), Mercazaragoza (697.998 m²), la Ciudad del Transporte (605.000 m²) y Cogullada (580.767 m²). Estos siete polígonos ocupan 2.256 Ha. (68,36% de la superficie total de los polígonos del municipio).

En la isocrona, excluida Zaragoza, encontramos 27 polígonos industriales con una extensión superior a 50 Ha. (ver tabla 6-25) que totalizan 2.975 Ha. Los municipios que destacan por contar con estos polígonos de mayor extensión son Huesca con 4 polígonos que acumulan 311 Ha. (3.109.584 m^2) y La Muela con 2 que suman 434 Ha. (4.339.530 m^2).

Tabla 6-25. Mayores Polígonos industriales en los ejes industriales de la isocrona de 60' en camión (excluida Zaragoza)

POLÍGONOS CON MAYOR EXTENSIÓN EN LA ISOCRONA DE 60' (excluida Zaragoza)			
Eje	Municipio	Nombre	Superficie m2
NO	FIGUERUELAS	Entrerríos	3.762.500
SO	LA MUELA	Centrovía	2.878.340
SO	CALATORAO	Valdecalat	2.242.705
SO	LA MUELA	Centrovía 5ª Fase	1.461.190
NO	PEDROLA	El Pradillo 1 y 2	1.266.732
NO	EJEA DE LOS CABALLEROS	Valdeferrín Oeste	1.237.909
N	HUESCA	Plataforma Logística de Huesca Sur-PLHUS	1.157.062
SE m.d.	BELCHITE	La Legua	1.135.454
NO	TARAZONA	Actuación Industrial "TARAZONA"	1.130.000
NO	EJEA DE LOS CABALLEROS	Valdeferrín	1.047.381
NO	MALLEN	El Saso	1.023.211
NO	PEDROLA	El Pradillo 3	1.023.000
SE m.i.	LA PUEBLA DE ALFINDÉN	Malpica-Alfinden	1.021.090
NO	UTEBO	Parque Empresarial Utebo	916.745
NO	EPILA	Valdemuel	900.000
N	VILLANUEVA DE GÁLLEGO	Parque Industrial Aeronáutico	781.246
SE m.i.	PINA DE EBRO	Los Royales	745.000
N	HUESCA	Monzú	737.870
S	CARIÑENA	Entreviñas	731.461
N	HUESCA	Huesca Industrial	680.000
SE m.d.	EL BURGO DE EBRO	El Espartal II	650.232
S	CUARTE DE HUERVA	Valdeconsejo	578.425
SO	CALATAYUD	La Charluca	571.103
N	ZUERA	Los Huertos Norte	549.945
N	HUESCA	Parque Tecnológico Walqa	534.652
N	ZUERA	Llanos de la Estación	505.000
SE m.d.	EL BURGO DE EBRO	El Espartal I	501.820

Fuente: Instituto Aragonés de Fomento [en línea], Suelo industrial en Aragón 2009, www.iaf.es, [consulta: marzo 2011].
Cámara de Comercio e Industria de Zaragoza [en línea], Suelo Industrial/Polígonos, www.camara.es [consulta:agosto 2011]
Elaboración propia

[397] Puntualizaremos que en el polígono de Malpica diferenciamos tres partes: Malpica que fue el polígono original (1966), Malpica-Santa Isabel y ampliación (1970) y Malpica-Alfindén (1970). Los dos primeros corresponden al municipio de Zaragoza y el tercero al municipio de la Puebla de Alfindén, si bien, se sitúan prácticamente sin solución de continuidad entre la Autovía del Nordeste (AP-2) y la Carretera Nacional N-IIa. En este párrafo hacemos referencia sólo a los ubicados en el municipio de Zaragoza.

Con 2 polígonos también están Zuera (105 Ha.), Ejea de los Caballeros (229 Ha.) Pedrola (229 Ha.) y el Burgo de Ebro (115 Ha.). Asimismo, indicaremos que de los 27 polígonos señalados, el de mayor extensión es el de Entrerríos, localizado en Figueruelas, con 376 Ha. (3.762.500 m^2).

En cuanto al número total de polígonos y superficie total de los mismos por ejes, destacamos el eje NO, que cuenta con 45 polígonos industriales implantados en 14 municipios y que ocupan 1.651 Ha. (16.514.157 m^2). En el otro extremo se encuentra el eje SE m.i., que cuenta con 6 polígonos industriales implantados sobre 3 municipios, que ocupan 233 Ha. (2.337.235 m^2).

En la tabla siguiente (ver tabla 6-26) se muestran todos los ejes con los polígonos industriales y el total de empresas industriales por ramas también discriminadas por tamaño (ver tabla 25).

Tabla 6-26. Polígonos industriales y empresas industriales por ramas en los ejes industriales de la isocrona de 60' en camión, incluida Zaragoza

POLÍGONOS Y EMPRESAS INDUSTRIALES POR RAMAS DE ACTIVIDAD EN EJES INDUSTRIALES DE LA ISOCRONA DE 60' EN CAMIÓN

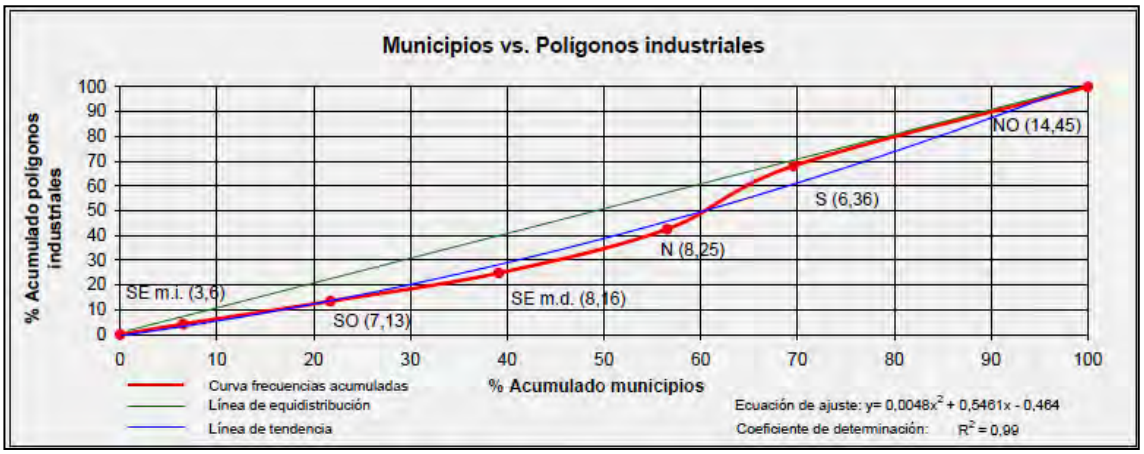
EJE	Nº municipios	Nº polígonos industriales	Superficie total Polígonos industriales m^2	Nº empresas industriales rama 2 >25 trabajadores	Nº empresas industriales rama 2 >100 trabajadores	Total empresas rama 2	Nº empresas industriales rama 3 >25 trabajadores	Nº empresas industriales rama 3 >100 trabajadores	Total empresas rama 3	Nº empresas industriales rama 4 >25 trabajadores	Nº empresas industriales rama 4 >100 trabajadores	Total empresas rama 4	Total empresas industriales >25 trabajadores	Total empresas industriales >100 trabajadores	Total empresas industriales	Total empresas municipio
ORIGEN (Zaragoza)	1	40	32.927.068	45	7	277	165	33	1.511	225	33	2.017	3	73	3.805	57.857
Total eje N	8	25	9.225.301	11	0	108	39	3	405	29	2	388	79	5	901	7.904
Total eje SE m.i.	3	6	2.337.235	3	1	31	27	3	284	12	3	141	42	7	456	1.646
Total eje SE m.d.	8	16	4.511.356	3	1	79	12	1	124	17	2	135	32	4	338	2.156
Total eje S	6	36	4.386.562	5	0	87	22	1	502	37	4	443	64	5	1.032	3.616
Total eje SO	7	13	9.742.873	5	0	60	34	9	237	24	1	239	63	10	536	4.432
Total eje NO	14	45	16.514.157	12	3	104	50	11	471	46	7	398	108	21	973	7.739
Total sin Zaragoza	46	141	46.717.484	39	5	469	184	28	2.023	165	19	1.744	388	52	4.236	27.493
Total	47	181	79.644.552	84	12	746	349	61	3.534	390	52	3.761	823	125	8.041	85.350

Fuente: Camerdata S.A., Fichero de Empresas Españolas [en línea], www.camerdata.es, [consulta: marzo 2011].
Instituto Aragonés de Fomento, suelo industrial en Aragón 2009 [en línea], www.iaf.es, [consulta: marzo 2011].
Elaboración propia

Para poder apreciar la concentración relativa de la distribución de los polígonos industriales en los ejes con respecto al número de municipios que comprende cada uno de ellos se ha calculado el sencillo índice de Gini; su valor de 0,249 nos indica que existe una concentración de polígonos relativamente baja. En efecto, el intervalo de este índice oscila entre 0 y 1, correspondiendo el cero a una perfecta equidistribución y el uno a una total concentración. No obstante el eje sur es una excepción a lo dicho en el párrafo anterior. En este eje un 13% de los municipios de la isocrona, sin Zaragoza, concentra el 28,5% de los polígonos industriales.

La curva de Lorenz muestra gráficamente la concentración acumulada de la distribución de frecuencias relativas de polígonos y municipios, en la que se aprecia la baja concentración, como ya indica el mencionado índice de Gini (ver gráfico 6-12).

Gráfico 6-12. Concentración de polígonos industriales según número de municipios por ejes industriales en la isocrona de 60 'en camión



Fuente: Instituto Aragonés de Fomento, Suelo Industrial en Aragón 2009, [en línea] www.iaf.es, [consulta marzo 2011]. Elaboración propia

En cuanto a la especialización de los polígonos industriales[398] en nuestra área de estudio, en la tabla se reflejan los polígonos que cuentan con cincuenta o más empresas instaladas, discriminadas por actividad, para establecer el tipo de especialización en cada uno de ellos, en especial la industrial (ver tabla 6-27 y gráfico 6-13). Se ha utilizado la clasificación del Impuesto de Actividades Económicas utilizada en la base de datos del Instituto Aragonés de Fomento[399].

Asimismo, puntualizaremos que algunas en algunas empresas no figura explícitamente el código de actividad. Dichas empresas se reflejan en la tabla, calculándose el porcentaje de fiabilidad, en función del total de empresas en el polígono industrial para poder establecer la especialización del conjunto de cada polígono.

Las iniciales de cada actividad figuran en la última columna; las que no ofrecen duda, en mayúsculas, puesto que el número de empresas en dicha actividad es mayor que el número de empresas en cada una de las otras actividades, incluyendo la suma de las empresas sin clasificación explícita, de tal forma que no podrían superarla.

En la especialización que ofrece alguna duda, o existen varias actividades cuya cantidad de empresas es similar, se ha utilizado la letra inicial de la actividad en minúscula o, si es el caso, la de varias actividades. Destacaremos que de los 24 polígonos seleccionados, encontramos 10 con una especialización industrial relativamente alta. Así tenemos, en Zaragoza, Malpica Santa Isabel y Ampliación (45%), San Valero (57%) y El Pilar (44%); en Cadrete, Industrial Cadrete (43%) y Proalca (38%); en Villanueva de Gállego, San Miguel Sector 3 (61%); en Tarazona, Actuación Industrial de Tarazona (43%); en María de Huerva, Los Canales-Los Planos

[398] Para Busquets i Fàbregas (2007, p. 65), según el predominio de las actividades que acogen, pueden distinguirse diferentes tipos de polígonos de actividad: 1) Polígonos industriales, dedicados a la transformación de materias primas. 2) Polígonos de servicios, que agrupan empresas del sector terciario. 3) Polígonos logísticos, destinados a actividades de almacenaje y distribución. 4) Parques tecnológicos, que acogen empresas relacionadas con la investigación y las nuevas tecnologías. 5) Polígonos mixtos, donde se agrupan empresas de servicios y desde donde se ofrece un amplio abanico de actividades asociadas (comerciales, gastronómicas, lúdicas, etc.).

[399] Actualmente el Instituto Aragonés de Fomento utiliza la Clasificación Nacional de Actividades Económicas.

(66%) y en Utebo, El Águila (46%). De todos ellos, el que más empresas tiene es Malpica Santa Isabel y Ampliación, los demás se mueven en un rango de empresas entre 91 y 50 empresas.

Tabla 6-27. Especialización de los polígonos industriales con 50 o más empresas instaladas en la isocrona de 60' en camión

Municipio	Nombre polígono	Nº empresas	Empresas sin datos explícitos	Empresas con datos explícitos	% fiabilidad	Nº empresas industriales	% empresas industriales	Nº empresas comercio por mayor	Nº empresas comercio por menor	Total empresas comerciales	% empresas comerciales	Nº empresas reparación	% empresas reparación	Nº empresas Transporte	Nº empresas depósitos y almacenes	Nº empresas actividades auxiliares transporte	Nº empresas transporte y	% empresas transporte	Otras empresas servicios, construcción, energía	% Otras empresas servicios, construcción, energía	Especialización
Puebla de Alfindén (La)	Malpica-Alfindén	431	45	319	90	144	33	87	18	105	24	23	5	16	25	6	47	11	67	16	I
Zaragoza	Malpica Sta. Isabel y ampl.	355	36	284	90	159	45	82	20	102	29	7	2	6	3	7	16	5	35	10	I
La Muela	Centrovia	232	32	163	86	82	35	42	19	61	26	6	3	4	6	4	14	6	37	16	I
Zaragoza	Ciudad del Transporte	178	15	126	92	6	3	27		27	15	12	7	43	2	36	81	46	37	21	T
Zaragoza	Cogullada	177	17	134	90	49	28	45	11	56	32	12	7	9	6	2	17	10	26	15	I,c
Zaragoza	Plaza	169	101	58	40	11	7	17	17	34	20	2	1	4	1	6	11	7	10	6	c
Cuarte de Huerva	Parque Industrial El Polígono	163	9	139	94	57	35	44	9	53	33	6	4	3	20		23	14	15	9	I,c
Cuarte de Huerva	Valdeconsejo	149	61	77	59	39	26	20	4	24	16	7	5	1	5	1	7	5	11	7	I,c
Zaragoza	Empresarium	132	74	34	44	17	13	10		10	8	4	3	1		2	3	2	24	18	s,I,c
Ejea de los Caballeros	Valdeferrín	130	12	103	91	36	28	19	4	23	18	12	9	4	27	1	32	25	15	12	t,I,c
Zaragoza	Molino del Pilar	99	11	63	89	21	21	26	11	37	37	4	4		1		1	1	25	25	C
Cadrete	Industrial Cadrete	91	6	79	93	39	43	10	3	13	14	4	4		23		23	25	6	7	I
Villanueva de Gállego	San Miguel Sector 3	79	8	58	90	48	61	5		5	6	2	3	2	1		3	4	13	16	I
Zaragoza	El portazgo	76	11	46	86	17	22	18	2	20	26	4	5	1	2	2	5	7	19	25	c,I
Zaragoza	Mercazaragoza	70	10	35	86	3	4	25	5	30	43	1	1		1		1	1	25	36	C
Calatayud	La Charluca	68	14	46	79	14	21	17	5	22	32	2	3	5	2	1	8	12	8	12	c
Zaragoza	San Valero	68	5	54	93	39	57	12		12	18	2	3		1		1	1	9	13	I
Tarazona	Actuación Industrial Tarazona	63	14	49	78	27	43	7	4	11	17	4	6	3	4		7	11			I
Cuarte de Huerva	Pignatelli	62	3	54	95	35	56	11	3	14	23				5		5	8	5	8	I
Cadrete	Proalca	58	6	49	90	22	38	8	3	11	19	1	2		15		15	26	3	5	I
Cadrete	Las Eras	57	3	48	95	21	37	1	2	3	5	2	4	1	21		22	39	6	11	t,I
María de Huerva	El Plano – Los Canales	53	1	48	98	35	66	10		10	19	2	4	1			1	2	4	8	I
Utebo	El Águila	52	5	41	90	24	46	6	2	8	15	4	8		5		5	10	6	12	I
Zaragoza	El pilar	50	4	41	92	22	44	11		11	22	2	4	3	3		6	12	5	10	I

Especialización contrastada	Especialización posible
I = Industrial	I = industrial
C = Comercial	c = comercial
T = Transporte	t = transporte
	s = servicios

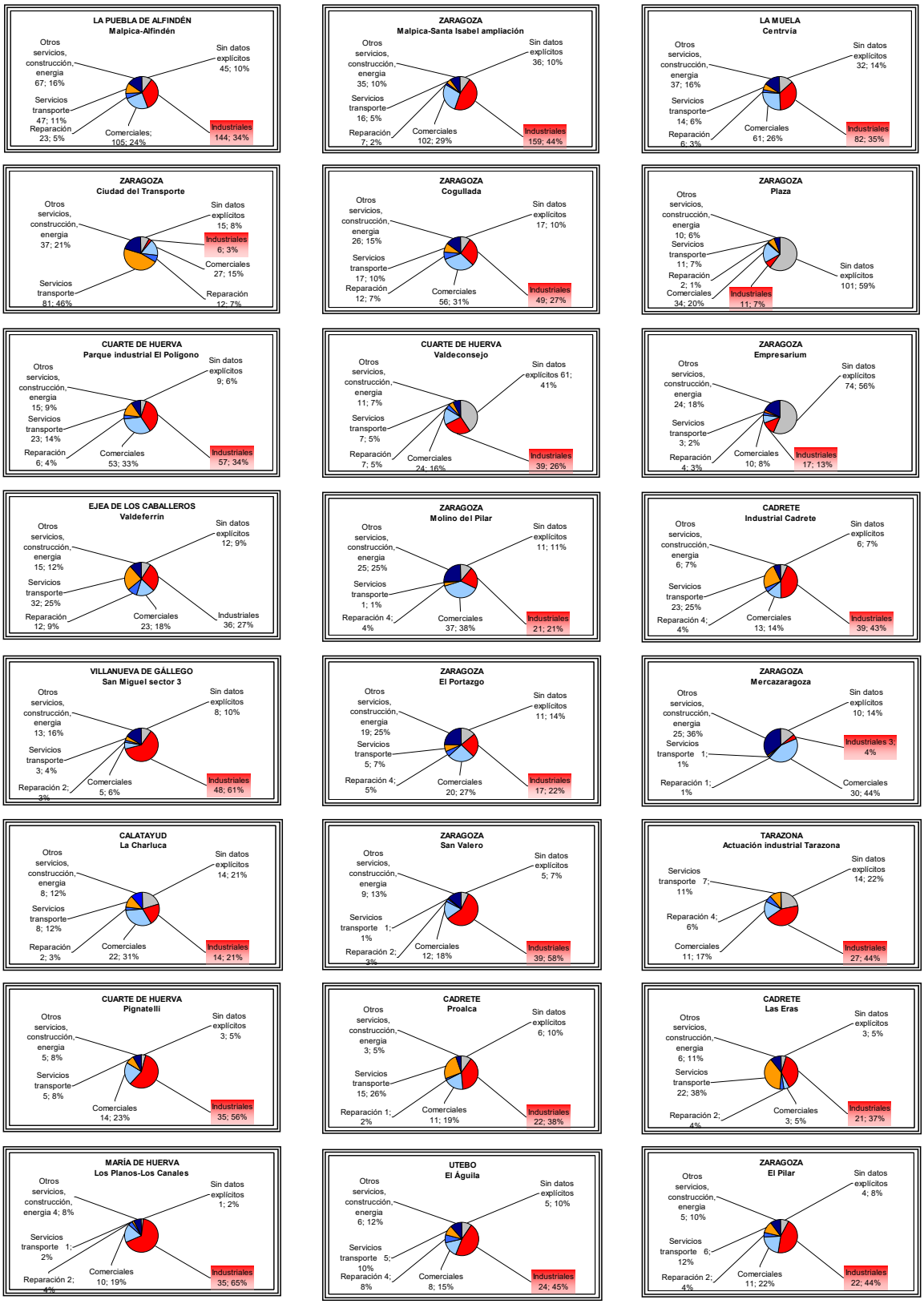
Fuente: Instituto Aragonés de Fomento, Suelo Industrial en Aragón 2009 [en línea], www.iaf.es, [consulta: marzo 2011].
Elaboración propia

Otras claras especializaciones, todas ellas en Zaragoza, son las de la Ciudad del Transporte (46%) en actividades de transporte, y las de Molino del Pilar (37%) y Mercazaragoza (43%), siendo esta la Plataforma Agroalimentaria del Valle de Ebro, que abastece de productos perecederos a la capital y a otros puntos del territorio.

Del resto de polígonos que no tienen una especialización tan clara, haremos referencia a 4 polígonos que superan el 25% en actividades de transporte. En cadrete, Las Eras (39%) y, los ya mencionados Proalca (26%) e industrial cadrete (25%) y en Ejea de los Caballeros (25%), Valdeferrín, todos ellos en actividades relacionadas con los Depósitos y Almacenes.

Con respecto a la Plataforma Logística Plaza, sólo se ha dispuesto de un 40% de empresas con clasificación explícita de actividades, por lo que no se puede asignar una especialización, si bien, hay una cierta abundancia de empresas comerciales y de servicios, y algunas empresas industriales. Haremos una mención aparte al Parque Tecnológico de Reciclado López Soriano que no figura en la tabla por la todavía baja implantación de empresas. Es de destacar que puede convertirse en un referente para el sur de Europa en tratamiento y reciclado de materiales muy diversos en la mayoría de las ramas industriales.

Gráfico 6-13. Especialización de los 24 polígonos con más de 50 empresas instaladas en la isocrona de 60' por camión. Año 2011



Fuente: Instituto Aragonés de Fomento, Suelo Industrial en Aragón 2009 [en línea], www.iaf.es, [consulta marzo 2011]. Elaboración Propia

Pretende dar cabida a todas las actividades relacionadas con la industria del reciclado, la obtención de materias de segunda generación y, finalmente, cerrando el ciclo, su vuelta como nuevas materias primas al uso industrial. También acoger la instalación de toda clase de actividades industriales en las que intervengan en cualquier proporción materias primas obtenidas por procesos de recuperación o reciclado. Puntualizaremos, que no se trata de un centro de gestión de residuos sino un parque industrial.

Estructura y distribución espacial de la actividad productiva industrial: red viaria

Por último, para finalizar este punto y el apartado, nos parece inexcusable hacer una rápida referencia a la Intensidad Media Diaria (IMD) del tráfico en los ejes viarios en los que se sitúan los polígonos industriales. La razón la encontramos en el pretendido crecimiento del tráfico ferroviario con la implementación en septiembre de 2010 del Plan Estratégico para el Impulso del Transporte de mercancías por ferrocarril que pasaría del 4% actual al 8-10% en el horizonte 2020.

Como es sabido, el tráfico capilar alimenta y es alimentado por las terminales ferroviarias. Pero muchas de las empresas industriales y de distribución, generadoras de dichos flujos, se localizan en los polígonos industriales, por lo que el incremento de vehículos pesados se producirá tanto en estos polígonos como en las terminales ferroviarias. En consecuencia, será necesario contemplar qué cantidad de tráfico de vehículos pesados circula actualmente por los mencionados ejes, como año base, para conocer el incremento del tráfico si se cumplen los objetivos del Plan Estratégico, puesto que, conllevará a una intensificación de los costes externos del transporte.

Si bien, puntualizaremos, que estos costes serían, obviamente, mucho más elevados, si los crecimientos de los flujos de transporte previstos por la Unión Europea, del 50% en el horizonte 2020 y 100% en el horizonte 2050 (ver apartado 4.2), repercutiesen en mayor medida sobre el modo carretera y no se produjese un reequilibrio modal hacia otros modos de transporte con menores costes externos como el ferrocarril y el marítimo.

Estos efectos se ven agravados en el caso de los vehículos pesados, que se acentúan, aún más, cuando existe congestión en las carreteras y autovías; también en las inmediaciones de los polígonos industriales, es decir, en los accesos, por la concentración de flujos de este tipo de vehículos. Es una situación grave, debido a que la dinámica de disipación de la congestión en un punto puede prolongarse durante varias horas después del momento de colapso. Si se incrementa la densidad o el volumen de vehículos por carril en un determinado tramo de la vía se aumenta la intensidad del tráfico y como consecuencia pueden producirse la congestión, puesto que la capacidad de una infraestructura es limitada.

Por ello, conocer la IMD[400] de los ejes viarios tiene tanto interés para nosotros. Indicaremos que la intensidad de una vía está en función de su capacidad, que está determinada por una serie de variables que dependen de las características físicas de la sección, de las del tráfico y de las regulaciones de la circulación. Entre dichas variables podemos citar, la topografía (rampas, pendientes y llanos), la

[400] **Intensidad de tráfico**: número de vehículos que pasan a través de una sección fija de la carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son las de vehículos/hora (intensidad horaria) y vehículos/día (intensidad diaria).

Intensidad de circulación horaria equivalente: número de vehículos que pasan por un perfil dado o sección de un carril o carretera, dividido por el intervalo de tiempo considerado (inferior a la hora, normalmente de 15 minutos).

Intensidad Media Diaria (IMD): volumen total que pasa por una sección transversal o por un segmento de una carretera, en ambos sentidos, durante un año, dividido entre el número de días del año.

Intensidad horaria punta: número de vehículos que pasan por una sección durante la hora que se considera representativa de las condiciones de mayor circulación.

unidireccionalidad de los carriles y su número, el ancho de los carriles y arcenes, los cruces, la regulación del tráfico mediante semáforos, el porcentaje de vehículos pesados, etc., y, otros dos parámetros fundamentales del tráfico, como son la velocidad y la densidad del tráfico.

Los valores de la capacidad máxima de una vía en condiciones ideales, establecidos por el Comité de Capacidad de Carreteras y Calidad del Servicio, de los Estados Unidos, según se refleja en el *Transportation Research Board* (TRB), edición 1994[401], son los siguientes:

Tabla 6-28. Capacidad de una vía en condiciones ideales

Sentido de Transito	Clase de Via		Capacidad Ideal
Unidireccional	Autopista	2 carriles por sentido	2200 V.L./hr/carril
		3 ó más carriles por sentido	2300 V.L./hr/carril
	Multicarril		2200 V.L./hr/carril
Bidireccional	Dos carriles		2800 V.L./hr/ambos sentidos

Fuente: Transportation Research Board (TRB), TRB Special Report 209: Highway Capacity Manual, 1994, en Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, anexo 01, Capacidad y Niveles de Servicio, tabla A1.04.01, p. 214, Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Peru. http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/DG-2001%20corregido-ok/INDEX.HTM.

En las carreteras de dos carriles y dos sentidos de circulación se suele considerar la intensidad de tráfico total[402], es decir, la suma de las correspondientes a ambos sentidos (50% cada carril); sin embargo, si se consideran intensidades diarias puede haber fuertes contrastes entre ambos sentidos. En carreteras con calzadas separadas, suele ser normal considerar independientemente la intensidad correspondiente a cada calzada.

La máxima intensidad de circulación de cualquier vía corresponde a su capacidad (ver tabla 6-28). Se produce cuando alcanza la *densidad*[403] *crítica*, denominándose, la velocidad a la que esto ocurre, *velocidad crítica*. Señalaremos, asimismo, que la intensidad es el factor que más afecta a la velocidad, según la relación fundamental entre las diversas magnitudes del tráfico que viene dada por la ecuación:

Intensidad = Velocidad x Densidad

Por otra parte, el factor que más influye en las variaciones de la intensidad es el tiempo. La intensidad de tráfico es distinta en cada momento del día siguiendo, en general, determinados ciclos que se ven modificados también en distintos periodos de la semana (fin de semana) y del año (vacaciones). Además, normalmente, la intensidad de tráfico viene condicionada por la demanda que en cada tramo varía considerablemente.

---

[401] En Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, anexo 01, Capacidad y Niveles de Servicio, Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Peru.

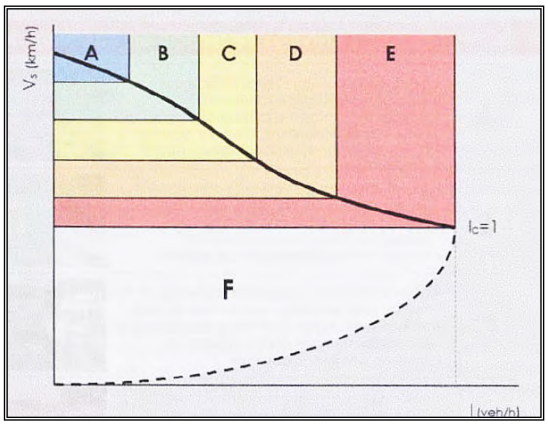
http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/DG-2001%20corregido-ok/INDEX.HTM

[402] Puntualizaremos que es importante distinguir entre volumen e intensidad de tráfico. El volumen es el número real de vehículos que pasan por una sección durante un intervalo, pero expresados a través de una intensidad horaria equivalente. La intensidad de tráfico se obtiene dividiendo el número de vehículos observados durante un período subhorario entre el tiempo de observación (en horas).

[403] **Densidad de tráfico**: a veces denominada concentración de tráfico, es número de vehículos que ocupan un tramo de carretera de longitud dada; describe la proximidad entre los vehículos y refleja la libertad de maniobra dentro de la corriente de tráfico. Es un parámetro crítico en la descripción de las operaciones de tráfico. Se suele medir en vehículos/km.

No obstante, en muchas ocasiones la capacidad de las vías (oferta) condiciona la intensidad, no sólo porque establece un límite absoluto, sino porque al llegarse a determinadas restricciones, la demanda también se ve afectada.

Figura 6-5. Niveles de Servicio en el diagrama velocidad-intensidad

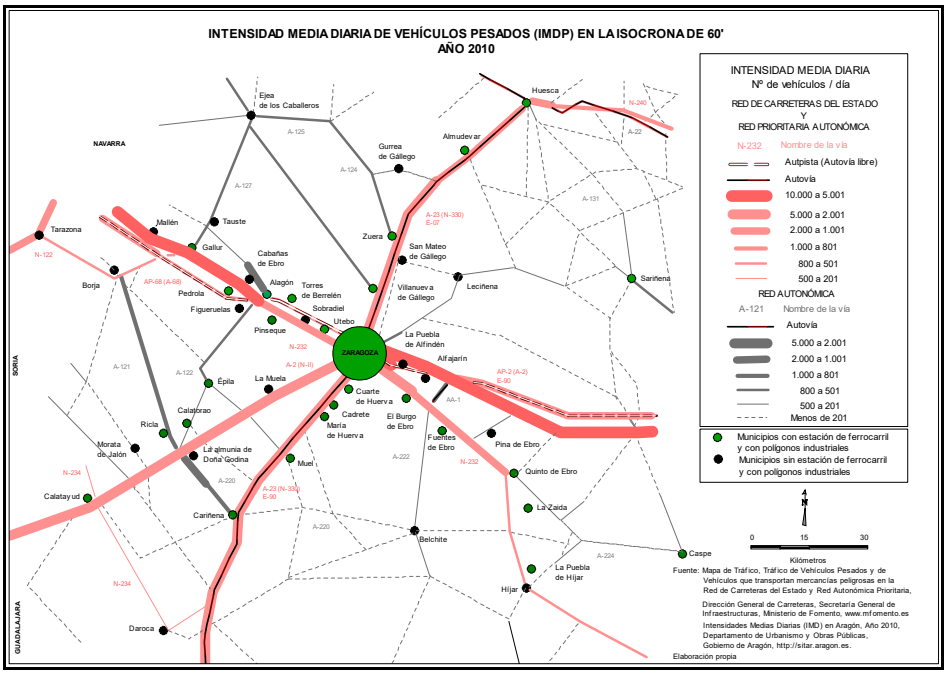


Fuente: Nañón Blázquez, L, (2000), Manual de Carreteras, figura 7.2, p. 75. http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01.pdf

Por lo tanto, es necesario que el volumen de demanda sea menor que la capacidad de la carretera, para que ésta proporcione al usuario un nivel de servicio aceptable. La demanda máxima que permite un cierto nivel o calidad de servicio es lo que se define como Volumen o nivel de Servicio.

El Comité de Capacidad de Carreteras y Calidad del Servicio, define seis niveles de Servicio (A, B, C y D) en su metodología desarrollada. Dichos niveles permiten condiciones de circulación continua que oscilan desde el A, libre y fluida, y la D, inestable; cuando la carretera opera a la capacidad de la vía nos encontramos en el nivel E. En el nivel F se presenta el fenómeno de la congestión con un flujo forzado, formándose largas colas con circulación intermitente, con arranques y paradas sucesivas (ver figura 6-5).

Mapa 6-21. Intensidades Medias Diarias de Pesados (IMDP) en la la Red Autonómica, Año 2010, y en la Red de Carreteras del Estado y la Red Prioritaria Autonómica, Año 2010



En la figura, se representa en el eje de abcisas la intensidad del tráfico en vehículos/h y en el eje de ordenadas la velocidad los vehículos en km/h. La intensidad de tráfico que corresponde con la capacidad de la vía está notada como I_c y coincide con el umbral inferior del nivel de servicio E.

Dicho todo lo anterior, y centrándonos en nuestra isocrona, se ha representado la intensidad media diaria de vehículos pesados en nuestra área de estudio sobre las Redes, Autonómica[404], de Carreteras del Estado y Prioritaria Autonómica, del año 2010. Para construir el mapa se han utilizado los datos de los aforos de ambas redes del año 2010[405].

El criterio de selección aplicado ha sido una IMDP superior a 200 vehículos pesados en la isocrona. En la red de Carreteras del Estado y la Red Prioritaria Autonómica, dentro de nuestra área de estudio todas las estaciones tienen una IMDP superior a esta cantidad, excepto algún tramo existente todavía de las carreteras nacionales 330A y de la N-II, que no se han representado. En la Red Autonómica, de las 435 estaciones de aforo de todo Aragón se ha seleccionado 67 estaciones en las carreteras de nuestra área de estudio que cumplen esta condición (ver mapa 6-21).

Sin embargo, el correcto funcionamiento de una carretera (o calle) no se juzga por su capacidad para intensidades medias, sino para intensidades en horas punta, porque los valores de la intensidad horaria del tráfico varían considerablemente a lo largo del día. Además, indicaremos que vías con bajas intensidades son más sensibles a sufrir trastornos por los acelerados incrementos de intensidad.

Esto puede resultar importante en el caso de incrementos inducidos de tráfico por el crecimiento del transporte ferroviario en determinadas terminales ferroviarias. No obstante, no se pretende profundizar más, dado que no es uno de los objetivos del presente trabajo; únicamente se trata de tener una visión general del tráfico de vehículos pesados en las redes implantadas en el espacio de estudio.

La leyenda del mapa 6-21 se ha estructurado tomando como base los rangos de los mapas consultados de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento[406] y del Departamento de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes del Gobierno de Aragón. Se han integrado los rangos de ambos mapas, si bien diferenciando, la Red de Carreteras del Estado y la Red Prioritaria Autonómica de la Red Básica Autonómica[407], de lo que resultan doce rangos.

---

[404] Las Estaciones de Aforo comprenden las redes autonómicas siguientes: Red de Autopistas y Autovías del tipo ARA-A; Red del tipo A-XYZ; Red Comarcal del tipo A-1XYZ; Red Local del tipo A-2XYZ; Otras carreteras autonómicas locales claves tipo HU-XYZ; Z-XYZ; TE-XYZ., si bien estas últimas no se han representado.

[405] Ministerio de Fomento (2010d), Trafico en la Red de Carreteras del Estado. Año 2010. Distribuciones de tráfico en las estaciones de aforo.

http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/01464472-01B2-44AA-AAB5-D5BAE062B1B8/105146/historico2009.pdf

Gobierno de Aragón (2010), Intensidades Medias Diarias (IMD) en Aragón en al año 2010.

http://www.carreterasdearagon.es/pix/aforos-2010.xls

[406] Ministerio de Fomento (2010e), Mapa de Tráfico 2010, Vehículos pesados y vehículos con mercancías peligrosas.

http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/0E2A9383-22F7-4B25-BF72-6A71389D096A/105128/MapPesados2010.pdf

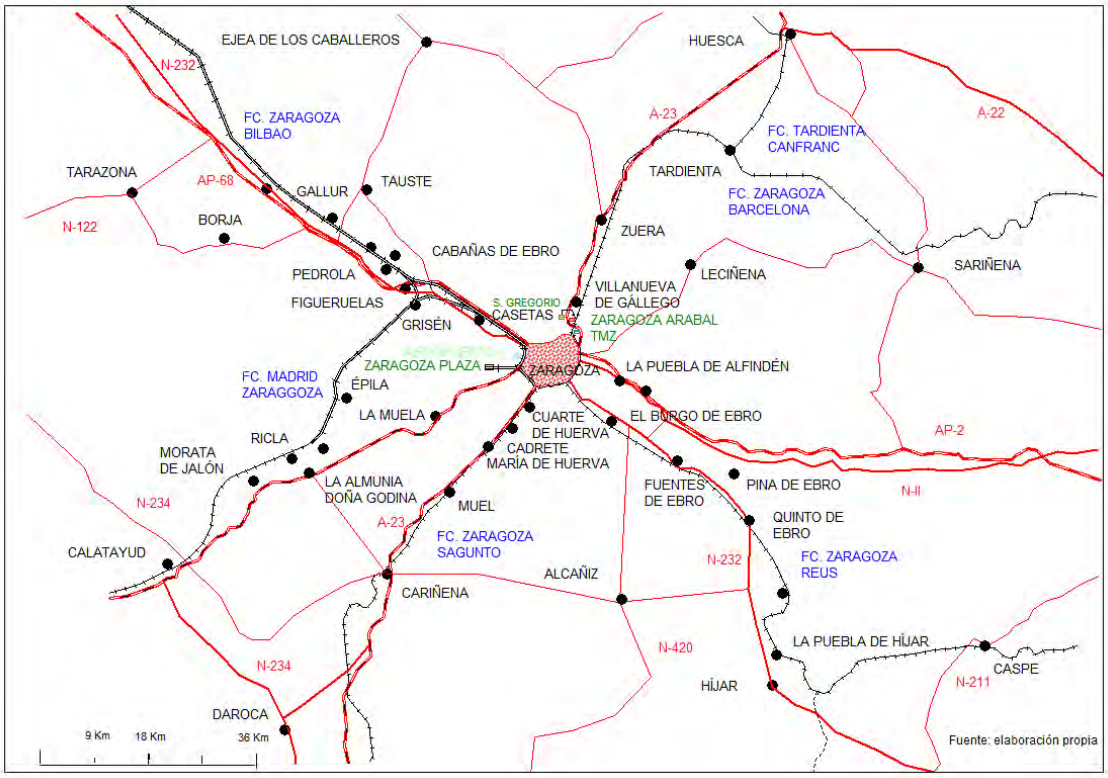
Gobierno de Aragón (2009a), Mapa de los aforos de las carreteras de Aragón 2009

http://www.carreterasdearagon.es/pix/aforo-carreteras-aragon-2009.pdf

[407] Gobierno de Aragón (2009b), Mapa Red de Carreteras de Aragón (febrero 2009)

http://www.carreterasdearagon.es/pix/mapa_carreteras_aragon.pdf

Mapa 6-22. Red viaria, ferroviaria y polígonos industriales en el área metropolitana de Zaragoza



En el mapa 6-22 se discriminan las líneas de vía única de las de vía doble. Este mapa complementa a los mapas 6-20 y 6-21 en cuanto a la situación de los polígonos industriales con respecto a ambas redes, viaria y ferroviaria.

Según se aprecia en el mapa 6-21, las IMDP más elevadas en Red de Carreteras del Estado y la Red Prioritaria Autonómica con más de 6.000 veh./h., corresponden a la Carretera N-II, en el tramo este, que proviene de Cataluña, hasta Zaragoza (6.639 veh.7h.), y la carretera N-232, a partir de Alagón hacia la provincia de Navarra (6.129 veh./h.). Le siguen las autovias A-2, con intensidades cercanas a los 5.000 veh./h., y la A-23 con valores ligeramente superiores a los 2.000 veh./h.

En cuanto a la Red Básica Autonómica, el tramo Ricla-La Almunia de Doña Godina de la carretera A-121, es el que tiene una mayor IMDP, con 1.356 veh./h., seguido del tramo Remolinos-Alagón de la carretera A-126, con 1.087 veh./h.

A continuación, con valores muy próximos, la A-121 desde Magallón hasta Ricla y la A-220 desde La Almunia de Doña Godina hasta Cariñena. Por último señalaremos la autovía autonómica ARA-A1, con 894 veh./h., que conecta las carreteras N-232, entre Fuentes de Ebro y el Burgo de Ebro, con la N-II en Villafranca de Ebro.

Hacemos una breve alusión a los nudos de conexión situados en el borde NO-S de la ciudad ya que no se ha representado en el mapa. En el noroeste, las conexiones de la autopista AP-68 con la autovía A-68 forman un nudo y la autovía A-2 con la N-232 y con la vía urbana de acceso a Zaragoza otro. En el suroeste, la conexión la autovía A-2, la carretera N-IIa y el cuarto cinturón de Zaragoza Z-40 forman otro. También en el sur en la conexión de la autovía A-23 con el cuarto cinturón Z-40 y con la vía urbana de acceso a Zaragoza. En estos nudos y autovías de conexión se superan los 10.000 veh./h.

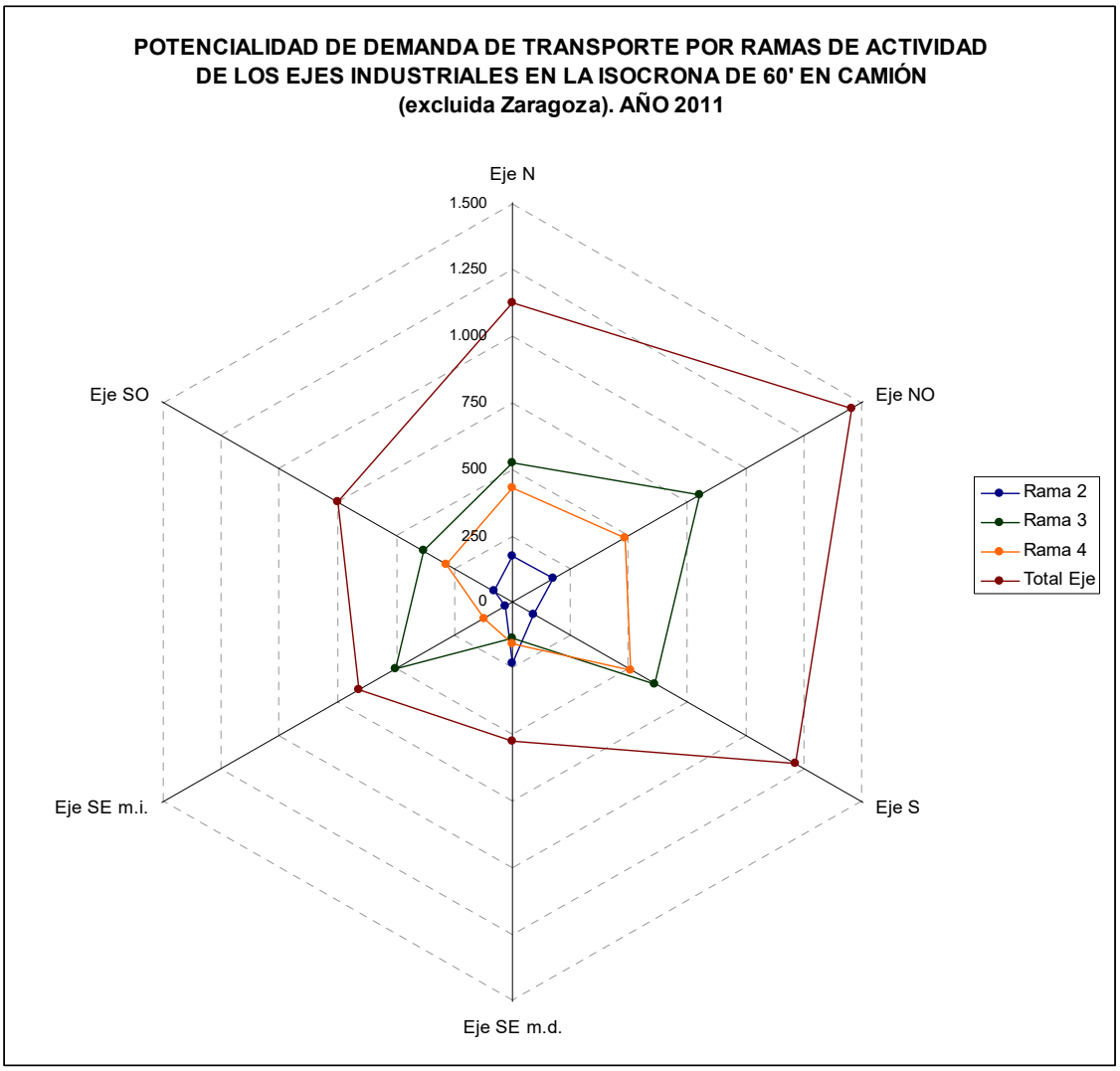
Sobre la demanda potencial de transporte de mercancías que pudiera surgir, hemos hecho una valoración de los potenciales de generación de los ejes industriales del área metropolitana de Zaragoza y de las estaciones que pudieran absorber el incremento de tráfico (ver gráfico 6-14). En primer lugar, hemos estimado la demanda

considerando la especialización industrial por ramas de actividad y el número de industrias por rango de trabajadores.

El índice de especialización utilizado es el cociente de localización industrial incorporado como factor multiplicador del número de empresas industriales para cada rama de actividad según su número de empleados por rangos. Dichos rangos, a su vez, se han incrementado utilizando un factor multiplicador que se incrementa a medida que lo hace el rango de empleados, puesto que no es lo mismo, en términos de producción y de demanda de transporte una empresa con menos de 26 empleados que otra con más de 500.

La rama 2 se ha asignado a las industrias extractivas y de transformación de metales no energéticos y derivados de la industria química. La rama 3 a las industrias transformadoras de metales y de mecánica de precisión. La rama 4 a otras industrias manufactureras.

Gráfico 6-14. Potencialidad de demanda de transporte por ramas de actividad industrial en los ejes de comunicaciones de la isocrona de 60' en camión. Excluida Zaragoza. Año 2011



Fuente: Camerdata S.A., fichero de empresas españolas [en línea], [consulta marzo 2011], www.camerdata.es
Instituto Aragonés de Fomento, suelo industrial en Aragón 2009, [en línea], [consulta marzo 2011], www.iaf.es. Elaboración propia

Para cada uno de los ejes hemos seleccionado entre los distintos municipios que los conforman los más adecuados. Los criterios de selección son una alta especialización industrial con grandes volúmenes de producción, varios polígonos industriales o uno potente, podría considerarse la especialización de los mismos, y que dispongan de estación de ferrocarril en disposición de operar en la actualidad o la posibilidad de conexión a la red ferroviaria.

Sería necesario un análisis más profundo sobre la situación, accesos, posibilidad de recrecimiento, etc. También es posible contemplar otros municipios cuyas estaciones se cerraron o desaparecieron en el pasado pero que son próximas a las líneas ferroviarias. Esto requeriría un estudio todavía más profundo que el anterior.

La razón está en la probabilidad de saturación de la terminal de Zaragoza Plaza por el incremento del transporte ferroviario del 4% actual al 8-10% pretendido en los próximos años, cuando haya pasado la crisis económica, para favorecer el reequilibrio modal y la competitividad.

Así, se podría establecer, entre otras cuestiones, bien la hipotética implementación de terminales de apoyo (satélites) a la Terminal Intermodal de Zaragoza Plaza o incluso en la modalidad de autoprestación la producción de trenes puros de contenedores, mono o multicliente por encima de un umbral suficiente de toneladas y si es posible la instalación de un apartadero particular en el propio polígono.

Con una locomotora comprada, en leasing o alquilada por las empresas de los polígonos si no se alcanza el umbral para un tren completo, podría realizarse una “tirada” para la recolección del tráfico disperso en todos los ejes hacia la terminal de Zaragoza Plaza donde se formaría el tren o trenes en función de sus destinos. Idea inspirada en la revitalización del tráfico disperso y en los operadores de proximidad. Dichos operadores, surgidos de las propias empresas o clusters de empresas del polígono o eje, conseguirían las economías de escala necesarias para ofrecer unos precios de transporte atractivos a las empresas. Otra opción podría ser que el propio polígono ofertase el servicio a las empresas instaladas en él añadiendo valor a ese espacio. También podría ser la colaboración entre el polígono y las empresas.

En la tabla 6-29 mostramos también las vías de acceso a los municipios seleccionados con indicación de la Intensidad media diaria de pesados (IMDP). Es esperable que un incremento del tráfico ferroviario en dichas estaciones lleve aparejado un incremento del tráfico de pesados y otro tipo de vehículos para la circulación capilar.

De los datos de la tabla no se desprende que haya saturación porque la capacidad máxima de una vía en condiciones ideales para autovías y carreteras con 2 carriles por sentido es de 2.200 veh/h/carril y en carreteras con un carril por sentido 2.800 v/h para ambos sentidos (1.400 carril)[408].

[408] Valores de la capacidad máxima de una vía en condiciones ideales, Comité de Capacidad de Carreteras y Calidad del Servicio, de los Estados Unidos en *Transportation Research Board* TRB), edición 1994.

Tabla 6-29. Estaciones de ferrocarril con posibilidad de concentrar los flujos de mercancías en su eje industrial en el área metropolitana de Zaragoza. Año 2011

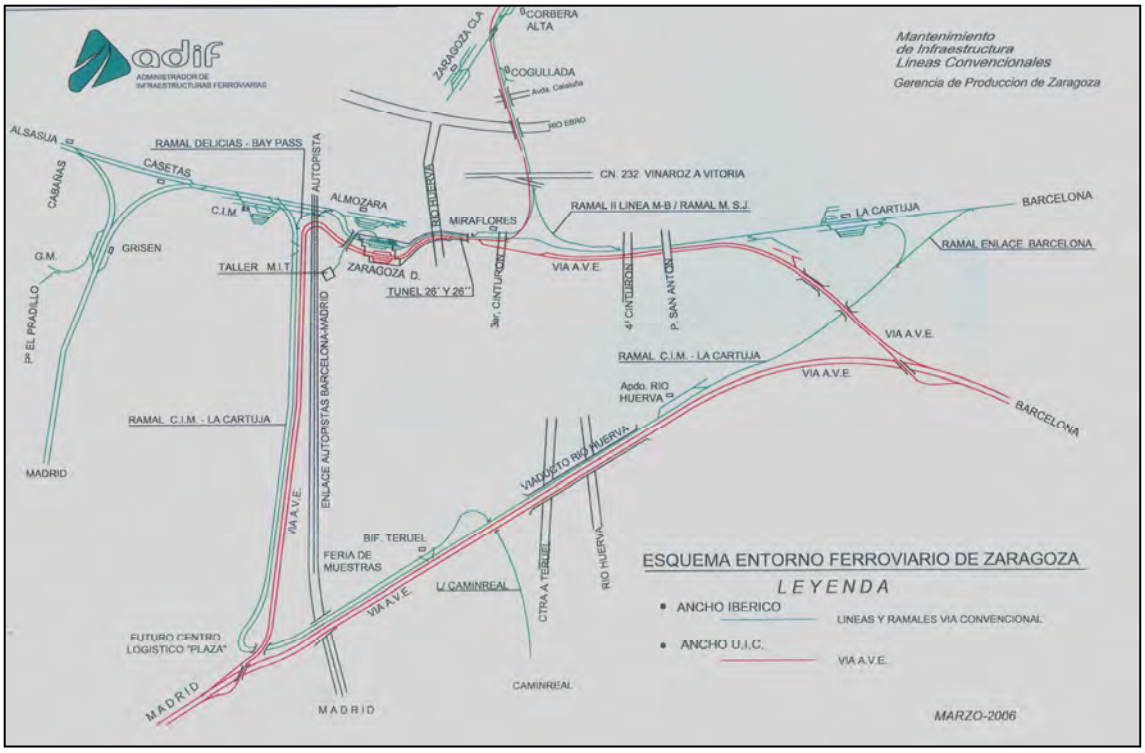
EJE	MUNICIPIO	EFECTIVIDAD ESTACIÓN	VÍA	IMD	VÍA	IMD	Rama 2	Rama 3	Rama 4	Total Industria	Nº Polígonos Industriales	Superficie total (m^2)
EJE S	CARIÑENA	Regular	A-23	5000-2001			1	3	100	104	3	829.400
	CUARTE DE HUERVA	Regular	A-23	5000-2001			35	332	247	614	5	1.351.701
	Total eje S						91	611	508	1.210	36	4.386.562
EJE SE m.i.	Total eje SE m.i.											
EJE SE m.d.	PUEBLA DE HÍJAR (LA)		N-232a	500-201			34	10	9	52	1	449.493
	CASPE		N-211	500-201			6	27	83	115	4	441.763
	FUENTES DE EBRO		N-232a	2000-1101			17	48	9	74	3	591.683
	QUINTO		N-232a	2000-1101			30	7	7	44	1	154.055
	ZAIDA (LA)		A-221	500-201			54	0	4	58	0	0
	Total eje SE m.d.						232	135	155	522	16	4.511.356
EJE SO	CALATAYUD		A-2	5000-2001	N-IIa		38	40	105	184	3	825.570
	ÉPILA		A-122	800-501	A-1305	500-201	8	98	33	139	2	1.384.705
	MORATA DE JALÓN		A-2	5000-2001	A121	1000-801	5	9	9	23	0	0
	RICLA		A-121	1000-801	A-2	5000-2001	0	1	28	29	1	96.445
	Total eje SO						81	383	283	747	13	9.742.873
EJE NO	ALAGÓN		A-234	2000-1101			8	76	28	113	1	191.478
	CABAÑAS DE EBRO	apart. Fertiberia	A-68	10000-5001	ALEJADA		1	8	6	15	1	104.008
	FIGUERUELAS	Grisen	A-68	10000-5001			20	129	3	152	5	4.667.545
	Total eje NO						171	801	479	1.450	45	16.514.157
EJE N	SARIÑENA		A-131	200-0	A-230	800 -501	9	13	48	70	2	352.436
	ZUERA	campa	A-23	2000-1101			21	76	63	160	5	1.645.934
	Total eje N						174	524	428	1.126	25	9.225.301
	TOTAL						**287**	**877**	**783**	**1.947**	**37**	**13.086.216**
	TOTAL ISOCRONA						**781**	**2.957**	**1.975**	**5.713**	**141**	**46.717.484**
	TOTAL AMZ						**1.109**	**5.030**	**5.321**	**11.459**	**181**	**79.644.552**

Elaboración propia

6.2. EL SUBSISTEMA FERROVIARIO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA

En los subapartados del apartado anterior se han mostrado algunas características de la Red Ferroviaria Aragonesa. Hay que subrayar que la red ferroviaria aragonesa tiene una estructura polarizada y no mallada, es decir, tiene un carácter absolutamente radial, en la que Zaragoza es el nodo central.

Figura 6-6. Esquema del entorno ferroviario de Zaragoza. Marzo 2006



Fuente: Adif, Mantenimiento de Infraestructura Líneas Convencionales, Gerencia de Producción de Zaragoza.

No obstante, si ascendemos en el nivel de desagregación de las redes, al subsistema de la superred transporte-logística española, Zaragoza es un hub de primer orden, con una elevada centralidad por su posición geoestratégica, que tiene la función de concentrar flujos, especialmente, en Centro Logístico Intermodal de Zaragoza Plaza, como ahora se denomina, por las funciones logísticas que se desarrollan en este tipo de terminales. Dichos flujos son operados en la mencionada Terminal, y en el resto de hubs de la superrered, con el denominado sistema multietapa (*Multi-hop*)[409].

En este punto nos centraremos en ciertos elementos identificados en algunos subsistemas del subsistema de transporte de nuestra área de estudio que, en nuestra opinión, pueden ser susceptibles de mejora. Se seguirá el orden de los niveles establecidos en el análisis del sistema desarrollado en el apartado 5, si bien, con una menor resolución, es decir, con un nivel de desagregación menor. No se realizará un análisis exhaustivo dados los objetivos y las características del trabajo; como ya se dijo es un camino abierto a nuevos trabajos que podrían profundizar en la investigación del subsistema de transporte.

En el esquema anterior (ver figura 6-6), que también muestra la vía AVE, pueden apreciarse las conexiones a Zaragoza –nodo central- y la estructura radial de la red. Hacia el norte, la línea a Barcelona (por Lérida) que se bifurca en dirección noroeste-norte en la línea a Huesca y Canfranc; hacia el sur la línea a Teruel-Sagunto-Valencia;

[409] Ver apartado 3.1.

hacia el sureste la línea a Caspe-Reus-Tarragona-Barcelona; hacia el suroeste la línea a Calatayud-Madrid; y hacia el noroeste la línea a Castejón de Ebro-Logroño-Miranda de Ebro-Bilbao, que se bifurca desde el primer municipio indicado hacia Pamplona-Alsasua-Irún. También se aprecia en el primero de los esquemas la configuración de la Red AVE Madrid-Barcelona-Frontera francesa con la bifurcación de entrada a Zaragoza y la línea directa hacia Barcelona.

6.2.1. Análisis y diagnóstico del subsistema ferroviario metropolitano

Administrador de infraestructura

Como se ha visto, el subsistema de Infraestructuras e Instalaciones N (-8/4), se ha discriminado en dos subsistemas característicos del sistema ferroviario, el que corresponde a la **Línea** —**N(-9)/1**— y a las **Terminales y Estaciones** —**N(-9)/2**. En ambos subsistemas encontramos en el nivel inmediatamente inferior el subsistema Estructura de Vía —N (-10)—; comenzaremos por el subsistema Línea y posteriormente se verá el de Terminales y Estaciones.

- **Línea —N(-9)/1— / Subsistema Estructura de Vía –N (-10)—**

Este subsistema está formado por dos subsistemas, Infraestructura –N (-11/1)— y Superestructura –N (-11/2)—**,** el primero, es el terreno base sobre el que se asienta la vía. Está formado por los subsistemas Trazado – N (-12)/1 – y Obras de Fábrica – N (-12)/2 –. El segundo, comprende la vía propiamente dicha y un conjunto de aparatos e instalaciones que permiten el servicio ferroviario. Está formado por los subsistemas Vía – N (-12)/3— e Instalaciones – N (-12)/4— (ver apartado 5).

- **Infraestructura –N (-11/1)—/Trazado N (-12/1)**

La atención se ha centrado en las velocidades máximas admitidas por los radios de las curvas[410] y en las cargas máximas que pueden remolcar las locomotoras en función del trazado longitudinal (alzado). También en las limitaciones de velocidad y de gálibo de cargamento que pueden imponer las distintas obras de fábrica como son los túneles. Estos parámetros, entre otros, como la velocidad admisible por el material remolcado, determinan la velocidad de circulación de los trenes y las cargas máximas que pueden remolcar las locomotoras.

Como se ha visto en punto Orografía y Ferrocarril de ancho ibérico el trazado de vía está sujeto a la orografía por la que discurre y se refleja en la sinuosidad del mismo[411], en el número de curvas y en las rampas y pendientes que ha de salvar su diseño.

También, recordaremos que el subsistema Infraestructura o plataforma es una estructura constituida sobre la explanación. Tiene como función proporcionar apoyo a la capa de asiento, según su capacidad portante, sobre la que se asienta el camino de rodadura y los dispositivos destinados a controlar el movimiento de los trenes, es decir, la superestructura.

Por lo tanto, su anchura variará si el trazado es en vía única o en vía doble[412]. Es una cuestión importante porque al estar inscrita físicamente sobre el terreno esta muy supeditada a la orografía por la que discurre el trazado. Como consecuencia de esto, cuando se construyeron las líneas de ferrocarril a finales del siglo XIX y principios de

---

[410] Para el subsistema **Perfil en Planta (N-13/1)** solo hemos considerado los trazados en el sentido de circulación Par de los trenes, salvo en el trazado de la bifurcación Teruel a Valencia F.S.L, que es en el sentido Impar. Madrid, Bilbao y Valencia hacia Zaragoza sentido Par; Zaragoza hacia Barcelona, Tarragona y Canfranc sentido Impar. El sentido Par de circulación de la Ronda sur es del CI.M. hacia la Cartuja.

[411] No se contempla explícitamente ni se discrimina el rodeo del trazado motivado por decisiones políticas, económicas, estratégicas, de las compañías inversoras o de cualquier otra índole en el proyecto de construcción de las líneas, según el Plan General de Ferrocarriles que se desarrolla entre los años 1850 y 1877. ver anexo 1: *El ferrocarril en España*.

[412] Vía Única, en terraplén 7,90 m y en trinchera 9 m. Vía Doble 12,90 m.

siglo XX, e incluso en el siglo XXI como fue la Ronda Sur de Zaragoza, no se consideró oportuno o resultó técnicamente muy difícil o económicamente inviable realizar vía doble en determinados tramos o líneas.

Así pues, en las líneas ferroviarias del cuadrante noreste peninsular que tienen su paso por el nodo de Zaragoza encontramos vía única en toda la línea Zaragoza-Tarragona (Caspe), en un gran trayecto entre Zaragoza y Tarragona de la línea Zaragoza-Barcelona (Lérida), en el tramo Calatayud-Ricla de la línea Madrid-Zaragoza, en la línea Tardienta-Canfrac y en el viaducto que atraviesa el río Huerva de la Ronda Sur Ferroviaria de Zaragoza.

En dichas líneas y tramos en vía única se generan pérdidas de tiempo de transporte (tiempos muertos) por cruces y distancias de los trenes en cantones saturados o de gran longitud, lo que redunda en la calidad del servicio y en la competitividad del ferrocarril frente a la carretera. Para efectuar el análisis del trazado se han discriminado las líneas de nuestra área de estudio según los elementos de dos de los tres subsistemas que incluye, el perfil en planta y perfil longitudinal. También se hará una breve alusión al tercer subsistema, el perfil transversal.

Sin embargo, hemos trascendido los límites de nuestra área de estudio hasta los nodos de origen de las líneas que atraviesan el nodo de Zaragoza. En nuestra opinión, al ser el cuadrante noreste el más importante de la Península Ibérica, tanto en volumen de producción como de transporte, hace necesario considerar la totalidad del trazado entre el mencionado nodo y los nodos origen de las principales relaciones de dicho cuadrante con origen o destino en Zaragoza, o bien que pasan por él, aunque los trenes no tengan intervenciones en este nodo (efecto túnel).

Además, en nuestra opinión, no tiene sentido considerar los tiempos de transporte de los flujos de mercancías sólo en nuestra área de estudio, sino en la totalidad del trayecto entre Zaragoza y los principales puntos de producción y distribución del cuadrante noreste. El análisis de este subsistema se apoya en una serie de Tablas y gráficos, mediante los cuales, se presentan los valores de los mencionados parámetros para cada línea, si bien, se han realizado los tramos de cada una de ellas según unos determinados criterios.

Como primer criterio, nos ha parecido oportuno aplicar el de las grandes unidades morfoestructurales que atraviesa el trazado, aunque también se indican algunas unidades geomorfológicas de relieve. Se ha utilizado un código numérico para cada línea[413]. El primer dígito indica la línea y la segunda el tramo (unidad estructural o de relieve), Madrid Abroñigal-C.I.M. de Zaragoza (1), Ronda Sur Ferroviaria (2)[414], C.I.M. de Zaragoza-Barcelona Morrot (3), Bilbao Mercancías-C.I.M. de Zaragoza (4), Bifurcación Teruel-Valencia la Font de San Lluís (5), La Cartuja-Tarragona (6) y Tardienta-Canfranc (7). Los totales de cada línea se indican con las celdas en color lila.

El segundo criterio, ha sido el de los límites de la Comunidad Autónoma de Aragón que contextualiza nuestro territorio (amarillo oscuro). El tercer, y último criterio, nuestra área de estudio que delimita el trazado a la isocrona de 60’ en camión desde Zaragoza (amarillo claro).

Los totales de cada línea se muestran en color lila, exceptuando la Ronda Sur, que se ha hecho en color naranja (ver cuadro 6-2). Recordaremos que desde la mencionada

[413] Técnicamente cada línea tiene un código numérico que no corresponde a lo que hemos considerado como línea; en nuestro caso se ha tomado como línea el trayecto origen-destino de las terminales apropiadas a nuestros objetivos. Dicho trayecto estaría compuesto por tramos de las distintas líneas codificadas.

[414] Técnicamente es una línea completa, si bien, consta de un solo tramo que circunvala Zaragoza por el sur.

Ronda se accede a la Terminal Ferroviaria Intermodal de Zaragoza Plaza[415], denominada Centro Logístico Intermodal de Zaragoza Plaza, que se verá más adelante.

Las salidas de estos subsistemas, junto con otros subsistemas del subsistema estructura de vía, en su interacción, ofrecerán como salida más destacable (*outputs*) los tiempos de transporte y las cargas máximas admisibles de los de los trenes, obviamente, en función de las salidas de otros subsistemas, como por ejemplo, vehículos o circulación, entre otros, e interaccionando con ellas. Con los valores de las variables de los parámetros de salida de los subsistemas del subsistema estructura de vía, es decir, el tiempo de transporte se presentará un ejemplo de una línea real para una determinada locomotora y carga de tren.

- Perfil en Planta N (-13)/1 –.

Los radios de las distintas líneas se han agrupado en cuatro rangos, hasta 500 m, mayor de 500 m hasta 750 m, mayor de 750 m hasta 1.000 m y mayor de 1.000 m, calculados en función de la velocidad de la infraestructura[416]; sus límites corresponden aproximadamente con 100 km/h, 120km/h, 140 km/h y 160 km/h.

Nuestro interés se centra en los dos primeros, es decir, las curvas que pueden limitar la velocidad de los trenes con velocidades máximas de 100 km/h y 120 km/h respectivamente. Actualmente, en España las velocidades máximas de circulación de los trenes de mercancías impuesta por las características de construcción de la vagones, es de 100 km/h, para un elevado porcentaje del parque, y de 120 K/h, para algunas de las plataformas portacontenedores.

En el cuadro 6-2[417], se presentan los perfiles en planta de las líneas que atraviesan el nodo ferroviario de Zaragoza; en la primera columna se muestra el código de cada tramo mostrando las unidades de relieve que atraviesan.

Puntualizaremos que existen relaciones con distintos Orígenes o Destinos a los considerados, en otras terminales de Madrid, Barcelona, Valencia y Tarragona; como Vicálvaro Clasificación, Barcelona Can Tunis, Silla y Tarragona Clasificación o Constante, pero las líneas estudiadas, incluyen dichas terminales o bien se accede desde ellas. Por lo tanto las diferencias son inexistentes o no son significativas.

Por otra parte, señalaremos que las curvas que figuran en el cuadro no son realmente todas las curvas que hay en el trayecto; son las que tienen un radio (velocidad) menor que la velocidad máxima admisible por la infraestructura. Asimismo, indicaremos que las cifras de color azul indican un número de curvas sin cuantificar en un tramo, que sumadas a las cuantificadas totalizan las curvas existentes en dicho tramo. Los radios de las curvas, se distribuyen mayoritariamente en el rango inferior (<500m), con el 69% del total de las curvas de las seis líneas (sin la Ronda Sur). Si incluimos el rango siguiente (500 a 750 m) el porcentaje se incrementa hasta el 84%.

---

[415] No se figura en las tablas la conexión con el Centro Logístico Intermodal de Zaragoza Plaza al estar configurado en “culo de saco”, es decir no tener continuidad, por lo que la entrada y la salida de la terminal coinciden en el mismo punto. Tampoco se figura el By Pass que conecta la línea de Madrid en Grisén con la de Bilbao en Cabañas de Ebro, ni el ramal para uso militar, que une la línea de Barcelona en San Juan de Mozarrifar con la Terminal de San Gregorio, Al igual que la Ronda sur, técnicamente son líneas completas, aunque sean de escasa longitud.

[416] La velocidad admitida por una curva es aproximadamente $V = 4{,}5\times \sqrt{R}$, según la fórmula que presenta García Álvarez, A., 2010, p.50. Consideraremos los radios mínimos normales de la red convencional en 300 m (Jiménez Vega y García Álvarez, 2011, p. 65), que corresponden a unos 80 km/h (77,92).

[417] Fuente: *Cuadro de Velocidades Máximas e Informaciones Permanentes de 30 de abril de 2002. Líneas del 2º, actualizado hasta anejo 58 de 29 de septiembre de 2011, y líneas del 3er Grupo, actualizado hasta anejo 49 de 22 de septiembre de 2011*, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.

Cuadro 6-2. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo Zaragoza en tramos por unidades estructurales de relieve. Tramos de líneas según relieves estructurales y unidades geomorfológicas

Nº TRAMO		RELIEVE ESTRUCTURAL	TRAMO	TOTAL METROS
	01	MESETA-C.I. RAMA CASTELLANA SECTOR SEPTENTRIONAL	MADRID ABRNONIGAL-HORNA	155.500
	02	C.I. RAMA CASTELLANA SECTOR SEPTENTRIONAL-CUENCA SEDIMENTARIA ARIZA	HORNA-MONREAL DE ARIZA	49.600
	03	CUENCA SEDIMENTARIA ARIZA-DEPRESIÓN TECTÓNICA CALATAYUD/MONTALBÁN	MONREAL ARIZA-CALATAYUD	44.300
	04	DEPRESIÓN TECTÓNICA CALATAYUD-C.I. RAMA ARAGONESA ZARAGOZANA SECTOR MERIDIONAL	CALATAYUD -RICLA	35.700
	05	C.I. RAMA ARAGONESA ZARAGOZANA SECTOR MERIDIONAL-SOMONTANO IBÉRICO-VALLE EBRO	RICLA-C.I.M. ZARAG.	55.200
1		**MADRID ABRONIGAL-C.I.M. DE ZARAGOZA**		**340.300**
	21	VALLE DEL EBRO TERRAZAS 4-3-2-3	CIM ZARAGOZA-RONDA SUR- LA CARTUJA	24.700
2		**C.I.M. DE ZARAGOZA-RONDA SUR-LA CARTUJA**		**24.700**
	31	VALLE DEL EBRO-VALLE DEL GALLEGO-DEPRESIÓN PRESOMONTANA LLANOS DE LA VIOLADA	LA CARTUJA-ALMUDEVAR	49.700
	32	DEPRESIÓN PRESOMONTANA LLANOSDE LA VIOLADA-DEPRESIÓN PRESOMONTANA DE SARIÑENA	ALMUDEVAR-SARIÑENA	47.100
	33	DEPRESIÓN PRESOMONTANA DE SARIÑENA-SUR SOMONTANO BARBASTRO	SARIÑENA-TAMARITE Km 152+100	61.200
	34	SOMONTANO BARBASTRO-DEPRESIÓN CENTRAL CATALANA	ALMACELLAS Km 152+100-VINAIXA	75.500
	35	DEPRESIÓN CENTRAL CATALANA-CORDILLERA PRELITORAL-VALLE DEL FRANCOLÍ	VINAIXA-LA PLANA DE PICAMOIXONS	28.200
	36	VALLE DEL FRANCOLÍ-LLANURA COSTERA	LA PLANA DE PICAMOIXONS- S. VICENTE DE CALDERS	63.700
	37	LLANURAS COSTERAS-DEPRESIÓN PRELITORAL	S. VICENTE DE CALDERS- CASTELLBISBAL	52.700
	38	DEPRESIÓN PRELITORAL-CORDILLERA LITORAL-VALLE LLOBREGAT-LLANURA COSTERA	CASTELLBISBAL AG. MOLINS-BARCELONA MORROT	28.600
3		**LA CARTUJA-BARCELONA MORROT**		**406.700**
	41	RÍA DEL NERVIÓN	BILBAO MERCANCÍAS-AG. ENLACE LA CASILLA	16.600
	42	VALLE DEL NERVIÓN	AG. ENLACE LA CASILLA -ORDUÑA	39.100
	43	SECTOR ORIENTAL C. CANTÁBRICA-MONTES OBARIES-CONCHAS DE HARO-SIERRA CANTABRIA	ORDUÑA-HARO	81.100
	44	CONCHAS DE HARO-VALLE DEL EBRO	HARO-Km 52+485 (CORTES DE NAVARRA -GALLUR)	169.215
	45	VALLE DEL EBRO T 4	Km 52+485-CIM DE ZARAGOZA	46.185
4		**BILBAO MERCANCÍAS-C.I.M DE ZARAGOZA**		**352.200**
	51	VALLE DEL EBRO TERRAZAS 4-3-2- VALLE DEL HUERVA- SOMONTANO IBÉRICO- C.I. IBÉRICA ZARAGOZA EXTREMO MERIDIONAL	BIF. TERUEL-ENCINACORBA	53.600
	52	C.I. IBÉRICA ZARAGOZANA EXTREMO MERIDIONAL- DEPRESIÓN TECTÓNICA DE DAROCA	ENCINACORBA-VILLAHERMOSA	25.300
	53	DEPRESIÓN TECTÓNICA CALATAYUD/MONTALBAN- VALLE DEL JILOCA-VALLE DEL MADRE-DEPRESIÓN ALFAMBRA/TERUEL	VILLAHERMOSA-CAPARRATES	106.400
	54	C.IBÉRICA SIERRA DE JAVALAMBRE	CAPARRATES-Km 192+500 (ALBENTOSA-BARRACAS)	51.700
	55	VALLE DEL PALANCIA-LLANURA LITORAL	Km 192+500-SAGUNT	77.500
	56	LLANURA LITORAL/DEPRESIÓN CENTRAL VALENCIANA	SAGUNT-VALENCIA LA FONT DE SAN LLUIS	29.200
5		**BIFURCACIÓN TERUEL-VALENCIA LA FONT DE SAN LLUIS**		**343.700**
	61	VALLE DEL EBRO-SOMONTANO IBÉRICO	LA CARTUJA-CASPE	103.300
	62	SOMONTANO IBÉRICO-VALLE DEL EBRO-SIERRA DE LA FATARELLA	CASPE-Km 493+790 (FAIO-RIBAROJA)	40.790
	63	VALLE DEL EBRO-CORDILLERA PRELITORAL SECTOR SEPTENTRIONAL SUR-CUENCA SEDIMENTARIA DE MORA D'EBRE	Km 493+790 (FAIO-RIBAROJA)-MARÇA FALSET	57.510
	64	CORDILLERA PRELITORAL SECTOR MERIDIONAL SUR-LLANURA PRELITORAL	MARÇA FALSET-REUS	28.200
	65	LLANURA PRELITORAL-LLANURA LITORAL	REUS-TARRAGONA	18.100
6		**LA CARTUJA-TARRAGONA**		**247.900**
	71	DEPRESIÓN PRESOMONTANA LLANOS DE LA VIOLADA-VALLE DEL GÁLLEGO-DEPRESIÓN EROSIVA DE HUESCA	TARDIENTA-BIF. CANFRANC	15.700
	72	DEPRESIÓN PRESOMONTANA LLANOS DE LA VIOLADA-SOMONTANO PIRENAICO/DEPRESIÓN EROSIVA DE HUESCA Y AYERBE	BIF. CANFRANC-AYERBE	35.000
	73	SOMONTANO PIRENÁICO/DEPRESIÓN EROSIVA AYERBE-C. PIRINEOS SECTOR CENTRAL MERIDIONAL/SIERRAS EXTERIORES	AYERBE-RIGLOS	10.000
	74	C. PIRINEOS SECTOR CENTRAL MERIDIONAL/ SIERRAS EXTERIORES- DEPRESIÓN MEDIA INTRAPIRENAICA	RIGLOS-SABIÑANIGO	49.300
	75	C. PIRINEOS SECTOR CENTRAL / DEPRESIÓN MEDIA INTRAPIRENAICA	SABIÑANIGO-JACA	15.900
	76	DEPRESIÓN MEDIA INTRAPIRENAICA- C. PIRINEOS SECTOR CENTRAL /SIERRAS INTERIORES/VALLE DEL ARAGÓN	JACA-CANFRANC	24.700
7		**TARDIENTA-CANFRANC**		**150.600**

Fuente: *Cuadro de Velocidades Máximas e Informaciones Permanentes de 30 de abril de 2002. Líneas del 2º, actualizado hasta anejo 58 de 29 de septiembre de 2011, y líneas del 3er Grupo, actualizado hasta anejo 49 de 22 de septiembre de 2011*, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF. Elaboración propia

Considerando individualmente cada línea, son la de Canfranc, 16 de 16, y la de Tarragona, 21 de 23 (91%), las que concentran un porcentaje más elevado de curvas de este radio. En el rango siguiente destacamos la línea de Barcelona y la de Bilbao. Los otros dos rangos suponen el 15% y el 2%, pero afectan a velocidades de 140 km/h y 160 km/h, respectivamente, y actualmente son muy elevadas para trenes de mercancías. En cuanto a la longitud total del trazado en curva, se ha calculado la relación entre ambos parámetros con respecto a cada tramo considerado y a la línea completa. Dicha relación nos ofrece un índice que hace referencia a la sinuosidad del trazado que nos permite comparar entre sí todos los tramos y líneas.

Destacaremos que el tramo más sinuoso corresponde al tramo entre Reus y Tarragona (65: 0,379), como consecuencia de su encaje en la red urbana y en los respectivos planos urbanos. Le sigue el tramo entre Encinacorba y Villahermosa (52: 0,315) en el que el trazado atraviesa la Cordillera Ibérica Zaragozana.

Si consideramos las líneas completas podemos apreciar que exceptuando la Ronda Sur (0,170), las líneas más sinuosas son las de la Cartuja a Barcelona Morrot (0,139) y la de Bif. Teruel a Valencia Font de San Lluis (0,136); le sigue la línea de Bilbao al C.I.M. de Zaragoza (0,117). Haremos notar que la línea menos sinuosa es la de Tardienta a Canfranc (0,058).

Tabla 6-30. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo Zaragoza en tramos por unidades estructurales de relieve. Perfil en planta

Nº TRAMO	TRAMO	CURVAS TRAMO					TOTAL METROS TRAMO	TOTAL METROS CURVA	ÍNDICE LONGITUD CURVAS/TRAMO
		Nº TOTAL	R <500 m	R 500 a 750 m	R 750 a 1000 m	R > 1000 m			
01	MADRID ABRÑOÑIGAL-HORNA	14	6	5	3		155.500	10.538	0,068
02	HORNA-MONREAL DE ARIZA	5	3	1	1		49.600	3.859	0,078
03	MONREAL ARIZA-CALATAYUD	3	2		1		44.300	2.735	0,062
04	CALATAYUD -RICLA	11	10		1		35.700	7.094	0,199
05	RICLA-C.I.M. ZARAG.	3	1		2		55.200	1.745	0,032
1	**MADRID ABROÑIGAL-C.I.M. DE ZARAGOZA**	**36**	**22**	**6**	**8**		**340.300**	**25.971**	**0,076**
21	CIM ZARAGOZA-RONDA SUR- LA CARTUJA	5	2	1	2		24.700	4.209	0,170
2	**C.I.M. DE ZARAGOZA-RONDA SUR-LA CARTUJA**	**5**	**2**	**1**	**2**		**24.700**	**4.209**	**0,170**
31	LA CARTUJA-ALMUDEVAR	2			2		49.700	2.106	0,042
32	ALMUDEVAR-SARIÑENA	4			4		47.100	4.390	0,093
33	SARIÑENA-TAMARITE Km 152+100	6	1	1	4		61.200	12.349	0,202
34	ALMACELLAS Km 152+100-VINAIXA	14	7	4	2	1	75.500	14.764	0,196
35	VINAIXA-LA PLANA DE PICAMOIXONS	6	4	2			28.200	5.027	0,178
36	LA PLANA DE PICAMOIXONS- S. VICENTE DE CALDERS	13	8	4	1		63.700	11.264	0,177
37	S. VICENTE DE CALDERS- CASTELLBISBAL	2	2				52.700	1.570	0,030
38	CASTELLBISBAL AG. MOLINS-BARCELONA MORROT	5	3	1	1		28.600	4.945	0,173
3	**LA CARTUJA-BARCELONA MORROT**	**52**	**25**	**12**	**14**	**1**	**406.700**	**56.415**	**0,139**
41	BILBAO MERCANCÍAS-AG. ENLACE LA CASILLA	6	6				16.600	2.516	0,152
42	AG. ENLACE LA CASILLA -ORDUÑA	7	6	1			39.100	4.541	0,116
43	ORDUÑA-HARO	13	12	1			81.100	9.282	0,114
44	HARO-Km 52+485 (CORTES DE NAVARRA -GALLUR)	35	21	6	6	2	169.215	22.685	0,134
45	Km 52+485-CIM DE ZARAGOZA	4	1	3			46.185	2.076	0,045
4	**BILBAO MERCANCÍAS-C.I.M DE ZARAGOZA**	**65**	**46**	**11**	**6**	**2**	**352.200**	**41.100**	**0,117**
51	BIF. TERUEL-ENCINACORBA	6	3	1	2		53.600	11.464	0,214
52	ENCINACORBA-VILLAHERMOSA	4	2+2				25.300	7.971	0,315
53	VILLAHERMOSA-CAPARRATES	13	1+8	1	2	1	106.400	10.519	0,099
54	CAPARRATES-Km 192+500 (ALBENTOSA-BARRACAS)	4	4				51.700	5.560	0,108
55	Km 192+500-SAGUNT	5	5				77.500	9.256	0,119
56	SAGUNT-VALENCIA LA FONT DE SAN LLUIS	4	3		1		29.200	2.086	0,071
5	**BIFURCACIÓN TERUEL-VALENCIA LA FONT DE SAN LLUIS**	**36**	**28**	**2**	**5**	**1**	**343.700**	**46.856**	**0,136**
61	LA CARTUJA-CASPE	4	4				103.300	3.134	0,030
62	CASPE-Km 493+790 (FAIO-RIBAROJA)	5	5				40.790	2.413	0,059
63	Km 493+790 (FAIO-RIBAROJA)-MARÇA FALSET	7	7				57.510	2.973	0,052
64	MARÇA FALSET-REUS	2	1	1			28.200	1.498	0,053
65	REUS-TARRAGONA	5	4	1			18.100	6.855	0,379
6	**LA CARTUJA-TARRAGONA**	**23**	**21**	**2**			**247.900**	**16.873**	**0,068**
71	TARDIENTA-BIF. CANFRANC	1	1				15.700	839	0,053
72	BIF. CANFRANC-AYERBE	2	2				35.000	621	0,018
73	AYERBE-RIGLOS	1	1				10.000	260	0,026
74	RIGLOS-SABIÑANIGO	8	3+5				49.300	4.856	0,098
75	SABIÑANIGO-JACA	2	1+1				15.900	1.288	0,081
76	JACA-CANFRANC	2	2				24.700	880	0,036
7	**TARDIENTA-CANFRANC**	**16**	**16**				**150.600**	**8.744**	**0,058**

Fuente: *Cuadro de Velocidades Máximas e Informaciones Permanentes de 30 de abril de 2002. Líneas del 2º, actualizado hasta anejo 58 de 29 de septiembre de 2011, y líneas del 3er Grupo, actualizado hasta anejo 49 de 22 de septiembre de 2011.* Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF. Elaboración propia

En el trazado en planta de las líneas que atraviesan nuestro territorio (ver tablas 6-30 y 6-31) el índice número de curvas/ km más elevado[418] corresponde a la línea de Bilbao con 0,185 (65 curvas); le sigue la línea de Barcelona con 0,128 (52 curvas).

Tabla 6-31. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo Zaragoza. Índices de Rodeo, de Curvas/km y de metros en curva/metros de línea

LÍNEA	DISTANCIA A ZARAGOZA	DISTANCIA EUCLIDIANA	ÍNDICE DE RODEO	CURVAS			
				Nº TOTAL	ÍNDICE CURVAS / KM	TOTAL METROS CURVA	ÍNDICE LONGITUD CURVAS /LONGITUD TRAMO
MADRID	340.300	273.718	1,243	36	0,106	25.971	0,076
RONDA SUR	24.700			5	0,202	4.209	0,170
BARCELONA	406.700	257.114	1,582	52	0,128	56.415	0,139
BILBAO	352.200	244.633	1,440	65	0,185	41.100	0,117
VALENCIA	343.700	246.006	1,397	36	0,105	46.856	0,136
TARRAGONA	247.900	193.366	1,282	23	0,093	16.873	0,068
CANFRANC	150.600	81.233	1,854	16	0,106	8.744	0,058

Fuente: *Cuadro de Velocidades Máximas e Informaciones Permanentes de 30 de abril de 2002. Líneas del 2º y líneas del 3er Grupo.* Nomenclátor geográfico de municipios y entidades de población, Instituto Geográfico Nacional.

http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/equipamiento/BD_Municipios-Entidades.zip. Elaboración propia

Otro parámetro relacionado y que nos aporta información para la comparación de las distintas líneas es el Índice de rodeo[419]. Es una medida de la eficiencia del trazado. Las líneas de Madrid y Tarragona[420] son las que presentan el menor índice de rodeo (ver tabla 6-31). En el otro extremo se encuentra la línea de Canfranc (Tardienta-Canfranc) con un mayor índice de rodeo. Dicha Línea, atraviesa el Pirineo Central y el trazado está totalmente relacionado con la orografía.

La búsqueda de las vías naturales por el Valle de los ríos Gállego y Aragón, evitando cruzar las distintas sierras de elevada altura, hace que el trazado realice tres bruscos cambios de dirección en Huesca (Bif. Canfranc), Riglos y Sabiñánigo (SE-NO, SO-NE y SE-NO), con un considerable incremento de los kilómetros de recorrido.

Le sigue la línea de Barcelona, el trazado entre Zaragoza y Lérida hace un rodeo significativo; asimismo entre San Vicente de Calders y Barcelona Morrot. En el primer tramo nombrado para remontar el valle del gállego y seguir los somontanos pirenáicos evitando los relieves de la Sierra de Alcubierre y los kársticos de los Monegros.

En el segundo, por la red de cercanías de Barcelona y el acceso al aeropuerto del Prat. Hace años el itinerario utilizado no dejaba la línea de costa y llegaba a Barcelona Morrot desde ella. Actualmente, el trazado desde San Vicente cambia de dirección (SO-NE) hasta Castellbisbal para después descender hasta Barcelona Morrot incrementando, asimismo, el kilometraje total.

---

[418] No consideramos la Ronda Sur al ser una circunvalación.

[419] El Índice de Rodeo o Factor de Ruta, en unidades en unidades espaciales distancia), trata de medir el grado de aproximación de un trazado a la línea recta; compara las distancias ideales, en línea recta, con las distancias reales. Al igual que índice trazado-velocidad (factor de ruta medido en unidades temporales), expresa la calidad de una red. Cuanto más se aproxime a la unidad más eficiente será el trazado de la red. Su cálculo se realiza con la fórmula: $\mathbf{R_{ij} = l_{ij} / d_{ij}}$, sendo l_{ij} la longitud real del tramo entre los nodos i y j, y, d_{ij} la distancia euclidiana entre ambos nodos.

Las distancias euclidianas se han calculado utilizando las coordenadas U.T.M. obtenidas en la web del Instituto Geográfico Nacional, mediante la fórmula: $\mathbf{d\ (N_1,\ N_2) = [(X_{N1}-X_{N2})^2+(Y_{N1}-Y_{N2})^2]^{1/2}}$

[420] Ver punto 6.1.3 Orografía y Ferrocarril.

A continuación las líneas de Bilbao y Valencia. En la primera, el trazado tiene un elevado índice de sinuosidad como consecuencia de seguir el tramo final del río Nervión que evita los montes costeros vascos, el ascenso al puerto de Orduña hasta alcanzar la meseta y el valle del Ebro que, en su tramo medio hasta Logroño, tiene un curso meandriforme encajado en las terrazas bajas de la margen derecha.

En la segunda, a Valencia, la línea describe un arco entre Zaragoza y Valencia. En su comienzo da un rodeo en dirección NE-SE conectando la ciudad de Cariñena, uno de los centros económicos en Aragón hasta bien entrado el siglo XX. También se aprovechó, en gran parte, la plataforma de la línea métrica que unía Zaragoza con la mencionada ciudad. El proyecto de la línea buscó la conexión con el puerto de Sagunto mediante el empalme en Caminreal con la inconclusa línea Santander-Mediterráneo que alcanzaba este puerto. Desde allí llega hasta Valencia por la costa.

No se abundará en la descripción del subsistema porque en las tablas se pueden apreciar los valores de las distintas variables presentadas y, además, no se necesita más profundidad para nuestros objetivos.

- Perfil Longitudinal (en alzado) N (-13)/2

En este subsistema nos centramos en las rampas características que tiene el trazado y en la longitud de las mismas Se han establecido los tramos con los mismos criterios que en el subsistema anterior.

Tabla 6-32. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza. Perfil Longitudinal rampas máximas

LÍNEA	PENDIENTE MÁXIMA	
	SENTIDO PAR	SENTIDO IMPAR
MADRID	14	17
RONDA SUR	17	18
BARCELONA	17	18
BILBAO	18	13
VALENCIA	24	24
TARRAGONA	17	16
CANFRANC	23	18

Fuente: Ver cuadro siguiente
Elaboración propia

En la tabla 6-32, se reflejan las rampas características máximas de las líneas que se están considerando. También nos ha parecido oportuno reflejar las rampas características de cada tramo (ver tabla 6-33)[421]. La capacidad de arrastre de la locomotora (su carga máxima), estará determinada en cada relación de transporte entre dos nodos por la máxima rampa característica en ese trayecto. Como se desprende de las tablas encontramos rampas elevadas, por lo que, la carga máxima de las locomotoras limita la carga de los trenes en tracción simple. Para determinados tráficos o algunas relaciones, puede precisarse más de una para arrastrar un tren[422], pero en España, como norma general, el número máximo de locomotoras en servicio permitidas en un tren es de dos (en algunos tramos de una).

[421] Fuente: *Cuadro de Cargas Máximas de 1 de marzo de 2000, actualizado hasta anejo 21 de 15 de diciembre de 2010*, Dirección de Tráfico, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.

[422] Existen dos posibilidades de tracción con más de una locomotora: **1. Mando Múltiple:** varias locomotoras acopladas con mando múltiple gobernadas desde una sola cabina. En este supuesto, la capacidad de arrastre de la tracción sería la suma de la carga máxima de las dos. **2. Tracción Múltiple**: varias locomotoras acopladas gobernadas independientemente. En doble tracción por cabeza o doble tracción por cola (con una en cola), con determinadas condiciones de circulación. La carga máxima que puede remolcarse será la suma de las Cargas Máximas de cada locomotora multiplicada por 0,9, es decir, el 90% de la carga máxima de cada una de ellas.

Tabla 6-33. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza. Perfil Longitudinal

MADRID ABROÑIGAL-C.I.M DE ZARAGOZA

	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
01	MADRID-ABROÑIGAL	MADRID-SANTA CATALINA	1.700	5	8500	
	MADRID-SANTA CATALINA	BIF. REBOLLEDO	1.500	12	18000	
	BIF. REBOLLEDO	VALLECAS-INDUSTRIAL	5.600	12	67200	
	VALLECAS-INDUSTRIAL	VICALVARO	4.200	11	46200	
	VICALVARO	VICALVARO CLASIF.	2.100	-14	-29400	
	VICALVARO CLASIF.	BIF. VICALVARO CLASIF.	2.900	1	2900	
	BIF. VICALVARO CLASIF.	SAN FERNANDO DE HENARES	2.600	0	0	
	SAN FERNANDO DE HENARES	ALCALA DE HENARES	17.600	8	140800	
	ALCALÁ DE HENARES	GUADALAJARA	23.300	-5	116500	
	GUADALAJARA	BAIDES	66.300	10	663000	
	BAIDES	HORNA	27.700	14	387800	
			155.500		1421500	**9,14**
02	HORNA	TORRALBA	4.600	14	67200	
	TORRALBA	MONREAL DE ARIZA	44.800	-14	-627200	
			49.600		-560000	**-11,29**
03	MONREAL DE ARIZA	ARIZA	4.600	-14	-64400	
	ARIZA	CALATAYUD	39.700	-9	-357300	
			44.300		-421700	**-9,52**
04	CALATAYUD	RICLA	35.700	2	71400	
			35.700		71400	**2,00**
05	RICLA	CASETAS	47.100	2	94200	
	CASETAS	C.I.M. DE ZARAGOZA	8.100	-3	-24300	
			55.200		69900	**1,58**
1	**TOTAL**		**340.300**			**3,42**
		PENDIENTE MEDIA				

	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
05	C.I.M. DE ZARAGOZA	CASETAS	8.100	3	24300	
	CASETAS	RICLA	47.100	10	471000	
			55.200		495300	**8,97**
04	RICLA	CALATAYUD	35.700	10	357000	
			35.700		357000	**10,00**
03	CALATAYUD	ARIZA	39.700	10	397000	
	ARIZA	MONREAL DE ARIZA	4.600	14	64400	
			44.300		461400	**10,42**
02	MONREAL DE ARIZA	ARCOS DE JALON	18.400	14	257600	
	ARCOS DE JALON	TORRALBA	26.400	16	422400	
	TORRALBA	HORNA	4.800	0	0	
			49.600		680000	**13,71**
02	HORNA	Km 82,1	68.700	0	0	
	Km 82,1	MALUQUE (APD)	8.600	8	68800	
	MALUQUE (APD)	GUADALAJARA	16.700	0	0	
	GUADALAJARA	BIF. BASE AÉREA	29.200	4	116800	
	BIF. BASE AÉREA	SAN FERNANDO DE HENARES	11.700	12	140400	
	SAN FERNANDO DE HENARES	BIF. VICALVARO CLASIF.	2.600	17	44200	
01	BIF. VICALVARO CLASIF.	VICALVARO CLASIF.	2.900	12	34800	
	VICALVARO CLASIF.	VICALVARO	2.100	14	29400	
	VICALVARO	VALLECAS-INDUSTRIAL	4.200	5	21000	
	VALLECAS-INDUSTRIAL	BIF. REBOLLEDO	5.600	2	11200	
	BIF. REBOLLEDO	MADRID-SANTA CATALINA	1.500	-8	-12000	
	MADRID-SANTA CATALINA	MADRID-ABROÑIGAL	1.700	12	20400	
			155.500		475000	**3,05**
1	**TOTAL**		**340.300**			**14,51**
	PENDIENTE MEDIA					

C.I.M. ZARAGOZA-LA CARTUJA

	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
21	C.I.M. DE ZARAGOZA	CIM AG. KM 0,7	700	17	11900	
	CIM AG. KM 0,7	BIFURCACIÓN PLAZA	6.600	17	112200	
	BIFURCACIÓN PLAZA	BIFURCACIÓN PLAZA KM. 8,7	1.400	17	23800	
	BIFURCACIÓN PLAZA KM. 8,7	BIFURCACIÓN TERUEL	3.300	17	56100	
	BIFURCACIÓN TERUEL	LA CARTUJA AG. KM 23,3	11.300	17	192100	
	LA CARTUJA AG. KM 23,3	LA CARTUJA	1.400	17	23800	
			24.700			**17,00**
2	**TOTAL**					
		PENDIENTE MEDIA				**17,00**

	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
21	LA CARTUJA	LA CARTUJA AG. KM 23,3	1.400	18	25200	
	LA CARTUJA AG. KM 23,3	BIFURCACIÓN TERUEL	11.300	16	180800	
	BIFURCACIÓN TERUEL	BIFURCACIÓN PLAZA KM. 8,7	3.300	16	52800	
	BIFURCACIÓN PLAZA KM. 8,7	BIFURCACIÓN PLAZA	1.400	16	22400	
	BIFURCACIÓN PLAZA	CIM AG. KM 0,7	6.600	16	105600	
	CIM AG. KM 0,7	C.I.M. DE ZARAGOZA	700	16	11200	
			24.700			**16,11**
2	**TOTAL**					
		PENDIENTE MEDIA				**16,11**

LA CARTUJA-BARCELONA MORROT

	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
31	LA CARTUJA	MIRAFLORES AG. KM 345,6	5.900	9	53100	
	MIRAFLORES AG. KM 345,6	MIRAFLORES AG. KM 0,9	900	0	0	
	MIRAFLORES AG. KM 0,9	ZUERA	24.800	10	248000	
	ZUERA	ALMUDEVAR	18.100	8	144800	
			49.700			**7,90**
32	ALMUDEVAR	TARDIENTA	9.100	8	72800	
	TARDIENTA	SARIÑENA	38.000	12	456000	
	LIMITE ISOCRONA		**47.100**			**11,23**
33	SARIÑENA	SELGUA	31.900	17	542300	
	SELGUA	TAMARITE-ALTORRINCÓN	26.200	16	419200	
	TAMARITE-ALTORRINCÓN	LIMITE ARAGÓN	3.100	16	49600	
			61.200			**16,52**
34	LIMITE ARAGÓN	RAIMAT	16.600	16	265600	
	RAIMAT	LÉRIDA	18.400	14	257600	
	LÉRIDA	VINAIXA	40.500	12	688500	
			75.500			**16,05**
35	VINAIXA	VIMBODI I POBLET	7.900	17	132600	
	VIMBODI I POBLET	LA PLANA-PICAMOIXONS	20.400	10	204000	
			28.200			**11,94**
36	LA PLANA-PICAMOIXONS	REUS	20.800	3	62400	
	REUS	TARRAGONA TERMINO	18.100	1	18100	
	TARRAGONA TERMINO	S. VICENTE DE CALDERS	24.800	9	223200	
			63.700			**4,77**
37	S. VICENTE DE CALDERS	L' ARBOC	12.400	14	173600	
	L'ARBOC	EL.S MONJOS	6.800	8	54400	
	EL.S MONJOS	LA GRANADA	8.400	14	117600	
	LA GRANADA	MARTORELL	21.500	1	21500	
	MARTORELL	CASTELLBISBAL	3.600	1	3600	
			52.700			**7,03**
38	CASTELLBISBAL	CASTELLBISBAL AG. MOLINS	2.900	9	26100	
	CASTELLBISBAL AG. LLOBREGAT	BARCELONA CAN TUNIS	21.300	15	319500	
	BARCELONA CAN TUNIS	BARCELONA MORROT	4.400	7	30800	
			28.600			**13,16**
3	**TOTAL**		**406.700**			**11,27**
		PENDIENTE MEDIA				

	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
38	BARCELONA MORROT	BARCELONA CAN TUNIS	4.400	5	22000	
	BARCELONA CAN TUNIS	CASTELLBISBAL AG. LLOBREGAT	21.300	12	255600	
	CASTELLBISBAL AG. LLOBREGAT	CASTELLBISBAL	2.900	7	20300	
			28.600			**10,42**
37	CASTELLBISBAL	MARTORELL	3.600	7	25200	
	MARTORELL	LA GRANADA	21.500	13	279500	
	LA GRANADA	S. VICENTE DE CALDERS	27.600	5	138000	
			52.700			**8,40**
36	S. VICENTE DE CALDERS	TARRAGONA TERMINO	24.800	6	148800	
	TARRAGONA TERMINO	TARRAGONA AG. KM 100,4	3.100	2	6200	
	TARRAGONA AG. KM 100,4	REUS	15.000	15	225000	
	REUS	LA PLANA-PICAMOIXONS	20.800	14	291200	
			63.700			**10,54**
35	LA PLANA-PICAMOIXONS	VINAIXA	28.200	17	479400	
			28.200			**17,00**
34	VINAIXA	LÉRIDA	40.500	4	162000	
	LÉRIDA	RAIMAT	18.400	18	331200	
	RAIMAT	LIMITE ARAGÓN	16.600	8	132800	
			75.500			**8,29**
33	LIMITE ARAGÓN	TAMARITE-ALTORRINCÓN	3.100	8	24800	
	TAMARITE-ALTORRINCÓN	SELGUA	26.200	15	393000	
	SELGUA	SARIÑENA	31.900	16	510400	
			61.200			**15,17**
32	SARIÑENA	TARDIENTA	38.000	11	418000	
	TARDIENTA	ALMUDEVAR	9.100	7	63700	
			47.100			**10,23**
31	ALMUDEVAR	ZUERA	18.100	7	126700	
	ZUERA	CORBERA ALTA	17.200	2	34400	
	CORBERA ALTA	MIRAFLORES AG. KM 0,9	7.600	10	76000	
	MIRAFLORES AG. KM 0,9	MIRAFLORES AG. KM 345,6	900	18	16200	
	MIRAFLORES AG. KM 345,6	LA CARTUJA	5.900	8	47200	
			49.700			**6,05**
3	**TOTAL**		**406.700**			**10,39**
		PENDIENTE MEDIA				

BILBAO MERCANCÍAS -C.I.M DE ZARAGOZA

	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
41	BILBAO MERCANCIAS	SANTURTZI	3.300	4	13200	
	SANTURTZI	PORTUGALETE	1.600	5	8000	
	PORTUGALETE	DESERTU-BARAKALDO	3.400	13	44200	
	DESERTU-BARAKALDO	BIF. LA CASILLA	5.500	12	66000	
	BIF. LA CASILLA	LA CASILLA	2.000	0	0	
	LA CASILLA	AG. DE ENLACE LA CASILLA	800	1	800	
			16.600			**7,96**
42	AG. DE ENLACE LA CASILLA	OLLARGAN	2.200	10	22000	
	OLLARGAN	UGAO-MIRABALLES	10.600	8	84800	
	UGAO-MIRABALLES	AMURRIO	19.500	12	234000	
	AMURRIO	ORDUÑA	6.800	14	95200	
			39.100			**11,15**
43	ORDUÑA	ARTOMAÑA	7.200	14	100800	
	ARTOMAÑA	IZARRA	21.800	18	392400	
	IZARRA	HARO	52.100	2	104200	
			81.100			**7,37**
44	HARO	FUENMAYOR	36.300	2	72600	
	FUENMAYOR	LOGROÑO	15.300	10	153000	
	LOGROÑO	LODOSA	35.300	2	70600	
	LODOSA	CASTEJÓN DE EBRO	40.900	0	0	
	CASTEJÓN DE EBRO	TUDELA DE NAVARRA	16.500	7	115500	
	TUDELA DE NAVARRA	RIBAFORADA	10.000	8	80000	
	RIBAFORADA	CORTES DE NAVARRA	12.100	2	24200	
	CORTES DE NAVARRA	Km 52.485	2.815	7	19705	
			169.215			**3,17**
45	LIMITE ARAGÓN E ISOCRONA	GALLUR	7.085	7	49595	
	Km 52.485	CABAÑAS DE EBRO	16.500	0	0	
	GALLUR	ALAGON	5.100	2	10200	
	CABAÑAS DE EBRO	CASETAS	9.400	0	0	
	ALAGON	CIM DE ZARAGOZA	8.100	-3	-24300	
	CASETAS		**46.185**			**0,77**
4	**TOTAL**		**352.200**		1736700	**4,93**
		PENDIENTE MEDIA				

	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
45	CIM DE ZARAGOZA	CASETAS	8.100	3	24300	
	CASETAS	LA JOYOSA- TORRES	5.300	4	21200	
	LA JOYOSA- TORRES	ALAGON	4.100	5	20500	
	ALAGON	LUCENI	13.700	3	41100	
	LUCENI	Km 52.485	14.985	10	149850	
			46.185			**5,56**
44	LIMITE ISOCRONA Y ARAGÓN					
	Km 52.485	CORTES DE NAVARRA	2.815	10	28150	
	CORTES DE NAVARRA	BUÑUEL	8.500	2	17000	
	BUÑUEL	RIBAFORADA	3.600	4	14400	
	RIBAFORADA	TUDELA DE NAVARRA	10.000	6	60000	
	TUDELA DE NAVARRA	LODOSA	57.400	5	287000	
	LODOSA	ALCANADRE	7.200	2	14400	
	ALCANADRE	RECAJO	19.400	9	174600	
	RECAJO	LOGROÑO	8.700	7	60900	
	LOGROÑO	FUENMAYOR	15.300	10	153000	
	FUENMAYOR	SAN ASENSIO	21.800	7	152600	
	SAN ASENSIO	HARO	14.500	2	29000	
			169.215			**5,69**
43	HARO	MIRANDA DE EBRO	18.200	12	218400	
	MIRANDA DE EBRO	POBES	14.400	7	100800	
	IZARRA	IZARRA	19.500	10	195000	
	IZARRA	INOSO-OIARDO	5.500	12	66000	
	INOSO-OIARDO	ORDUÑA	23.500	0	0	
			81.100			**7,15**
42	ORDUÑA	AG. DE ENLACE LA CASILLA	39.100	0	0	
			39.100			**0,00**
41	AG. DE ENLACE LA CASILLA	LA CASILLA	800	9	7200	
	LA CASILLA	OLABEAGA	2.400	0	0	
	OLABEAGA	DESERTU-BARAKALDO	5.100	13	66300	
	DESERTU-BARAKALDO	LA IBERIA	2.300	11	25300	
	LA IBERIA	SANTURTZI	2.700	5	13500	
	SANTURTZI	BILBAO MERCANCIAS	3.300	0	0	
			16.600			**6,77**
4	**TOTAL**		**352.200**			**5,51**
		PENDIENTE MEDIA				

BIF. TERUEL-VALENCIA LA FONT DE SAN LLUIS

	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
51	BIF. TERUEL	CUARTE DE HUERVA	3.500	13	45500	
	CUARTE DE HUERVA	CARIÑENA	39.400	17	669800	
	CARIÑENA	ENCINACORBA	10.700	20	214000	
			53.600			**17,34**
52	ENCINACORBA	VILLAREAL DE HUERVA	14.400	20	288000	
	VILLAREAL DE HUERVA	VILLAHERMOSA	10.900	18	196200	
			25.300			**19,14**
53	LIMITE ISOCRONA					
	VILLAHERMOSA	CUENCABUENA	12.500	18	225000	
	CUENCABUENA	CALAMOCHA	14.600	12	175200	
	CALAMOCHA	CAMINREAL-FUENTES CLARAS	6.800	5	40800	
	CAMINREAL-FUENTES CLARAS	VILLAFRANCA DEL CAMPO	18.800	8	150400	
	VILLAFRANCA DEL CAMPO	CELLA	27.500	6	165000	
	CELLA	TERUEL	17.600	2	35200	
	TERUEL	CAPARRATES	8.600	24	206400	
			106.400			**9,38**
54	CAPARRATES	PUERTO ESCANDON	9.800	24	235200	
	PUERTO ESCANDON	MORA DE RUBIELOS	28.300	2	56600	
	MORA DE RUBIELOS	Km 192+500 (ALBENTOSA-BARRACAS)	13.600	19	258400	
			51.700			**10,64**
55	LIMITE ARAGÓN					
	Km 192+500 (ALBENTOSA-BARRACAS)	TORAS-BEJIS	10.600	14	148400	
	TORAS-BEJIS	SONEJA	41.500	0	0	
	SONEJA	ALGIMIA DE ALFARA-T-TORRES	11.100	15	166500	
	ALGIMIA DE ALFARA-T-TORRES	GILET	9.400	2	18800	
	GILET	SAGUNT	4.900	0	0	
			77.500			**4,31**
56	SAGUNT	EL PUIG	10.400	5	52000	
	EL PUIG	VALENCIA-CABANYAL	13.400	2	26800	
	VALENCIA-CABANYAL	VALENCIA-LA FONT DE SANT LLUIS	5.400	0	0	
			29.200			**2,70**
5	**TOTAL**		**343.700**			**9,82**
		PENDIENTE MEDIA				

	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
56	VALENCIA-LA FONT DE SANT LLUIS	VALENCIA-CABANYAL	5.400	12	64800	
	MASCIA-CABANYAL	MASSALFASSAR	9.800	11	107800	
	MASSALFASSAR	PUÇOL	7.300	6	43800	
	PUÇOL	SAGUNT	6.700	7	46900	
			29.200			**9,02**
55	SAGUNT	ESTIVELLA-ALBALAT DELS TARONGERS	8.900	17	151300	
	ESTIVELLA-ALBALAT DELS TARONGERS	SONEJA	16.500	19	313500	
	SONEJA	JERICA-VIVER	19.800	23	455800	
	JERICA-VIVER	BARRACAS	30.000	24	720000	
	BARRACAS	Km 192+500 (BARRACAS-ALBENTOSA)	2.500	20		
			77.500			**21,10**
54	LIMITE ARAGÓN					
	Km 192+500 (BARRACAS-ALBENTOSA)	SARRION	19.800	20	396000	
	SARRION	PUERTO ESCANDON	22.100	18	397800	
	PUERTO ESCANDON	CAPARRATES	9.800	2	19600	
			51.700			**15,73**
53	CAPARRATES	TERUEL	8.600	2	17200	
	TERUEL	CELLA	17.600	13	228800	
	CELLA	CAMINREAL-FUENTES CLARAS	46.300	1	46300	
	CAMINREAL-FUENTES CLARAS	NAVARRETE	12.300	12	147600	
	NAVARRETE	FERRERUELA	16.300	19	309700	
	FERRERUELA	VILLAHERMOSA	5.300	1	5300	
			106.400			**7,09**
52	LIMITE ISOCRONA					
	VILLAHERMOSA	VILLAREAL DE HUERVA	10.900	1	10900	
	VILLAREAL DE HUERVA	ENCINACORBA	14.400	19	273600	
			25.300			**11,25**
51	ENCINACORBA	CUARTE DE HUERVA	50.100	1	50100	
	CUARTE DE HUERVA	BIF. TERUEL	3.500	19	66500	
			53.600			**2,18**
6	**TOTAL**		**343.700**			**11,25**
		PENDIENTE MEDIA				

LA CARTUJA - TARRAGONA

	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
61	LA CARTUJA	LA ZAIDA-SASTAGO	47.100	11	518100	
	LA ZAIDA-SASTAGO	AZAILA	9.000	19	171000	
	AZAILA	LA PUEBLA DE HIJAR	6.800	7	47600	
	LA PUEBLA DE HIJAR	SAMPER	9.500	19	180500	
	SAMPER	CASPE	30.900	9	278100	
			103.300			**11,57**
62	LIMITE ISOCRONA					
	CASPE	FABARA	17.600	16	281600	
	FABARA	Km 493+790	23.190	2	46380	
			40.790			**8,04**
63	LIMITE ARAGÓN					
	Km 493+790	ASCO	24.710	2	49420	
	ASCO	MORA LA NOVA	12.800	8	102400	
63-64	MORA LA NOVA	PRADELL	24.800	17	421600	
64	PRADELL	REUS	23.400	2	46800	
65	REUS	TARRAGONA	18.100	1	18100	
			103.810			**6,15**
6	**TOTAL**		**247.900**			**8,72**
		PENDIENTE MEDIA				

	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
55	TARRAGONA	AG. CLASIF Km 100+400	3.100	2	6200	
	AG. CLASIF Km 100+400	REUS	15.000	15	225000	
64	REUS	PRADELL	23.400	14	327600	
63-64	PRADELL	MORA LA NOVA	24.800	0	0	
63	MORA LA NOVA	Km 493+790	37.510	8	300080	
			103.810			**8,27**
62	LIMITE ARAGÓN					
	Km 493+790	FAIO-LA POBLA DE MASSALUCA	3.590	8	28720	
	FAIO-LA POBLA DE MASSALUCA	FABARA	19.690	16	313600	
	FABARA	VAL DE PILAS	6.200	0	0	
	VAL DE PILAS	CASPE	11.400	10	114000	
			40.790			**11,19**
61	LIMITE ISOCRONA					
	CASPE	LA PUEBLA DE HIJAR	40.400	16	646400	
	LA PUEBLA DE HIJAR	LA CARTUJA	62.900	11	691900	
			103.300			**12,96**
6	**TOTAL**		**247.900**			**10,70**
		PENDIENTE MEDIA				

TARDIENTA-CANF RANC

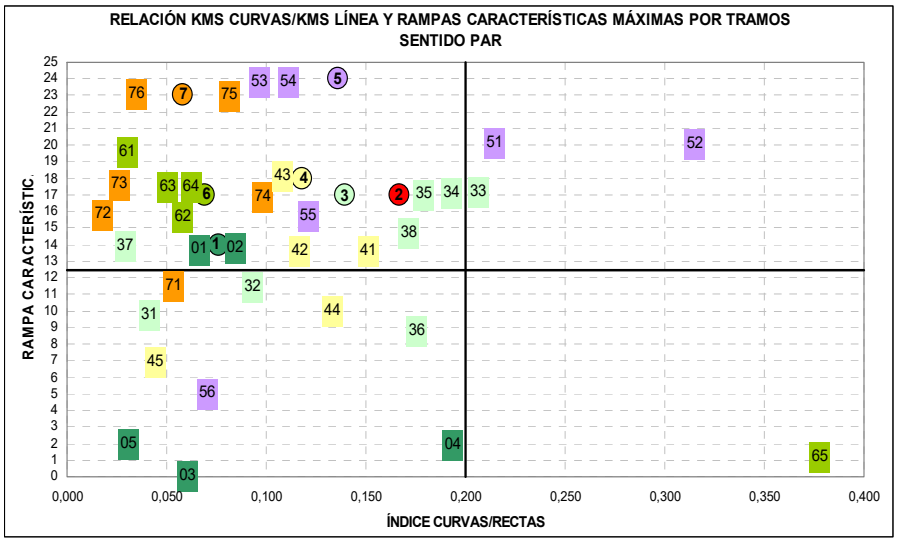
	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
71	TARDIENTA	BIF. CANFRANC	15.700	12	188400	
			15.700			**12,00**
72	LIMITE ISOCRONA					
73-74-75	BIF. CANFRANC	AYERBE	35.000	16	560000	
	AYERBE	Km 103+900 (SABIÑANIGO-JACA)	68.900	17	1171300	
	Km 103+900 (SABIÑANIGO-JACA)	CANFRANC	31.000	23	713000	
			134.900			**18,12**
7	**TOTAL**		**150.600**			**17,48**
		PENDIENTE MEDIA				
	FRONTERA FRANCESA					

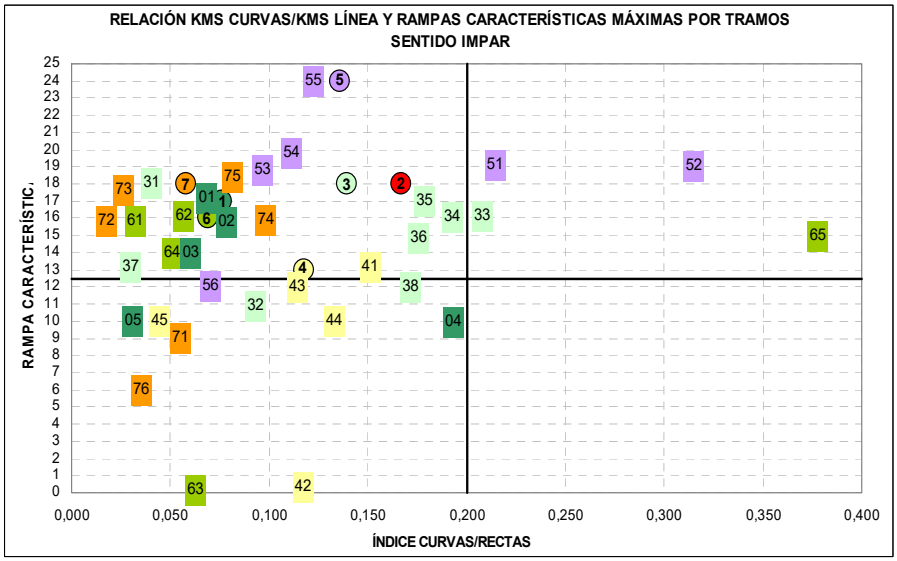
	TRAMO		METROS	R/P	METROS · R/P	R/P MEDIA
	FRONTERA FRANCESA					
76	CANFRANC	JACA	24.700	6	148200	
75	JACA	Km 103+900 (SABIÑANIGO-JACA)	6.300	18	113400	
75-74	Km 103+900 (SABIÑANIGO-JACA)	SANTA Mª Y LA PEÑA	50.500	5	252500	
74-73	SANTA Mª Y LA PEÑA	AYERBE	18.400	16	294400	
	AYERBE	C. R. Km 10+900	24.100	15	361500	
72	C. R. Km 10+900	BIF. CANFRANC	10.900	16	174400	
			134.900			**9,97**
	LIMITE ISOCRONA					
71	BIF. CANFRANC	TARDIENTA	15.700	9	141300	
			15.700			**9,00**
7	**TOTAL**		**150.600**			**9,87**
		PENDIENTE MEDIA				

Fuente: Adif. Elaboración propia

No obstante, en caso de condiciones especiales podría autorizarse y regularse documentalmente exceder este número, siempre que las condiciones técnicas y de trazado lo permitan. Para una comprensión más intuitiva del trazado de las líneas, se presentan relacionados los perfiles en planta y longitudinal (ver gráfico 6-15).

Gráfico 6-15. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza en tramos por unidades estructurales de relieve, índice de curvas y rampas máximas





Fuente: *Cuadro de Velocidades Máximas e Informaciones Permanentes de 30 de abril de 2002. Líneas del 2º, actualizado hasta anejo 58 de 29 de septiembre de 2011, y líneas del 3er Grupo, actualizado hasta anejo 49 de 22 de septiembre de 2011*, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.
Cuadro de Cargas Máximas de 1 de marzo de 2000, actualizado hasta anejo 21 de 15 de diciembre de 2010, Dirección de Tráfico, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.
Elaboración propia

Cuadro 6-3. Códigos de color gráfico 15

Nº TRAMO	TRAMO
01	MADRID ABRÑOÑIGAL-HORNA
02	HORNA-MONREAL DE ARIZA
03	MONREAL ARIZA-CALATAYUD
04	CALATAYUD -RICLA
05	RICLA-C.I.M. ZARAG.
21	CIM ZARAGOZA-RONDA SUR- LA CARTUJA
31	LA CARTUJA-ALMUDEVAR
32	ALMUDEVAR-SARIÑENA
33	SARIÑENA-TAMARITE Km 152+100
34	ALMACELLAS Km 152+100-VINAIXA
35	VINAIXA-LA PLANA DE PICAMOIXONS
36	LA PLANA DE PICAMOIXONS- S. VICENTE DE CALDERS
37	S. VICENTE DE CALDERS- CASTELLBISBAL
38	CASTELLBISBAL AG. MOLINS-BARCELONA MORROT
41	BILBAO MERCANCÍAS-AG. ENLACE LA CASILLA
42	AG. ENLACE LA CASILLA -ORDUÑA
43	ORDUÑA-HARO
44	HARO-Km 52+485 (CORTES DE NAVARRA -GALLUR)
45	Km 52+485-CIM DE ZARAGOZA
51	BIF. TERUEL-ENCINACORBA
52	ENCINACORBA-VILLAHERMOSA
53	VILLAHERMOSA-CAPARRATES
54	CAPARRATES-Km 192+500 (ALBENTOSA-BARRACAS)
55	Km 192+500-SAGUNT
56	SAGUNT-VALENCIA LA FONT DE SAN LLUIS
61	LA CARTUJA-CASPE
62	CASPE-Km 493+790 (FAIO-RIBAROJA)
63	Km 493+790 (FAIO-RIBAROJA)-MARÇA FALSET
64	MARÇA FALSET-REUS
65	REUS-TARRAGONA
71	TARDIENTA-BIF. CANFRANC
72	BIF. CANFRANC-AYERBE
73	AYERBE-RIGLOS
74	RIGLOS-SABIÑANIGO
75	SABIÑANIGO-JACA
76	JACA-CANFRANC

Elaboración propia

En gráfico anterior, los valores de las rampas características máximas del perfil longitudinal se representan en el eje de ordenadas; por su parte, el trazado en planta se muestra en el eje de abscisas, utilizando el índice que relaciona la longitud del trazado en curva con el trazado total. Los tramos de cada línea (primer dígito) siguen el mismo código numérico indicado en páginas anteriores (ver cuadro 6-2). Correspondiendo el segundo dígito al tramo en cuestión. También para facilitar la visualización del gráfico 6-15 y sin ningún otro significado añadido se han asignado distintos colores a cada línea. Se ha diferenciado en color rojo la Ronda Sur de Zaragoza que circunvala dicho nodo. Los tramos de las líneas se representan por medio de un rectángulo y la línea por un círculo.

En los cuatro cuadrantes del gráfico podemos apreciar los valores de las dos variables utilizadas. Los dos superiores corresponden a valores altos de la rampa característica y los dos derechos a elevados valores de trazado en curva. Por lo tanto el cuadrante inferior izquierdo es el más favorable tanto para la carga de los trenes como para el ahorro de tiempo de transporte. Vemos, en cuanto a rampas, como en sentido Par las líneas que unen Zaragoza con Valencia y con Canfranc son las más difíciles y la que menos la de Madrid; en sentido impar es la de Valencia, con diferencia, la más restrictiva.

Por ello, la relación de Zaragoza con Valencia podría resultar la menos rentable para los operadores. Además de la reducción de la capacidad de carga de los trenes con las rampas cuando la masa del tren corresponde a la carga máxima de la locomotora, su velocidad también disminuirá[423].

En lo que se refiere a las curvas, son la línea de Barcelona y la de Valencia las que tienen un trazado con más kilómetros en curva, seguidas de la de Bilbao. Ello supone que los tiempos de transporte sean mayores al tener que disminuir la velocidad de los trenes para inscribirse en la curva y recorrerla. No acelerando hasta que el último vehículo del tren ha salido de la curva.

[423] Para la velocidad máxima de un tren, existe una rampa, denominada **rampa crítica**, en que la fuerza resistente al avance se iguala a la fuerza de avance, es decir a la tracción máxima que puede desarrollar la (no consideramos otras fuerzas dinámicas como, por ejemplo la de inercia). Si la rampa es mayor que dicha rampa crítica, el tren no puede aportar más tracción, y pierde velocidad.

También existe una **velocidad de equilibrio en rampa**, para la cual la fuerza de tracción máxima que puede desarrollar la iguala a la de las fuerzas resistentes al avance y el tren mantiene su velocidad.

En cuanto a los tramos, como se aprecia en el gráfico 6-15, únicamente hay once de los treinta y seis, en cada sentido de circulación, con una rampa igual o menor a 12‰, lo que nos reafirma en la dificultad de la orografía de ciertas zonas de la Península. Sin embargo, en cuanto a la longitud de las curvas del trazado sólo encontramos tres tramos en cada sentido de circulación con un elevado índice, dos de ellos en la línea de Valencia y el otro, el más elevado, en la línea de Tarragona.

- Perfil Transversal N (-13)/3 –.

El mantenimiento de los terraplenes y trincheras del trazado ferroviario es fundamental; en algunas zonas pueden existir movimientos de tierra, desprendimientos, etc., producidos por las inclemencias del tiempo, u otras, que provoquen la suspensión del tráfico ferroviario. Entre las medidas de conservación del trazado están la reposición de terraplenes, colocación de mallas de contención, drenaje y reforestación para regularizar las laderas. Dentro de nuestra área de estudio existen ciertos puntos con un riesgo más elevado para la plataforma y otros más numerosos con un riesgo medio. Así, al tener menos longitud, el trazado que concentra más puntos con un riesgo elevado es el de Tardienta a Canfranc, especialmente los tramos en que atraviesa las sierras exteriores y cuando penetra en las sierras interiores por el valle del río Aragón.

Pero es la línea de Zaragoza a Bilbao la que presenta un mayor número de puntos de riesgo elevado prácticamente en todo su trazado, exceptuando el tramo entre Castejón de Ebro y Logroño. Ello se debe a que el trazado desde Logroño hasta Haro discurre por las terrazas bajas del río Ebro que tiene un curso meandriforme muy sinuoso; asimismo, como consecuencia de atravesar el sector oriental de la Cordillera Cantábrica.

Le sigue el trazado de la línea de La Cartuja a Tarragona, a partir de la estación de Samper de Calanda hasta Reus. Se intensifica el número de puntos con un riesgo elevado entre Caspe y los límites de la provincia de Tarragona al discurrir a los pies de la Sierra de Caspe; a partir de los límites provinciales crecen también los puntos con un riesgo medio al atravesar la sierra de La Fatarella y los sectores septentrional y meridional de la Cordillera Prelitoral.

En la Línea de Madrid a Zaragoza se localizan tres núcleos de puntos con riesgo elevado, entre Ricla y Calatayud, el primero, al cruzar la rama ibérica de la Cordillera Ibérica; el segundo al recorrer los meandros encajados del río Jalón y las sierras ibéricas de Alhama de Aragón; el tercero, entre Arcos de Jalón y Torralba en la provincia de Soria al atravesar la rama castellana de la mencionada cordillera.

De Zaragoza a Barcelona a partir de Lérida existen algunos puntos de elevado riesgo y, a partir de Vinaixa hasta La Plana de Picamoixons también puntos de riesgo medio.

- **Obras de Fábrica –N (-11/2)–.**

Como hemos dicho con anterioridad son las obras civiles que se realizan para salvar ciertos accidentes orográficos y las vías de comunicación antrópicas. Así encontramos túneles, viaductos y puentes, y pasos a distinto nivel. En las líneas que tienen su paso por el nodo de Zaragoza, desde los orígenes que estamos considerando, indicaremos que no hay limitaciones de velocidad que afecten a los trenes de mercancías a su paso por tramos metálicos y pasos a distinto nivel porque su velocidad es inferior a las limitaciones que existen.

Si acaso, fuera de nuestra área, podríamos señalar en el trayecto Andoaín-Irún varios pasos superiores con limitaciones a 20 y 30 km para el transporte de automóviles desde la Terminal de Grisén.

Como consecuencia, nos centraremos únicamente en los túneles por su relación con la orografía y los gálibos de material y cargamento, especialmente los contenedores y cajas móviles. En la tabla (ver tabla 6-34) se han seleccionado los tramos con un mayor número de túneles, precisamente, para constatar las dificultades orográficas del

trazado[424]. También se ha contemplado la totalidad del trazado del conjunto de líneas consideradas.

Tabla 6-34. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo Zaragoza. Obras de Fábrica. Túneles

Nº TRAMO	TRAMO	TÚNELES										
		TOTAL METROS TRAMO	SUBTRAMO	TÚNELES SUBTRAMO				TOTAL TÚNELES SUBTRAMOS	METROS SUBTRAMO	ÍNDICE TÚNELES / KM SUBTRAMO	TOTAL METROS TÚNEL	ÍNDICE KM TÚNEL / KM. SUBTRAMO
				METROS SUBTRAMO	Nº TÚNELES < 1.000 m.	METROS TÚNELES < 1.000 m.	Nº TÚNELES > 1.000 m.	METROS TÚNELES > 1.000 m.				
01	MADRID ABRÑONIGAL-HORNA	155.500	BAIDES-SIGÜENZA	16600	3	215			3	16.600	0,181	215	0,013
02	HORNA-MONREAL DE ARIZA	49.600	HORNA-TORRALBA	4800			1	3231	1	4.800	0,208	3.231	0,673
			MEDINACELLI-ARCOS DE JALÓN	16000	5	470			5	16.000	0,313	470	0,029
03	MONREAL ARIZA-CALATAYUD	44.300	ALHAMA DE ARAGÓN-ATECA	13000	7	987			7	13.000	0,538	987	0,076
04	CALATAYUD -RICLA	35.700			11	3282			11	35.700	0,308	3.282	0,092
05	RICLA-C.IM. ZARAG.	55.200											
1		**340.300**							**27**		**0,079**	**8.185**	**0,024**
21	CIM ZARAGOZA-RONDA SUR- LA CARTUJA	24.700											
2		**24.700**											
31	LA CARTUJA-ALMUDEVAR	49.700											
32	ALMUDEVAR-SARIÑENA	47.100											
33	SARIÑENA-TAMARITE Km 152+100	61.200	SARIÑENA-TORMILLO LASTANOSA	13.000	1	354			1	13.000	0,077	354	0,027
34	ALMACELLAS Km 152+ 100-VINAIXA	75.500	Km 152+ 100 ALMACELLAS -LÉRIDA	31.500	1	130	1	1.228	2	31.500	0,063	1.358	0,043
35	VINAIXA-LA PLANA DE PICAMOIXONS	28.200	VINAIXA-LA PLANA DE PICAMOIXONS		2	772			2	28.200	0,071	772	0,027
36	LA PLANA DE PICAMOIXONS- S. VICENTE DE CALDERS	63.700	LA PLANA DE PICAMOIXONS- REUS	15.400			1	1.348	1	15.400	0,065	1.348	0,088
			TORREDEMBARRA-S. VICENTE DE CALDERS	11.200	1	380			1	11.200	0,089	380	0,034
37	S. VICENTE DE CALDERS- CASTELLBISBAL	52.700											
38	CASTELLBISBAL AG. MOLINS-BARCELONA MORROT	28.600			4	1.064	1	1.025	5	28.600	0,175	2.089	0,040
3		**406.700**							**12**		**0,030**	**6.302**	**0,015**
41	BILBAO MERCANCÍAS-AG. ENLACE LA CASILLA	16.600			4	830	1	1.088	5	16.600	0,301	1.898	0,114
42	AG. ENLACE LA CASILLA -ORDUÑA	39.100			1	84			1	39.100	0,026	84	0,002
43	ORDUÑA-HARO	81.100			16	2.966			16	81.100	0,197	2.966	0,037
44	HARO-Km 52+485 (CORTES DE NAVARRA -GALLUR)	169.215			1	100			1	169.215	0,006	100	0,001
45	Km 52+485-CIM DE ZARAGOZA	46.185											
4		**352.200**							**23**		**0,065**	**5.048**	**0,014**
51	BIF. TERUEL-ENCINACORBA	53.600			2	498			2	53.600	0,037	498	0,009
52	ENCINACORBA-VILLAHERMOSA	25.300			6	658	1	1.075	7	25.300	0,277	1.733	0,068
53	VILLAHERMOSA-CAPARRATES	106.400			2	961			2	106.400	0,019	961	0,009
54	CAPARRATES-Km 192+500 (ALBENTOSA-BARRACAS)	51.700			3	395			3	51.700	0,058	395	0,008
55	Km 192+500-SAGUNT	77.500			5	1.104			5	77.500	0,065	1.104	0,014
56	SAGUNT-VALENCIA LA FONT DE SAN LLUIS	29.200			1	71	1	2.620	2	29.200	0,068	2.691	0,092
5		**343.700**							**21**		**0,061**	**7.382**	**0,021**
61	LA CARTUJA-CASPE	103.300			4	721			4	103.300	0,039	721	0,007
62	CASPE-Km 493+790 (FAIO-RIBAROJA)	40.790			13	1.406	2	2.611	15	40.790	0,368	4.017	0,098
63	Km 493+790 (FAIO-RIBAROJA)-MARÇA FALSET	57.510	FAIO-RIBAROJA DE EBRE	10.410	1	140	2	6.735	3	10.410	0,288	6.875	0,660
			RIBAROJA DE EBRE-ASCÓ	14.300	2	326			2	14.300	0,140	326	0,023
			ASCÓ-MORA LA NOVA	12.800	8	1.303			8	12.800	0,625	1.303	0,102
			MORA LA NOVA-MARÇA FALSET	20.000	11	2.807			11	20.000	0,550	2.807	0,140
64	MARÇA FALSET-REUS	28.200	MARÇA FALSET-RUIDECANYES	15.500	13	2.126	1	4.044	14	15.500	0,903	6.170	0,398
65	REUS-TARRAGONA	18.100											
6		**247.900**							**57**		**0,230**	**22.219**	**0,090**
71	TARDIENTA-BIF. CANFRANC	15.700											
72	BIF. CANFRANC-AYERBE	35.000											
73	AYERBE-RIGLOS	10.000			2	227			2	10.000	0,200	227	0,023
74	RIGLOS-SABIÑANIGO	49.300			8	2.254			8	49.300	0,162	2.254	0,046
75	SABIÑANIGO-JACA	15.900											
76	JACA-CANFRANC	24.700	TÚNEL INTERNACIONAL 7.871 m		19	2.621			19	24.700	0,769	2.621	0,106
7		**150.600**							**29**		**0,193**	**5.102**	**0,034**

Fuente: Adif, Túneles y Tramos Metálicos, documentación interna, http://intranet.adif.es
Elaboración propia

[424] ver tramos por relieves estructurales (cuadro 6-2).

Se han calculado dos índices, el primero, Túneles/km, que nos aporta información de la mayor concentración de túneles lo que da una idea de lo escabroso de la topografía. El segundo índice, metros túnel/metros trazado, que indica la medida del trazado subterráneo; este índice puede ser importante en el caso de que existiese alguna limitación de velocidad a causa del gálibo de los contenedores y cajas móviles, pues implica añadir más tiempo de transporte al conjunto total de los incrementos temporales originados por otros elementos del subsistema.

Podemos apreciar cómo la mayor concentración de túneles se produce en el tramo Marça Falset-Ruidecanyes, de la línea La Cartuja-Tarragona con 14 túneles en 15,5 kilómetros (I. T/km: 0,903seguido del tramo Jaca-Canfranc, de la línea Tardienta-Canfranc con 19 túneles en 24,7 kilómetros (I. T/km: 0,769). Con más de 0,500 de índice Túneles/km, hay otros dos tramos de la línea

La Cartuja-Tarragona, Ascó-Mora d'Ebre (0,625) y Mora d'Ebre- Marça Falset (0,550), por último el tramo Medinacelli-Arcos de Jalón de la línea Madrid-Zaragoza (0,538). Así, no es extraño que sea el trazado de la línea La Cartuja a Tarragona, con un índice de Túneles/km de 0,230 la que presenta el valor más alto de este índice. Le siguen la línea de Canfranc (0,193) y la de Madrid (0,165). Estas tres líneas tienen en su trazado 57, 29 y 27 túneles, respectivamente. La que presenta el valor menor es la línea de Barcelona (0,030).

Con respecto al segundo índice, metros túnel/metros trazado, puntualizaremos que un alto índice, puede deberse a un elevado número de túneles en el tramo considerado, más aún, si el tramo es de poca longitud; también si los túneles tienen gran longitud y el tramo es, asimismo de reducida longitud. Dicho esto, el tramo que presenta el valor más alto es el de Horna a Torralba, en la línea de Madrid, con 0,673, a pesar de existir un único túnel (3.231, "Torralba"), pero es el tercero más largo de los trazados de las líneas consideradas.

Le sigue el tramo Faió La Pobla de Massaluca-Ribarroja d'Ebre, en la línea de Tarragona, con un valor de 0,660, debido a que de los tres túneles que hay, se encuentra el segundo más largo (3.740 m, "De Faió" 48 ter) y el cuarto (2.969 m, "De Faió" 48 bis). El túnel más largo[425] se encuentra en el tramo Marça Falset-Ruidecanyes (0,398), en esta misma línea, con 4.044 m ("Argentera"). Por líneas, igual que en el índice Túneles/km, es la de Tarragona (0,090), seguida de las de Canfranc (0,034) y Madrid (0,024). Las que presentan los valores más bajos son la de Bilbao (0,014) y la de Barcelona (0,015).

En cuanto a las limitaciones impuestas por el gálibo cinemático en recta y el gálibo de obstáculos en curva en el interior de los túneles realizaremos sólo algunas apreciaciones del conjunto de líneas, desde los orígenes contemplados hasta el nodo de Zaragoza.

Podemos constatar en distintos documentos de Adif (consignas, autorizaciones de transporte excepcional, etc.), algunas de las limitaciones de velocidad existentes en dichas líneas, por rebases de gálibo en altura y/o en anchura, según la naturaleza de la mercancía transportada, el tipo de vagón y la unidad de cargamento utilizada.

En concreto, en la línea de Madrid, existen limitaciones de velocidad, a 30 km/h, por rebase de gálibo, en cinco túneles para el transporte de vehículos militares. También en la de Valencia hay limitación a 30 km/h es en cinco túneles para contenedores por su altura (2.896 mm, 9,5 pies).

En dos de los cuales, la tienen igualmente los vagones *Hight Cube*, vagones cerrados de alta capacidad con paredes deslizantes, por exceso de gálibo en altura o anchura, 4.140 mm o 3.110 mm, respectivamente. Por último en la línea de Bilbao, para

[425] En nuestro territorio, el túnel más largo que hubo en la red convencional, que actualmente no tiene una función ferroviaria, es el túnel internacional de Somport en la línea de Canfranc, con 7.871 m.

automóviles, hasta 3.310 mm de anchura, a 50 km/h, y si los excede, a 30km/h. Indicaremos que en la línea de Canfranc no existen limitaciones porque no se transportan este tipo de mercancías.

No obstante, más allá de los orígenes de línea considerados, existen las mencionadas limitaciones de velocidad a 30 km/h, incluso a 20 km/h, y otras prescripciones adicionales de circulación en el caso de excesos de gálibo. Podemos citar como ejemplo, por su importancia para los flujos internacionales el tramo de Girona a Portbou un túnel con limitación a 30 km/h para contenedores, cajas móviles, amóviles de transbordo horizontal y semiremolques por su altura (2.896 mm, 9,5 pies).

Para los vagones *Hight Cube.* También el tramo de Zumárraga a Irún con cuatro túneles a 30 km/h para las mismas unidades de cargamento. (2.896 mm, 9,5 pies), de los que dos de ellos tienen asimismo esa limitación para dichos vagones.

Otras mercancías como los automóviles tienen limitaciones en distintas líneas, como por ejemplo en la conexión con Vigo en el tramo León-Coruña por seis túneles a 30 km/h y en el tramo Andoaín-Irún en tres pasos superiores, dos a 20 km/h y uno a 30 km/h; o como las cajas especiales para el transporte de piezas de automóviles entre Martorell Seat y el Puerto de Barcelona, con una limitación de velociad a 80 km/h circulando por vía 1 y de 20 km/h por vía 2, por su altura con respecto al plano de carga de 1.115 mm.

Finalizaremos el subsistema **Línea —N**(-9)/1— / Subsistema Estructura de Vía –N (-10)— presentando una tabla y un gráfico que agrupa los perfiles y las obras de fábrica vistos en las páginas precedentes, (ver tabla 6-35 y gráfico 6-16)[426]. En el gráfico se han representado los valores de las variables de los parámetros considerados en un gráfico radial. Cada radio incluye dichos valores para cada tramo así como los totales de cada línea. Los tramos siguen la misma pauta de todo el subsistema infraestructura, es decir, las unidades morfoestructurales que atraviesa el trazado en cada línea ferroviaria.

Por otra parte, y una vez vistas las conexiones entre el nodo de Zaragoza y los nodos origen-destino principales del cuadrante noreste peninsular, volvemos al entorno ferroviario de esta ciudad con un poco más de detenimiento[427]. A diferencia del primer esquema (figura 6-6), en la figura 6-7 no está representada la vía AVE. Sí lo están el *By Pass* de Grisén y la vía de conexión con el Centro Logístico Intermodal de Zaragoza Plaza. No se refleja la conexión con la Terminal Marítima de Zaragoza (T.M.Z), situada frente de de la estación de Corbera Alta, desde la estación de Cogullada en la línea de Barcelona (Lérida), puesto que es posterior (2011). Sí puede apreciarse como la ronda sur articula y conecta los enlaces del nodo de Zaragoza con las líneas que llegan a dicho nodo.

---

[426] Fuente de tabla 6-35 y gráfico 6-16.

Cuadro de Velocidades Máximas e Informaciones Permanentes de 30 de abril de 2002. Líneas del 2º, actualizado hasta anejo 58 de 29 de septiembre de 2011, y líneas del 3er Grupo, actualizado hasta anejo 49 de 22 de septiembre de 2011, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.

Cuadro de Cargas Máximas de 1 de marzo de 2000, actualizado hasta anejo 21 de 15 de diciembre de 2010, Dirección de Tráfico, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.

CIRTRA 2010, tomo I, enero de 2011, Dirección de Control de Gestión y Sistemas – Jefatura de Gabinete de Objetivos y Análisis de Gestión, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.

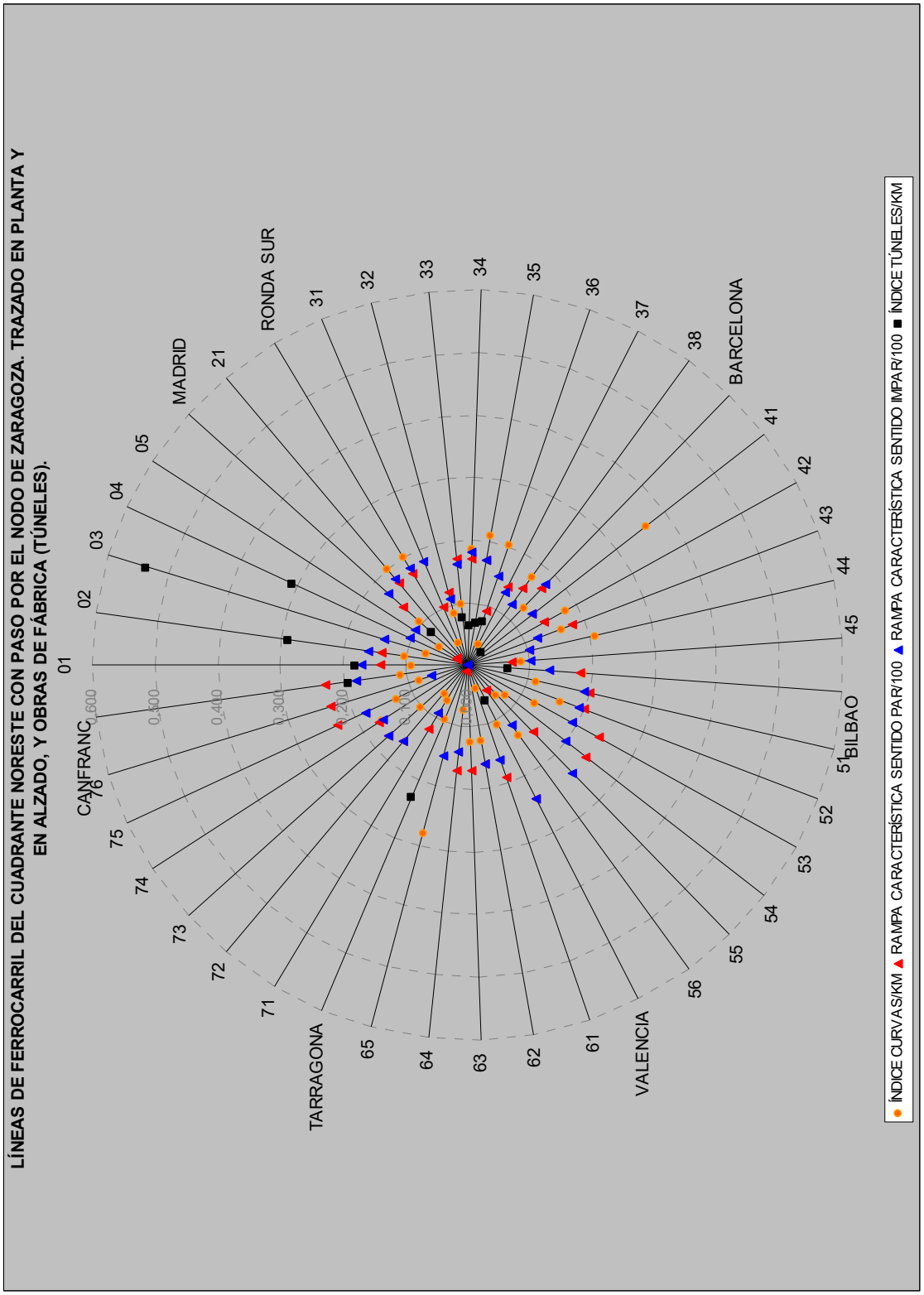
[427] Ver Orografía y Ferrocarril de ancho ibérico (punto 6.1.3.).

Tabla 6-35. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo Zaragoza en tramos por unidades estructurales en tramos por unidades estructurales de relieve. Perfil en planta, en alzado (longitudinal) y obras de fábrica (túneles). Índice de curvas y túneles

Nº TRAMO	TRAMO	CURVAS				PENDIENTE			TÚNELES					
		Nº TOTAL	TOTAL METROS TRAMO	ÍNDICE CURVAS / KM	TOTAL METROS CURVA	ÍNDICE M. CURVAS /M. LÍNEA	PENDIENTE MÁXIMA SENTIDO PAR	PENDIENTE MÁXIMA SENTIDO IMPAR	SUBTRAMO	Nº TOTAL	METROS SUBTRAMO	ÍNDICE TÚNELES / KM	METROS TÚNEL	ÍNDICE M.TÚNEL / M. LÍNEA
01	MADRID ABROÑIGAL-HORNA	14	155.500	0,090	10.538	0,068	14	17	BAIDES-SIGÜENZA	3	16.600	0,181	215	0,013
02	HORNA-MONREAL DE ARIZA	5	49.600	0,101	3.859	0,078	14	16	HORNA-ARCOS DE JALÓN	6	20.800	0,288	3.701	0,075
03	MONREAL ARIZA-CALATAYUD	3	44.300	0,068	2.735	0,062	0	14	ALHAMA DE ARAGÓN-ATECA	7	13.000	0,538	987	0,076
04	CALATAYUD -RICLA	11	35.700	0,308	7.094	0,199	2	10	CALATAYUD-RICLA	11	35.700	0,308	3.282	0,092
05	RICLA-C.I.M. ZARAG.	3	55.200	0,054	1.745	0,032	2	10						
MADRID	**TOTAL**	**36**	**340.300**	**0,106**	**25.971**	**0,076**	**14**	**17**		**27**		**0,079**	**8.185**	**0,024**
21	CIM ZARAGOZA-RONDA SUR- LA CARTUJA	5	24.700	0,202	4.209	0,170	17	18						
RONDA SUR	**TOTAL**	**5**	**24.700**	**0,202**	**4.209**	**0,170**	**17**	**18**						
31	LA CARTUJA-ALMUDEVAR	2	49.700	0,040	2.106	0,042	10	18						
32	ALMUDEVAR-SARIÑENA	4	47.100	0,085	4.390	0,093	12	11						
33	SARIÑENA-TAMARITE Km 152+100	6	61.200	0,098	12.349	0,202	17	16	SARIÑENA-TORMILLO LASTANOSA	1	13.000	0,077	354	0,027
34	ALMACELLAS Km 152+100-VINAIXA	14	75.500	0,185	14.764	0,196	17	18	Km 152+100 ALMACELLAS -LÉRIDA	2	31.500	0,063	1.358	0,043
35	VINAIXA-LA PLANA DE PICAMOIXONS	6	28.200	0,213	5.027	0,178	17	17	VINAIXA-LA PLANA DE PICAMOIXONS	2	28.200	0,071	772	0,027
36	LA PLANA DE PICAMOIXONS- S. VICENTE DE CALDERS	13	63.700	0,204	11.264	0,177	9	15		2	26.600	0,075	1.729	0,088
37	S. VICENTE DE CALDERS- CASTELLBISBAL	2	52.700	0,038	1.570	0,030	14	13						
38	CASTELLBISBAL AG. MOLINS-BARCELONA MORROT	5	28.600	0,175	4.945	0,173	15	12		5			2.089	0,040
BARCELONA	**TOTAL**	**52**	**406.700**	**0,128**	**56.415**	**0,139**	**17**	**18**		**12**		**0,030**	**6.302**	**0,015**
41	BILBAO MERCANCÍAS-AG. ENLACE LA CASILLA	6	16.600	0,361	2.516	0,152	13	13		5			1.898	0,114
42	AG. ENLACE LA CASILLA -ORDUÑA	7	39.100	0,179	4.541	0,116	14	0		1			84	0,002
43	ORDUÑA-HARO	13	81.100	0,160	9.282	0,114	18	12		16			2.966	0,037
44	HARO-Km 52+485 (CORTES DE NAVARRA -GALLUR)	35	169.215	0,207	22.685	0,134	10	10		1			100	0,001
45	Km 52+485-CIM DE ZARAGOZA	4	46.185	0,087	2.076	0,045	7	10						
BILBAO	**TOTAL**	**65**	**352.200**	**0,185**	**41.100**	**0,117**	**18**	**13**		**23**		**0,065**	**5.048**	**0,014**
51	BIF. TERUEL-ENCINACORBA	6	53.600	0,112	11.464	0,214	20	19		2			498	0,009
52	ENCINACORBA-VILLAHERMOSA	4	25.300	0,158	7.971	0,315	20	19		7			1.733	0,068
53	VILLAHERMOSA-CAPARRATES	13	106.400	0,122	10.519	0,099	24	19		2			961	0,009
54	CAPARRATES-Km 192+500 (ALBENTOSA-BARRACAS)	4	51.700	0,077	5.560	0,108	24	20		3			395	0,008
55	Km 192+500-SAGUNT	5	77.500	0,065	9.256	0,119	15	24		5			1.104	0,014
56	SAGUNT-VALENCIA LA FONT DE SAN LLUIS	4	29.200	0,137	2.086	0,071	5	12		2			2.691	0,092
VALENCIA	**TOTAL**	**36**	**343.700**	**0,105**	**46.856**	**0,136**	**24**	**24**		**21**		**0,061**	**7.382**	**0,021**
61	LA CARTUJA-CASPE	4	103.300	0,039	3.134	0,030	19	16		4			721	0,007
62	CASPE-Km 493+790 (FAIO-RIBAROJA)	5	40.790	0,123	2.413	0,059	16	16		15			4.017	0,098
63	Km 493+790 (FAIO-RIBAROJA)-MARÇA FALSET	7	57.510	0,122	2.973	0,052	17	0	FAIO-MARÇA FALSET	24	57.510		11.311	0,197
64	MARÇA FALSET-REUS	2	28.200	0,071	1.498	0,053	17	14	MARÇA FALSET-RUIDECANYES	14	15.500		6.170	0,398
65	REUS-TARRAGONA	5	18.100	0,276	6.855	0,379	1	15						
TARRAGONA	**TOTAL**	**23**	**247.900**	**0,093**	**16.873**	**0,068**	**19**	**16**		**57**		**0,230**	**22.219**	**0,090**
71	TARDIENTA-BIF. CANFRANC	1	15.700	0,064	839	0,053	12	9						
72	BIF. CANFRANC-AYERBE	2	35.000	0,057	621	0,018	16	16						
73	AYERBE-RIGLOS	1	10.000	0,100	260	0,026	17	17		2			227	0,023
74	RIGLOS-SABIÑANIGO	8	49.300	0,162	4.856	0,098	17	16		8			2.254	0,046
75	SABIÑANIGO-JACA	2	15.900	0,126	1.288	0,081	23	18						
76	JACA-CANFRANC	2	24.700	0,081	880	0,036	23	6	TÚNEL INTERNACIONAL 7.871 m	19			2.621	0,106
CANFRANC	**TOTAL**	**16**	**150.600**	**0,106**	**8.744**	**0,058**	**23**	**18**		**29**		**0,193**	**5.102**	**0,034**

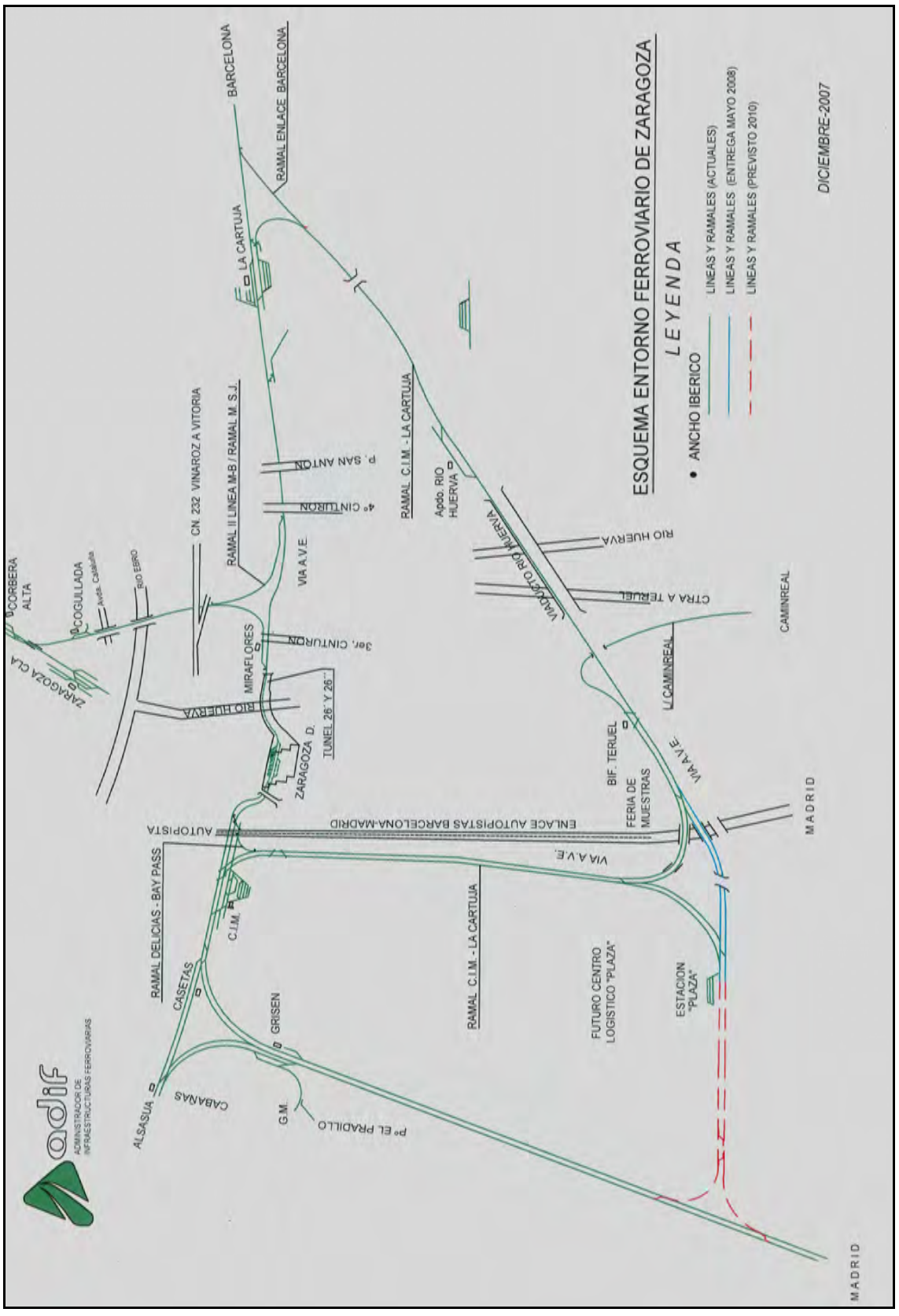
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6-16. Trazado en planta, en alzado y obras de fábrica (túneles) de las líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-7. Esquemas del entorno ferroviario de Zaragoza. Diciembre de 2007



Fuente: Adif, Mantenimiento de Infraestructura Líneas Convencionales, Gerencia de Producción de Zaragoza

Puntualizaremos también por su importancia, que la conexión desde el centro Logístico Intermodal de Plaza con la línea de Madrid (trazo rojo discontinuo), no se ha realizado en la actualidad. No obstante lo anterior, si que están estudiadas las distintas alternativas para su conexión desde marzo de 2009[428]. Por lo que respecta a los perfiles en planta y longitudinal del By Pass de Grisén, así como de la conexión con el Centro Logístico Intermodal de Plaza, que no se han reflejado en las tablas anteriores, indicaremos que no son muy relevantes.

La conexión desde la Ronda Sur, en Bifurcación Plaza, con el Centro Logístico de Plaza tiene una longitud de 4.600 m; no hay curvas que limiten la velocidad, pero si está limitada en 1.672 m por el acceso al Centro. La rampa característica máxima es de 14 milésimas, en sentido de circulación par (hacia Plaza), y de 16 milésimas en el sentido impar.

Por su parte el by pass de Grisén une esta Terminal con Cabañas de Ebro en la línea a Bilbao. Tiene una longitud de 6.000 m y tampoco tiene curvas que limiten la velocidad, aunque existen tres limitaciones de pocos metros por otras causas. La rampa característica máxima es de 8 milésimas en sentido par (hacia Cabañas) y de -7 en sentido impar, es decir es una pendiente.

En cuanto a las obras de fábrica, indicaremos que sólo existen dos túneles artificiales urbanos, sin solución de continuidad, en el tramo Miraflores-Zaragoza Delicias (túnel Avda. Goya y túnel Avda. Tenor Fleta). Dichos túneles son bitubo, uno para la línea convencional y otro para la línea A.V.E. Actualmente, es ocasional que circulen trenes de mercancías y aún menos con tracción diesel; bordean la ciudad por la Ronda Sur Ferroviaria.

Otras obras de fábrica son, al comienzo de la línea a Barcelona los viaductos “Río Ebro” que atraviesa ese río, el de Miraflores y el “Avda. de Cataluña”, ambos para salvar la trama urbana, en esa parte del trazado, que surca por el este la ciudad. También en la Ronda Sur, junto a la bifurcación que accede a la línea de Valencia, encontramos el viaducto “Río Huerva” que cruza ese mismo río.

Además de los mencionados viaductos, hay algunos pasos superiores e inferiores, como se aprecia en el esquema para salvar los cruces con las distintas vías de comunicación.

- **Superestructura—N(-11)/2—/vía —N(-12)/3—,**

Puntualizaremos que sólo se dispone de datos y no muy precisos (mapas de baja calidad) para las líneas dentro de los límites de Aragón, con excepción de la de Bilbao en que se dispone hasta Miranda de Ebro y de la de Teruel hasta el límite de nuestra isocrona de 60’ en camión.

∗Subsistema carriles —N(-13)/8—

Indicaremos que podemos encontrar tres tipos de carril según su masa por metro lineal. En la Ronda Sur es de 60 Kg/m; en la línea de Madrid y en la de Bilbao 54 Kg/m; en la de Barcelona 54 Kg/m, exceptuando el tramo entre bifurcación Huesca y este nodo en el que hay ancho de vía mixto al estar instalado tres hilos.

Por su parte, en la línea de Tarragona es de 54 Kg/m, exceptuando algún pequeño tramo en que desconocemos el carril instalado; en la línea de Teruel, recientemente renovada, es de 60 Kg/m; en la línea de Canfranc, desde bifurcación Canfranc existen tres tipos, de 60 Kg/m en dos tramos, de 54 Kg/m en uno y de 45 Kg/m en otros dos.

∗Traviesas—N(-13)/9—

Por lo que respecta a los tipos de traviesas señalaremos que hay instaladas de diversos tipos. En la Ronda Sur encontramos traviesas monobloque PR90 y PR01; en

[428] Ministerio de Fomento (2009), *Estudio Informativo Ronda Sur Ferroviaria de Zaragoza*.

la línea de Madrid un gran porcentaje de la vía tiene traviesas bibloque RS y en menor medida traviesas monobloque MR93 y MR00; en la de Barcelona tiene también mayoritariamente traviesas bibloque RS y varios tramos con traviesas monobloque MR93, MR00, PR90 y PR01.

La línea de Bilbao tiene más tramos con traviesa bibloque RS, pero también MR93, MR00, PR90 y PR01; en la línea de Tarragona hay traviesas, bibloque RS, monobloque MR93 y MR00, PR90 y PR01, y de otros tipos, así como tres pequeños tramos de vía en placa; en la de Teruel la mayor parte del recorrido que conocemos corresponde a traviesas monobloque PR90 y PR01 y un pequeño tramo con monobloque MR93, MR00.

Por último, en la de Canfranc tenemos traviesas monobloque de ancho mixto (tres hilos) hasta la hoya de Huesca y, a partir de ahí, dos tramos con traviesas PR90 y PR01, un pequeño tramo con monobloque MR93 y MR00, y dos tramos de traviesas de madera.

- balasto—N(-13)/10— en la red convencional (< 200 km/h) se utiliza balasto "tipo 2" con Coeficiente de Resistencia a la Fragmentación "Los Ángeles" no superior al 16%.

- aparatos de vía—N(-13)/11/ desvíos—N(-14)/10, indicaremos que si bien no se dispone de datos concretos para cada bifurcación o terminal, en general, los desvíos utilizados en la red convencional son del tipo B.

  - **Superestructura—N(-11)/2—/Instalaciones—N(-12)/4—**señales—N(-13)/12/ dentro de isocrona todas las señales fijas fundamentales son luminosas, sin embargo, en Aragón, en la línea de Tardienta a Canfranc persisten señales mecánicas de pantalla en la entrada, por ambos sentidos, de la estación de Sabiñanigo.

- comunicaciones —N(-13)/13, en las líneas que se están estudiando, existe comunicación por el Tren-Tierra entre el maquinista de los trenes y el puesto de mando o las estaciones, con excepción de la línea a Canfranc, desde la estación de la Hoya de Huesca hasta la de Canfranc y de la de Valencia, desde Cuarte de Huerva hasta Teruel en que no existe dicha comunicación.

- seguridad—N(-13)/14—incorporamos los subsistemas—N(-14)/14 a 16— bloqueos y enclavamientos, Anuncio de Señales y Frenado Automático (A. S. F. A.), Protección Automática de Trenes (A. T. P.) y otros.

En este subsistema podemos destacar, que en la línea de Tardienta a Canfranc, desde Tardienta hasta la Hoya de Huesca es el bloqueo de liberación automática en vía única con control de tráfico centralizado (CTC), desde allí hasta Ayerbe es el mismo bloqueo sin control de tráfico centralizado y desde aquí hasta Canfranc encontramos bloqueo telefónico.

También, es destacable que en el tramo de línea desde bifurcación Teruel hasta Teruel tenemos bloqueo de liberación automática en vía única sin control de tráfico centralizado y desde allí hasta Sagunto es el mismo bloqueo con control de tráfico centralizado. Por último, es muy destacable que en la línea de Tardienta a Canfranc, desde la Hoya de Huesca hasta Canfranc no existe A.S.F.A., ni ningún otro sistema de seguridad.

En cuanto al subsistema Otros—N(-14)/16— señalaremos que incluiría los subsistemas protección de pasos a nivel, contadores de ejes, detectores de ejes calientes, detectores de obstáculos y cuales quiera sistemas que controlen ciertos aspectos contribuyan a garantizar la circulación de los trenes y maniobras en la línea. Señalaremos únicamente que en Aragón los pasos a nivel son de la clase B (S.L. A.) y

C (S.B.E.) en su mayoría, con excepción de uno peatonal de la clase F, entre Fuentes de Ebro y Quinto de Ebro.

También que en Aragón hay instalados detectores bidireccionales de ejes calientes en los trayectos Ricla-Calatayud, Casetas-C.I.M. de Zaragoza, Tardienta-Lleida (3 captadores), La Cartuja-Samper y La Puebla de Híjar-Ribarroja D'Ebre.

- electrificación—N(-13)/15—

La salida más importante del subsistema electrificación es que las líneas dispongan de esta instalación para dotar de este tipo de energía a las locomotoras eléctricas, en el caso del transporte de mercancías, con los beneficios medioambientales conocidos.

La tensión que circula por la línea aérea de contacto es de 3 Kv en corriente continua y está suministrada por un cierto número de subestaciones distribuidas por las líneas. En la isocrona que se está considerando encontramos en la línea de Madrid, entre Calatayud y Casetas, cinco subestaciones, localizadas en las estaciones de Calatayud, Morés, Ricla-La Almunia, Plasencia de Jalón y Casetas (en territorio aragonés hay otra en Bubierca).

Por su parte, en la Ronda Sur, hay una subestación entre el C.I.M. y bifurcación Plaza, y en la línea de Barcelona, entre La Cartuja y Sariñena, tres subestaciones, en las estaciones de Zuera, Tardienta y Marcén Poliñino (en territorio aragonés también en las estaciones de El Tormillo-Lastanosa, Monzón Río Cinca y Tamarite Altorrincón). En cuanto a la línea de Tarragona, dentro de la isocrona, entre La Cartuja y Caspe, tenemos seis subestaciones en las estaciones de El Burgo de Ebro, La Zaida, Pina de Ebro, La Puebla de Híjar, Samper de Calanda, Escatrón y Caspe (en territorio aragonés también en las estaciones de Fabara y Faio-La Pobla de Massaluca).

Por último, en línea de Bilbao, en nuestra isocrona, que coincide con el límite del territorio aragonés, sólo tenemos una subestación en la estación de Luceni. Dentro de la isocrona existe otra subestación en la estación de Miraflores, si bien, como ya se ha dicho, no es habitual la circulación de trenes de mercancías en este tramo.

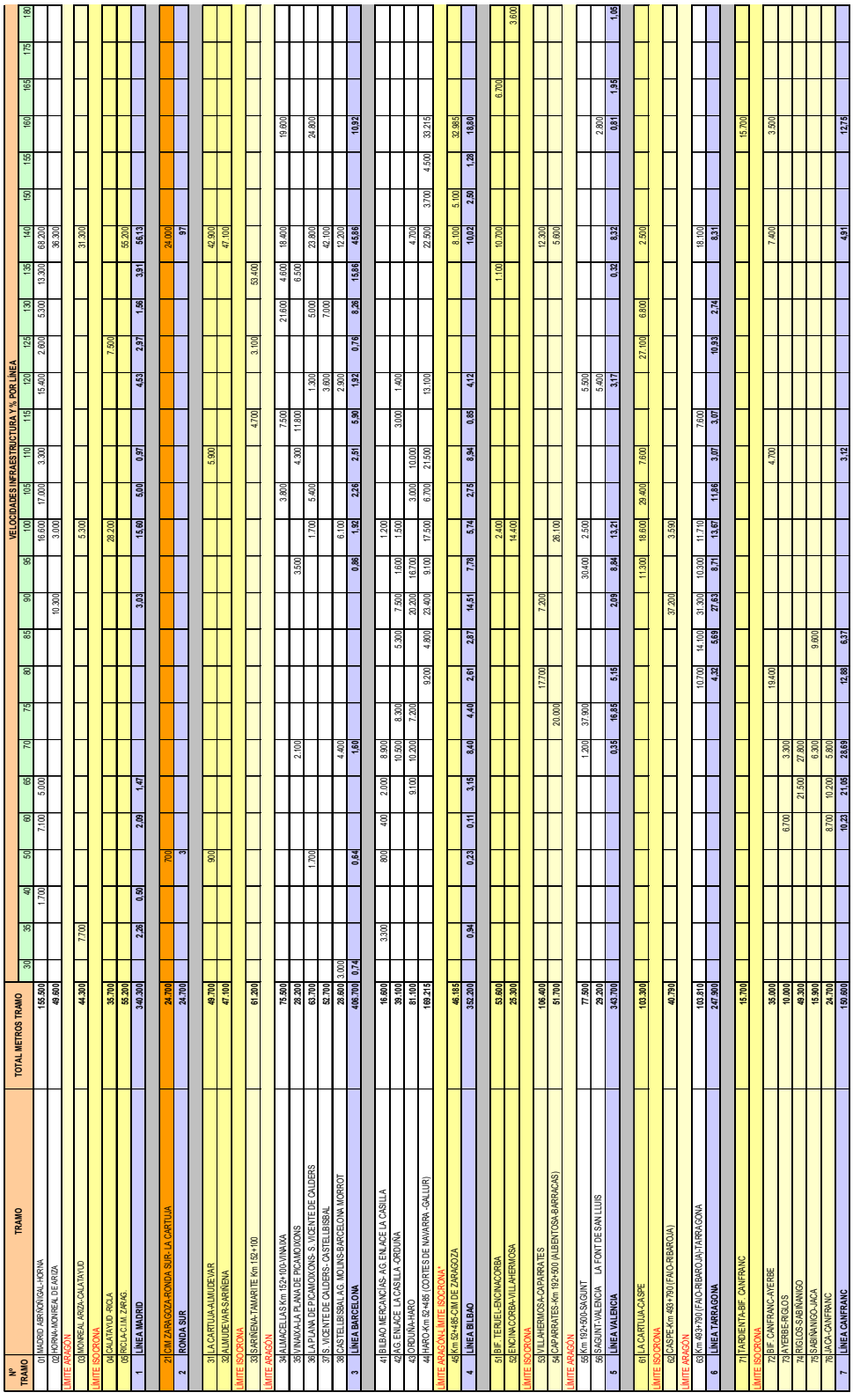
Existen dos líneas sin electrificar en nuestra área de estudio. En la línea de Valencia, desde bifurcación Teruel hasta Sagunto, un trayecto de 314,5 km; en la línea de Canfranc, desde Tardienta a Canfranc[429] con 134,9 km.

En cuanto a las salidas del subsistema infraestructuras e instalaciones (-8)/4 / Línea (-9)/1, resultado de la interacción y relaciones entre los subsistemas que lo conforman, señalaremos que una de las más importantes es la velocidad admisible por la estructura de vía. Que queda determinada en cada punto del recorrido por el CVM que recopila, entre otras informaciones, las velocidades máximas y limitaciones permanentes para todo el trazado en cada una de las líneas (ver tabla 6-36 y gráfico 6-17). Junto con las características del material, de las locomotoras y del cargamento establecen la velocidad de circulación de los trenes.

La velocidad máxima permitida por la estructura de vía esta relacionada con las exigencias que impone el diseño del trazado –curvas y rampas-, también con los parámetros geométricos de construcción de la vía como pueden ser, entre otros, los peraltes, las fuerzas transversales y verticales, elementos integrantes de la vía, como traviesas y las sujeciones de los hilos, asimismo, con las distancias mínimas de frenado a las señales y puntos de cambios significativos de velocidad, la existencia de limitaciones permanentes de velocidad, etc.

[429] Desde Zaragoza hasta Huesca existe línea aérea de contacto (catenaria) a 25 Kv en corriente alterna. Sin embargo, pertenece a la red de alta velocidad en ancho U.I.C. que coexiste con la red convencional a través del tercer carril.

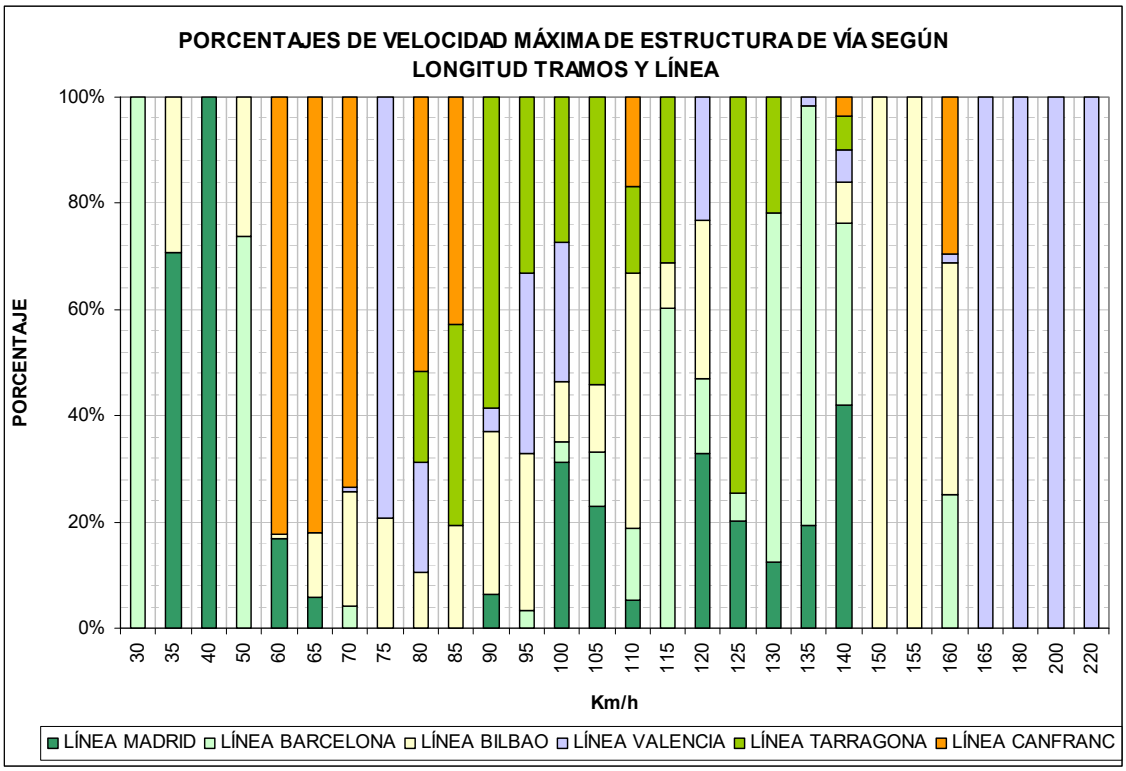
Tabla 6-36. Velocidad máxima de estructura de vía por tramos de línea y líneas de las líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza



Nº TRAMO	TRAMO	TOTAL METROS TRAMO	VELOCIDADES INFRAESTRUCTURA V*% POR LINEA																										
			30	35	40	50	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	150	155	160	165	175	180
	01 MADRID ABROÑIGAL-HORNA	155.500			1.700		7.100	5.000							16.600	17.000	3.300		15.400	2.600	5.300	13.300	68.200						
	02 HORNA-MONREAL DE ARIZA	49.800											10.300		3.000								36.300						
LIMITE ARAGÓN																													
	03 MONREAL ARIZA-CALATAYUD	44.300		7.700										5.300								31.300							
LIMITE ISOCRONA																													
	04 CALATAYUD -RICLA	35.700											28.200							7.500									
	05 RICLA-C.M. ZARAG.	55.300																					55.200						
1	LÍNEA MADRID	340.300		2.26	0.50		2.09	1.47					3.03		15.60	5.00	0.97		4.53	2.97	1.56	3.91	58.13						
	29 C.M. ZARAGOZA-RONDA SUR- LA CARTUJA	24.700				700																		24.000					
2	RONDA SUR	24.700				3																		697					
	31 LA CARTUJA-ALMUDEVAR	49.700				900											5.900						42.900						
	32 ALMUDEVAR-SARRIENA	47.100																					47.100						
LIMITE ISOCRONA																													
	33 SARRIENA-TAMARITE Km 182+100	61.200														4.700				3.100		53.400							
LIMITE ARAGÓN																													
	34 ALMACELLAS Km 182+100-VINAIXA	75.500													3.800		7.500			21.600		4.600	18.400			19.600			
	35 VINAIXA-LA PLANA DE PICAMOIXONS	29.200							2.100					3.500		4.300	11.800				6.500								
	36 LA PLANA DE PICAMOIXONS-S. VICENTE DE CALDERS	63.700				1.700									1.700	5.400			1.300		5.000		23.800			24.800			
	37 S. VICENTE DE CALDERS- CASTELLBISBAL	52.700																	3.600		7.000		42.100						
	38 CASTELLBISBAL-AG. MOLINS-BARCELONA MORROT	28.800	3.000						4.400						6.100				2.900				12.200						
3	LÍNEA BARCELONA	406.700	0.74			0.44			1.60						0.86	1.92	2.26	2.51	5.90	1.92	0.76	8.26	15.86	45.86		10.92			
	41 BILBAO MERCANCIAS- AG. ENLACE LA CASILLA	16.800		3.300		800	400	2.000	8.900																				
	42 AG. ENLACE LA CASILLA -ORDUÑA	39.100							10.500	8.300		5.300	7.500	1.600	1.500			3.000	1.400									
	43 ORDUÑA-HARO	81.100							9.100	10.200	7.200		20.200	16.700		3.000	10.000						4.700						
	44 HARO-Km 52+485 (CORTES DE NAVARRA -GALLURI)	169.215										9.200	4.800	22.400	9.100	17.500	6.700	21.500	13.100				22.500	3.700	4.500	33.215			
LIMITE ARAGÓN-LIMITE ISOCRONA																													
	45 Km 52+485-C.M. DE ZARAGOZA	46.165																											
4	LÍNEA BILBAO	382.200		0.94		0.23	0.11	3.15	8.40	4.40	2.61	2.87	14.51	7.78	5.74	2.75	8.94	0.88	4.12			1.100	10.02	2.50	1.28	19.80			
	51 BIF. TERUEL-ENCINACORBA	53.600													2.400												6.700		3.600
	52 ENCINACORBA-VILLAHERMOSA	25.300													14.400														
LIMITE ISOCRONA																													
	53 VILLAHERMOSA-CAPARRATES	106.400								17.700			7.200										12.300						
	54 CAPARRATES-Km 192+500 (ALBENTOSA-BARRACAS)	51.700								20.000					26.100								5.600						
LIMITE ARAGÓN																													
	55 Km 192+500-SAGUNT	77.500							1.200	37.900									5.500										
	56 SAGUNT-VALENCIA LA FONT DE SAN LLUIS	29.200													30.400	2.500			5.400							2.800			
5	LÍNEA VALENCIA	343.700							0.35	16.85	5.15		2.09	8.84	13.21				3.17			0.32	8.32			0.81	1.95		1.05
	61 LA CARTUJA-CASPE	100.300													11.300	18.600	29.400	7.600		27.100	6.800		2.500						
LIMITE ISOCRONA																													
	62 CASPE-Km 493+790 (FAIO-RIBARROJA)	40.790											37.200		3.590														
LIMITE ARAGÓN																													
	63 Km 493+790 (FAIO-RIBARROJA)-TARRAGONA	110.810									10.700	14.100	31.300	10.300	11.710			7.600					18.100						
6	LÍNEA TARRAGONA	247.900									4.32	5.69	27.63	8.71	13.67	11.86	3.07		10.93	2.74			8.31						
	71 TARDIENTA-BIF. CANFRANC	15.700																								15.700			
LIMITE ISOCRONA																													
	72 BIF. CANFRANC-AYERBE	35.900								19.400							4.700						7.400			3.500			
	73 AYERBE-RIGLOS	10.800					6.700		3.300																				
	74 RIGLOS-SABIÑANIGO	49.300						21.500	27.800																				
	75 SABIÑANIGO-JACA	15.900							6.300			9.600																		
	76 JACA-CANFRANC	24.700					8.700	10.200	5.800																				
7	LÍNEA CANFRANC	159.600					10.23	21.05	23.68		12.88	6.37					3.12						4.91			12.75			

Fuente: *Cuadro de Velocidades Máximas e Informaciones Permanentes de 30 de abril de 2002. Líneas del 2º, actualizado hasta anejo 58 de 29 de septiembre de 2011, y líneas del 3er Grupo, actualizado hasta anejo 49 de 22 de septiembre de 2011*, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF. Elaboración propia

Gráfico 6-17. Velocidad máxima de la estructura de vía (%) de las líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza



Fuente: *Cuadro de Velocidades Máximas e Informaciones Permanentes de 30 de abril de 2002. Líneas del 2º, actualizado hasta anejo 58 de 29 de septiembre de 2011, y líneas del 3er Grupo, actualizado hasta anejo 49 de 22 de septiembre de 2011*, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF. Elaboración propia.

Además, fruto de esta misma interacción encontramos el peso por eje. En las líneas con paso por el nodo de Zaragoza indicaremos que todas son de la categoría D4 que permite un peso por eje de 22,5 Tm y una carga por metro lineal de 8 Tm, exceptuando la de Canfranc, en la que el peso por eje es de 20 Tm.

Otras restricciones son, en la línea de Canfranc, el peso por metro lineal que es de 7,2 Tm en los tramos metálicos de La Peña, en el trayecto Ayerbe a Sta. Mª y La Peña, y del Botal, en el trayecto Jaca a Canfranc. En este punto encontramos el eslabón más débil de la línea, lo cual implica su extensión a toda ella. Tampoco pueden circular dos locomotoras juntas en dicha línea. En la línea de Valencia, los trenes que arrastren vagones con una masa total (tara+carga) de 45 Tm, si son de dos ejes, y de 90 Tm, si lo son de cuatro, no excederán de 30 km/h en el trayecto de Caminreal a Zaragoza y de 70 km/h en el trayecto de Caminreal a Caparrates. En el resto de líneas –todas la de la REFIG— para estos vagones la velocidad máxima sera de 100 km/h.

Otra de las salidas, en este caso, de la plataforma de vía en el subsistema trazado/infraestructura interaccionando con las del subsistema vía en superestructura es la existencia de vía doble o vía única. Nuestro espacio de estudio adolece de un alto porcentaje de tramos con vía única (ver tabla 6-37). Ello redunda en tiempos muertos por distancias y cruces. Está también muy relacionada con la longitud de vías en las estaciones para dicha función.

Tabla 6-37. Tramos de vía única en las líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza

TRAMOS VIA ÚNICA				
LÍNEA	TRAMOS AFECTADOS	TRAMO	TOTAL METROS TRAMO	% LÍNEA
1	01	SANTA CATALINA-BIBURCACIÓN REBOLLEDO	1.500	
	04	CALATAYUD -RICLA	35.700	
		TOTAL METROS	**37.200**	
		TOTAL METROS LÍNEA MADRID	340.300	**10,93**
2	21	BIFURCACIÓN TERUEL-LA CARTUJA	12.700	
		TOTAL METROS	**12.700**	
		TOTAL METROS RONDA SUR	24.700	**51,42**
3	31	LA CARTUJA-REUS	49.700	
	32	ALMUDEVAR-SARIÑENA	47.100	
	33	SARIÑENA-TAMARITE Km 152+100	61.200	
	34	ALMACELLAS Km 152+100-VINAIXA	75.500	
	35	VINAIXA-LA PLANA DE PICAMOIXONS	28.200	
	36	LA PLANA DE PICAMOIXONS- REUS	20.800	
		TOTAL METROS	**282.500**	
		TOTAL METROS LÍNEA BARCELONA	406.700	**69,46**
4	41	BILBAO MERCANCÍAS- SANTURTZI	3.300	
	41	BIFURCACIÓN LA CASILLA- AG. ENLACE LA CASILLA	2.800	
	43	ORDUÑA-HARO	81.100	
	44	HARO-CASTEJÓN	127.500	
		TOTAL METROS	**214.700**	
		TOTAL METROS LÍNEA BILBAO	352.200	**60,96**
5	51	BIF. TERUEL-ENCINACORBA	53.600	
	52	ENCINACORBA-VILLAHERMOSA	25.300	
	53	VILLAHERMOSA-CAPARRATES	106.400	
	54	CAPARRATES-Km 192+500 (ALBENTOSA-BARRACAS)	51.700	
	55	Km 192+500-SAGUNT	77.500	
		TOTAL METROS	**314.500**	
		TOTAL METROS LÍNEA VALENCIA	343.700	**91,50**
6	61	LA CARTUJA-CASPE	103.300	
	62	CASPE-Km 493+790 (FAIO-RIBAROJA)	40.790	
	63	Km 493+790 (FAIO-RIBAROJA)-REUS	85.710	
		TOTAL METROS	**229.800**	
		TOTAL METROS LÍNEA TARRAGONA	247.900	**92,70**
7	72	BIF. CANFRANC-AYERBE	35.000	
	73	AYERBE-RIGLOS	10.000	
	74	RIGLOS-SABIÑANIGO	49.300	
	75	SABIÑANIGO-JACA	15.900	
	76	JACA-CANFRANC	24.700	
		TOTAL METROS	**134.900**	
		TOTAL METROS LÍNEA CANFRANC	150.600	**89,58**

Fuente: *Cuadro de Velocidades Máximas e Informaciones Permanentes de 30 de abril de 2002. Líneas del 2º, actualizado hasta anejo 58 de 29 de septiembre de 2011, y líneas del 3er Grupo, actualizado hasta anejo 49 de 22 de septiembre de 2011*, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.

CIRTRA 2010, tomo I, enero de 2011, Dirección de Control de Gestión y Sistemas, Jefatura de Gabinete de Objetivos y Análisis de Gestión, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF. Elaboración propia

Además de las líneas con vía única, tenemos el ramal de acceso desde la Terminal de Corbera Alta hasta la Terminal de Zaragoza y el que desde Corbera Alta llega a La papelera de la Montañanesa. Asimismo, el ramal que desde Grisén entra en la derivación particular a G. M. También el ramal particular, con titularidad de ENDESA, que desde Samper de Calanda alcanza la central térmica de Andorra y el ramal a San Gregorio que pertenece al ministerio de defensa.

Citaremos una última salida del subsistema estructura de vía -la longitud máxima admitida por los trenes de mercancías- que está muy relacionada, entre otros condicionantes de explotación, con los tramos en vía única, por la necesidad, en los mencionados tramos, de cruces y, si así lo considera regulación, adelantamientos de trenes con menor preferencia.

Puntualizaremos, que los adelantamientos también pueden realizarse en tramos con vía doble, bien apartando el tren en una estación bien por la otra vía en el caso de vía

doble banalizada[430], pero no se verán estos supuestos porque no son objeto de interés para este trabajo.

Los cruces y adelantamientos vienen determinados por la longitud de los trenes, y por la longitud de las vías de las estaciones y terminales donde se estaciona uno de los trenes para cruzar y de la distancia entre dichas estaciones y terminales. En la tabla se ha discriminado la longitud de los trenes por líneas siguiendo el código numérico y de color utilizado con anterioridad. También se recogen los tramos según la longitud máxima admitida a los trenes porque, como puede apreciarse, no es uniforme, en algunos casos, para la línea completa. La longitud básica es la longitud fundamental habitualmente utilizada en la formación de trenes.

Por el contrario, la longitud especial necesita de una autorización expresa[431] para que puedan ser puestos en circulación, si bien no es necesario para cada unidad de producción de transporte (tren), sino para ese surco en concreto (nº de tren). En la tabla se figuran ambas longitudes.

Tabla 6-38. Longitud máxima de los trenes en las líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza

LONGITUD MÁXIMA TRENES			
LÍNEA	**TRAMO**	**BÁSICA (m)**	**ESPECIAL (m)**
1	MADRID ABROÑIGAL-GRISÉN	500	550
	GRISÉN-C.I.M. ZARAGOZA	500	575
2	C.I.M. ZARAGOZA-LA CARTUJA	500	575
3	LA CARTUJA-PLANA PICAMOIXONS-REUS-TARRAGONA	500	575
	TARRAGONA-SAN VICENTE DE CALDERS	450	550
	SAN VICENTE DE CALDERS-BARCELONA MORROT	500	575
4	BILBAO MERCANCÍAS-MIRANDA DE EBRO	450	500
	MIRANDA DE EBRO-CASTEJÓN DE EBRO	450	550
	CASTEJÓN DE EBRO-C.I.M. DE ZARAGOZA	500	575
5	BIF. TERUEL-TERUEL	450	500
	TERUEL-SAGUNTO	400	450
	SAGUNTO-VALENCIA	500	550
6	LA CARTUJA-TARRAGONA	500	575
7	TARDIENTA-CANFRANC	300	350

Fuente: *Actualización Declaración sobre la Red 2012*, Anejo H, mapa nº 11, p. 223, Dirección de Contratación y Coordinación Comercial, Dirección General de Explotación de la Infraestructura, ADIF.
Cuadro de Velocidades Máximas e Informaciones Permanentes de 30 de abril de 2002. Líneas del 2º, actualizado hasta anejo 58 de 29 de septiembre de 2011, y líneas del 3er Grupo, actualizado hasta anejo 49 de 22 de septiembre de 2011, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF. Elaboración propia

La longitud especial incrementa un 10% o un 15% la longitud de los trenes, con excepción de los tramos Tarragona-San Vicente de Calders y Miranda de Ebro-Castejón de Ebro, que lo hacen en un 22%, y los tramos Teruel-Sagunto y Tardienta-Canfranc que lo hacen el 12,5% y el 16,6%, respectivamente.

Obviamente, para que un tren circule en un determinado trayecto es necesario adecuar la longitud del tren al tramo de ese trayecto que tenga el menor valor de este parámetro.

[430] En vía doble banalizada no está definido previamente el sentido de circulación, es decir, se puede circular por cualquiera de las dos vías en los dos sentidos de circulación, en función de las necesidades de regulación y de la decisión del Jefe del C.T.C o del Jefe de Circulación.

[431] Para los trenes Regulares u ocasionales de la Dirección de Planificación y Gestión de la Capacidad de la Dirección de Red e Innovación; Para los trenes inmediatos del Centro de Gestión de Red H24.

Los valores reflejados en la tabla 6-38 nos indican que desde el nodo de Zaragoza a los distintos destinos (o viceversa), no a trayectos intermedios, la longitud especial de los trenes a Madrid es de 550 m, a Bilbao 500 m, a Tarragona 575 m, a Valencia 450 m y a Canfranc 350 m.

Sobre el trayecto Zaragoza-Barcelona, vía Plana de Picamoixons-Tarragona indicaremos, que la longitud especial es de 575 m, pero el tramo desde este nodo al de San Vicente de Calders es de 550 m, aunque desde aquí hasta destino vuelve a ser de 575 m. Sin embargo, vía Plana de Picamoixons-Valls-San Vicente de Calders la longitud especial en todo el trayecto es de 575 m.

En cuanto a la longitud especial de los trenes con destino/origen a los límites de la isocrona establecida, que podríamos considerar en un sentido más amplio el contorno de Zaragoza, en el tramo desde Calatayud a Grisén es de 550 m y desde aquí en todas las direcciones de 575 m, con excepción del tramo desde bifurcación Teruel a Villahermosa de 500 m.

Por su importancia para el tráfico internacional y ferroportuario[432] indicaremos que en los tramos Barcelona-Frontera Francesa y Madrid-Valencia la longitud especial de los trenes puede alcanzar los 750 m. Matizaremos que en el primer caso el trazado cruza la frontera francesa por el túnel de *Le Pertus* (ancho UIC), puesto que desde Girona hasta Portbou/Cerbere –el paso habitual— tanto la longitud básica como la especial es de 500 m. También en el paso Irún/Hendaya (tramo Alsasua-Pasaia) la longitud básica es de 450 m y la especial de 550 m.

Con respecto a las fronteras con Portugal en el tramo Orense-Valença do Mino la longitud básica es de 400 m y la especial 465 m, en el de Fuentes de Oñoro-Vilar Formoso –cerrada últimamente— la longitud básica es de 550 y la especial 600 m, en el de Valencia de Alcántara-Marvao-Beira la longitud básica es de 500 m y la especial 520 m y en la de Badajoz-Elvás la longitud básica es de 400 m y la especial de 460 m.

Cuando una línea está dotada de vía doble se define como entrevía a la distancia existente entre ejes de vía. La anchura de la entrevía viene determinada por el gálibo del material ferroviario en primer lugar, y en segundo lugar por la velocidad de circulación de los trenes. A medida que aumenta la velocidad de circulación esta magnitud se hace mayor.

En cuanto a las capacidades (ver tablas 6-39, 6-40 y 6-41 y mapa 6-23), una de las salidas del subsistema Línea –(N-9)/1-/Estructura de Vía – (-10)- , y la saturación de las líneas, presentamos estos parámetros en las líneas de nuestro territorio aragonés. Se trata de conocer cuantitativamente cuantos trenes pueden circular en cada tramo de las diferentes líneas y el nivel de Saturación de cada uno de ellos.

ADIF dispone de un documento complementario a la DR, denominado Manual de Capacidades (MC), que recoge los datos específicos de cada línea de la Red, tramo a tramo, que es necesario considerar para la solicitud de capacidades. También los intervalos de Banda de Mantenimiento correspondiente al horario de servicio en vigor.

Los cupos de surcos son las cuotas o número de surcos estimados por el ADIF para cada tipo de servicio para periodos de tres horas los días normales de la semana (generalmente de lunes a viernes). Dichas cuotas han sido consideradas para la estación significativa que se determine en cada sección de línea para cada sentido de

[432] Desde octubre del año 2011, en el trayecto desde Valencia Fuente de San Lluis al Puerto Seco de Coslada Madrid la longitud especial máxima admitida por los trenes es 750 m.

También en Francia, en que el límite estaba fijado en 750 m, se ha incrementado la longitud máxima de los trenes a 850 m. Así en el trayecto de Persignan a Luxemburgo, en diciembre de 2011, se puso en circulación un tren con 850 m de longitud y en enero de este mismo año 2012, en trayecto entre París y Marsella, otro tren con 833 m de longitud a una velocidad de 120 km/h.

circulación y segmentadas por tipo de tráfico. Esta estimación se hace por sentido de circulación, sin embargo supone una simplificación considerable.

En cuanto a los niveles de saturación por tramos en periodos de tres horas, en el citado documento se consideran los siguientes umbrales meramente orientativos: menos del 50% sin problemas de saturación, entre el 50% y el 80% presenta problemas puntuales, más del 80% con problemas sistemáticos de saturación.

Las Bandas de Mantenimiento se presentan con trama en color canela. Las saturaciones puntuales de los tramos están en color naranja y en color rojo los problemas sistemáticos de saturación.

Tabla 6-39. Capacidad Tramo de Línea Torralba-Plana de Picamoixons (L-200. Madrid-Barcelona). Año 2007

		TORRALBA CALATAYUD				CALATAYUD RICLA				RICLA LA ALMUN. CASETAS				CASETAS ZARAGOZA D				C.I.M. BIF.TERUEL				BIF.TERUEL LA CARTUJA				MIRAFLORES TARDIENTA			
		Estación de referencia Sta. Mª Huerta				Estación de referencia Paracuellos Sav.				Estación de referencia Épila				Estación de referencia Utebo M.				Estación de referencia C.I.M. Ag Km 0				Estación de referencia Río Huerva				Estación de referencia San Juan Mozarr			
SENTIDO CIRCULACIÓN Madrid Barcelona	Tramos Horarios	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación
PAR	0-3	6	5	1	100	7	3	1	57	9	3	1	44	14	4	1	36	18	6		33	5	5		100	12	3	1	33
	3-6	5			0	3	3		100	6	4		67	14	3	2	36	14	3	1	29	5	2		40	12	4		33
	6-9	9		1	11	3		1	33	7		1	14	14	1	5	43	10	1	2	30	3	1		33	9	1	2	33
	9-12	9			0	8			0	9		2	22	8	1	8	113	18	1	3	22	7			0	5			0
	12-15	9	2	2	44	8	1	2	38	9	3		33	8		6	75	18		1	6	7	1		14	2	3	2	250
	15-18	9	1		11	8	2		25	9	1	1	22	14	3	5	57	18	3	1	22	7	3		43	9	3	2	56
	18-21	9	2		22	8	1	1	25	9			0	14	2	7	64	18	2	1	17	7	2		29	9	1	1	22
	21-24	9	3		33	7	2		29	9		1	11	14	5	3	57	18	3	1	22	7	3		43	9	8	2	111
Total		**65**	**13**	**4**	**26**	**52**	**12**	**5**	**33**	**67**	**11**	**6**	**25**	**100**	**19**	**37**	**56**	**132**	**19**	**10**	**22**	**48**	**17**		**35**	**67**	**23**	**10**	**49**
IMPAR	0-3	5			0	8	1		13	9	1		11	14	4	1	36	18	3		17	10	3		30	1		1	100
	3-6	7	2	1	43	4	1	1	50	5	1	1	40	14	3	1	29	14	3	1	29	6	2		33	1	1		100
	6-9	7			0	4	1	1	50	7	3	1	57	14	3	6	64	10	4		40	3	4		133	3	2	2	133
	9-12	7	5	1	86	7	4		57	9			0	6	2	7	150	18	1	2	17	8			0	3		1	33
	12-15	7			0	7			0	9	2	2	44	7	2	5	100	18	2	2	22	8	1		13	2	2	1	150
	15-18	7	1		14	7	2	1	43	9			0	14	2	7	64	18	2	1	17	8	2		25	3	2	2	133
	18-21	7	1	1	29	7		1	14	9	1	1	22	14		5	36	18		1	6	8	2		25	3	1	2	100
	21-24	7		1	14	8		1	13	9			0	14	2	4	43	18	2	2	22	8	2		25	3	2	1	100
Total		**54**	**9**	**4**	**24**	**52**	**9**	**5**	**27**	**66**	**8**	**5**	**20**	**97**	**18**	**36**	**56**	**132**	**17**	**9**	**20**	**59**	**16**		**27**	**19**	**10**	**10**	**105**

		TARDIENTA				MONZON RIO C.				LLEIDA P.				PLANA PICAMOIX.				REUS				PLANA PICAMOIX.			
		Estación de referencia Sariñena				Estación de referencia Almacelles				Estación de referencia Borjas Blanques				Estación de referencia Alcover				Estación de referencia Vila Seca				Estación de referencia Salomo			
SENTIDO CIRCULACIÓN Madrid Barcelona	Tramos Horarios	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación
PAR	0-3	10	3		30	9	5		56	13	8		62	8	1		13	5	1		20	11	5		45
	3-6	10	5	1	60	11	4	1	45	13	2	1	23	8	2	1	38	10	2	1	30	11	2		18
	6-9	8	1	1	25	9	2	1	33	14	4	2	43	7	4	1	71	22	4	2	27	10		1	10
	9-12	5			0	1			0	0			0	5	1	1	40	22	2	3	23	2			0
	12-15	3	3		100	5	1	1	40	3		1	33	3	1		33	22		3	14	3		1	33
	15-18	8		1	13	8	2	1	38	10	3	1	40	7	1	1	29	22	1	3	18	10		1	10
	18-21	8	3		38	8	2		25	11		1	9	7	2	1	43	22	7	3	45	10		1	10
	21-24	8	6	1	88	9	6	1	78	11	5		45	8	3		38	22	4	1	23	10	1		10
Total		**60**	**21**	**4**	**42**	**60**	**22**	**5**	**45**	**75**	**22**	**6**	**37**	**53**	**15**	**5**	**38**	**147**	**21**	**16**	**25**	**67**	**8**	**4**	**18**
IMPAR	0-3	1		1	100	2		1	50	2		1	50	2		1	50	8	6		75	3			0
	3-6	1			0				0	2			0	2			0	2	4		200	3			0
	6-9	2		1	50	2		1	50	1			0	3		1	33	21		3	14	4		1	25
	9-12	2			0	1			0	2		1	50	0			0	21	4	2	29	3			0
	12-15	0			0	3		2	67	3		1	33	3		2	67	21	5	3	38	2	1		50
	15-18	3		1	33	3		1	33	3	1	1	67	3		1	33	21	2	3	24	4		1	25
	18-21	3		1	33	3		1	33	4		2	50	3		1	33	21	2	4	29	4		2	50
	21-24	2			0	2			0	2			0	2			0	19	3	3	32	4			0
Total		**14**		**4**	**29**	**16**		**6**	**38**	**19**	**1**	**6**	**37**	**18**		**6**	**33**	**134**	**26**	**18**	**33**	**27**	**1**	**4**	**19**

Fuente: Manual de capacidades, noviembre 2007, Adif.
Elaboración propia

El número teórico de trenes que pueden circular en un periodo de una hora por dicho tramo, de acuerdo con unas condiciones de explotación y técnicas, y con determinados criterios de calidad, se denomina capacidad horaria. Por su parte, el tráfico real programado, hace referencia los datos de trenes programados en la estación significativa del tramo en un día concreto seleccionado como representativo (se considera un jueves).

Tabla 6-40. Capacidad Línea Zaragoza- Reus (L-210) y Línea Zaragoza Sagunto (L-610). Año 2007

		MIRAFLORES SAMPER				SAMPER MORA D'EBRE				MORA D'EBRE REUS			
		Estación de referencia Fuentes de Ebro				Estación de referencia Flix				Estación de referencia Marça Falset			
SENTIDO CIRCULACIÓN Zaragoza a Barcelona	Tramos Horarios	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación
PAR	0-3	1			0	0			0	1			0
	3-6				0	2			0	2		1	50
	6-9				0	4	2	1	75	6	1		17
	9-12				0	1			0	3	1	1	67
	12-15	1		1	100	2		1	50	3			0
	15-18	1		1	100	3	3	2	167	4	1		25
	18-21	2		1	50	2	3	1	200	4	3	2	125
	21-24	1			0	2		1	50	4			0
Total		**6**		**3**	**50**	**16**	**8**	**6**	**88**	**27**	**6**	**4**	**37**
IMPAR	0-3	7	4		57	10	1		10	12	4		33
	3-6	8	3		38	8	7	1	100	4	5		125
	6-9	2	4	1	250	2			0	2		1	50
	9-12				0	2		1	50	10	3	1	40
	12-15	7	2	1	43	8	4		50	10	4	1	50
	15-18	7	2		29	7	4		57	9	3	1	44
	18-21	6	3	1	67	8		2	25	9	3	1	44
	21-24	7	2		29	8	4		50	9	4	1	56
Total		**44**	**20**	**3**	**52**	**53**	**20**	**4**	**45**	**65**	**26**	**6**	**49**

		TERUEL BIF.TERUEL				CAUDIEL TERUEL				SAGUNT CAUDIEL			
		Estación de referencia Sta. Eulalia del C.				Estación de referencia Sarrión				Estación de referencia Segorbe Ciudad			
SENTIDO CIRCULACIÓN Zaragoza a Valencia	Tramos Horarios	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación
PAR	0-3	0			0	0			0	0			0
	3-6	0			0	0			0	0			0
	6-9	3		1	33	2			0	2			0
	9-12	2	1	1	100	2		1	50	3		1	33
	12-15	2			0	2			0	3			0
	15-18	2			0	2		1	50	3		1	33
	18-21	1	1	2	300	2		2	100	2		2	100
	21-24	1			0	2			0	3			0
Total		**11**	**2**	**4**	**55**	**12**	**0**	**4**	**33**	**16**		**4**	**25**
IMPAR	0-3	0			0	0			0	0			0
	3-6	0			0	0			0	0			0
	6-9	0	1		0	2	1	1	100	3			0
	9-12	1		2	200	2		1	50	2	1	3	200
	12-15	1			0	2		1	50	2		4	200
	15-18	1	1	1	200	2			0	2		3	150
	18-21	2			0	2		1	50	3		2	67
	21-24	2		1	50	2			0	2		2	100
Total		**7**	**2**	**4**	**86**	**12**	**1**	**12**	**108**	**14**	**1**	**14**	**107**

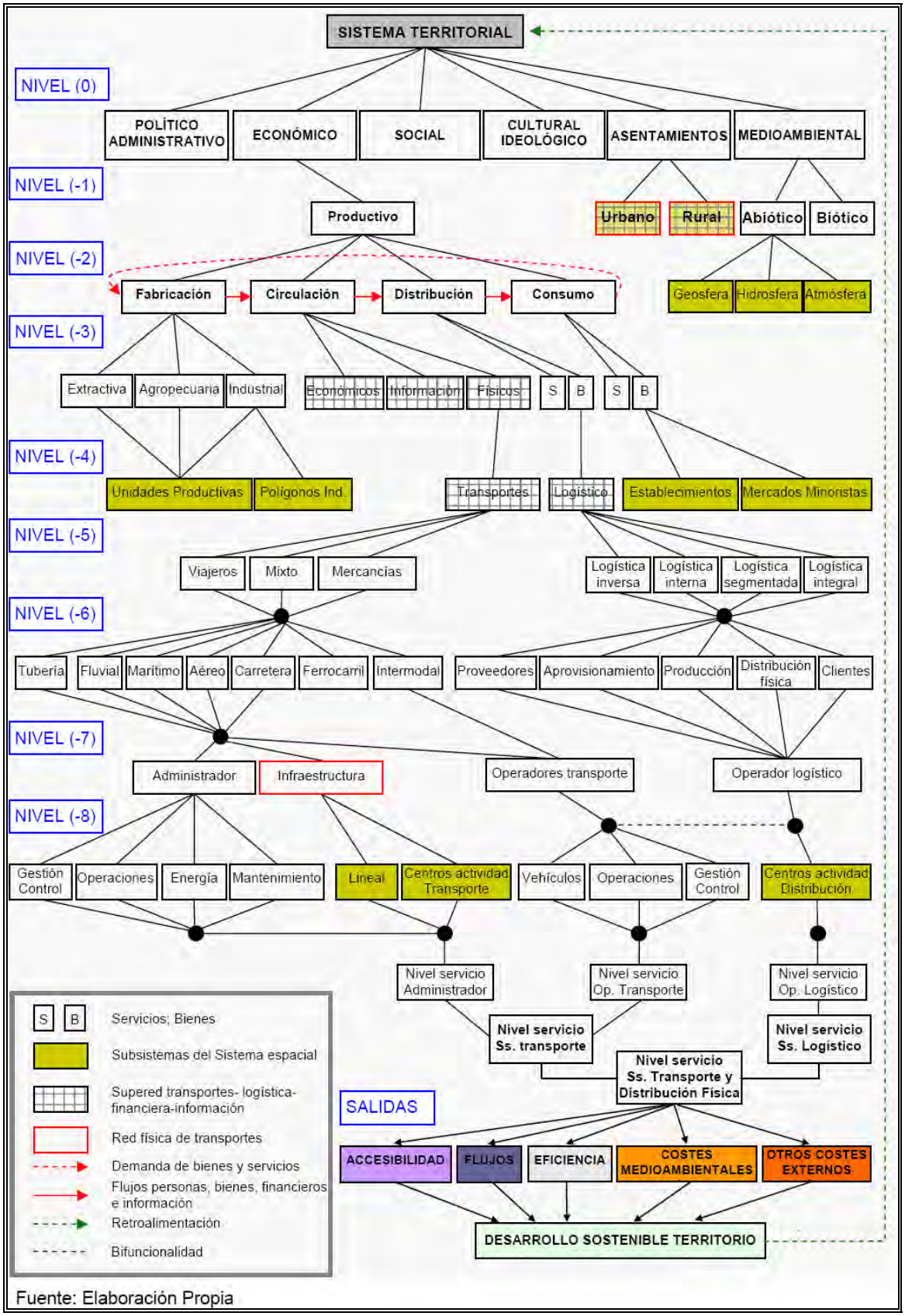
Tabla 6-41. Capacidad Línea Huesca-Jaca (L-204) y Tramo Casetas-Orduña Línea Zaragoza-Bilbao. L-700). Año 2007

		HUESCA JACA			
		Estación de referencia Sabiñánigo			
SENTIDO CIRCULACIÓN Zaragoza a Canfranc	Tramos Horarios	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación
PAR	0-3	0			0
	3-6	0			0
	6-9	1	1		100
	9-12	1		1	100
	12-15	1		1	100
	15-18	1		1	100
	18-21	1			0
	21-24	1			0
Total		**6**	**1**	**3**	**67**
IMPAR	0-3	0			0
	3-6	0			0
	6-9	1			0
	9-12	1		1	100
	12-15	1	1		100
	15-18	1		1	100
	18-21	1		1	100
	21-24	1			0
Total		**6**	**1**	**3**	**67**

		ORDUÑA MIRANDA EBRO				MIRANDA LOGROÑO				LOGROÑO CASTEJÓN E.				CASTEJÓN E. CASETAS				GRISÉN CABAÑAS EBRO			
		Estación de referencia Izarra				Estación de referencia Haro				Estación de referencia Lodosa				Estación de referencia Tudela de Navarra				Estación de referencia Cabañas Ebro			
SENTIDO CIRCULACIÓN Bilbao a Zaragoza	Tramos Horarios	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación	Cupos de surcos	Tráfico real Mercancías	Tráfico real viajeros	% saturación
PAR	0-3	4			0	5	2	1	60	6	2		33	20	4		20	17	4		24
	3-6	3			0	4	1	1	50	5	2	2	80	20	3	2	25	17	3		18
	6-9	3	1	1	67	4	1	1	50	6	1	2	50	16		5	31	17	1	3	24
	9-12	2		2	100	1		1	100	1		2	200	10	1	3	40	6	1	4	83
	12-15	1	1		100	6			0	8		1	13	9		1	11	17		2	12
	15-18	3	1	2	100	5		1	20	6			0	20	5	3	40	17	5	2	41
	18-21	3			0	4	3		75	5	1	2	60	20	2	3	25	17	2	3	29
	21-24	4		3	75	6	1		17	6	2		33	20	4	1	25	17	3	2	29
Total		**23**	**3**	**8**	**48**	**35**	**8**	**5**	**37**	**43**	**8**	**9**	**40**	**135**	**19**	**18**	**27**	**125**	**19**	**16**	**28**
IMPAR	0-3	2			0	5	1	2	60	6		2	33	21	1	1	10	17	1	1	12
	3-6	3			0	6	1		17	7	2		29	21	6		29	17	7	2	53
	6-9	6	2		33	6	2		33	6	1	1	33	8	2	1	38	17	1	1	12
	9-12	2	1	1	100	0				1		1	100	9		3	33	6	1	4	83
	12-15	1		1	100	4		1	25	4			0	17	3	2	29	17	2	3	29
	15-18	3		1	33	5	1	1	40	6	2	2	67	21	2	3	24	17	3	2	29
	18-21	3	1	3	133	6	2	1	50	7	1	2	43	21	1	4	24	17		3	18
	21-24	2	2		100	4			0	6	1	1	33	21	2	2	19	17	2	3	29
Total		**22**	**6**	**6**	**55**	**36**	**7**	**5**	**33**	**43**	**7**	**9**	**37**	**139**	**17**	**16**	**24**	**125**	**17**	**19**	**29**

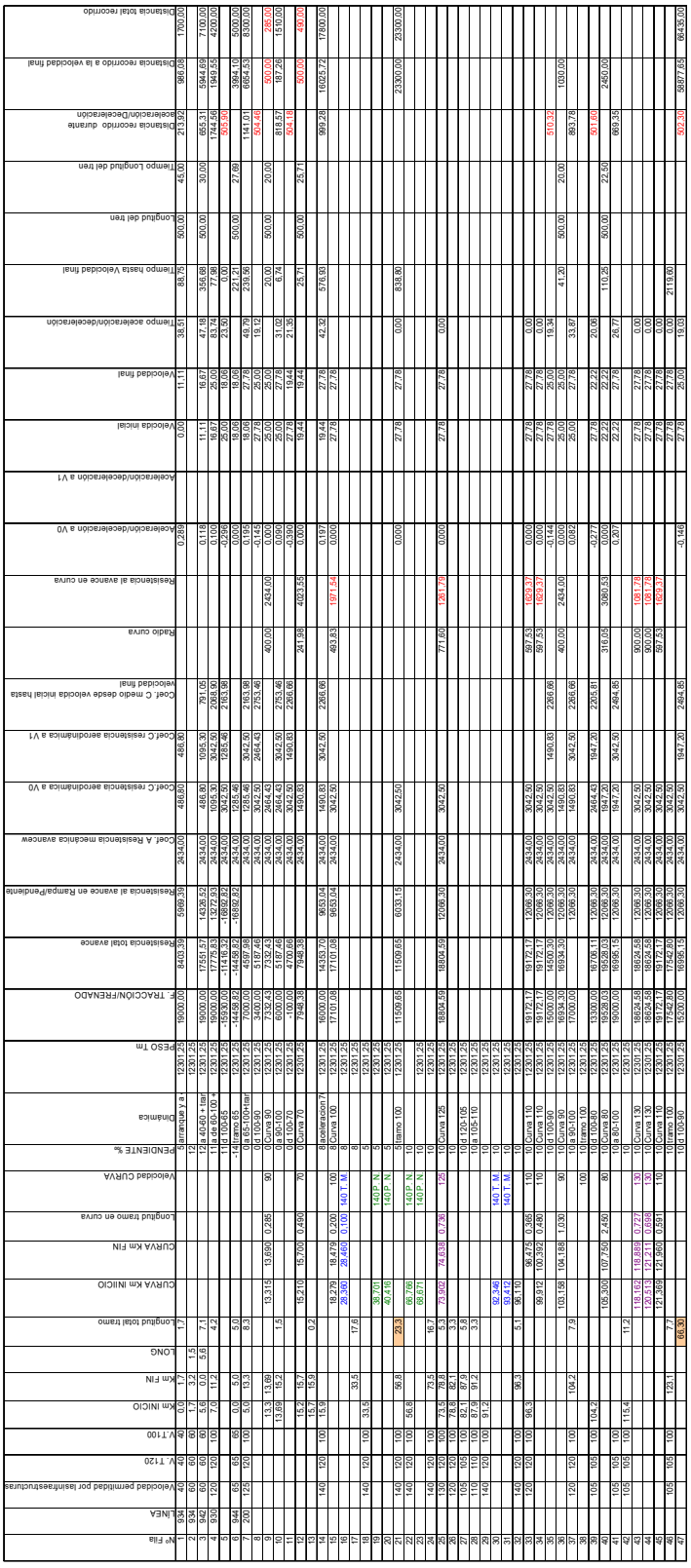
Fuente: Manual de Capacidades, noviembre 2007, Adif.
Elaboración Propia

Figura 5-5. Jerarquía de los Sistemas Territorial, de Transportes y Logístico



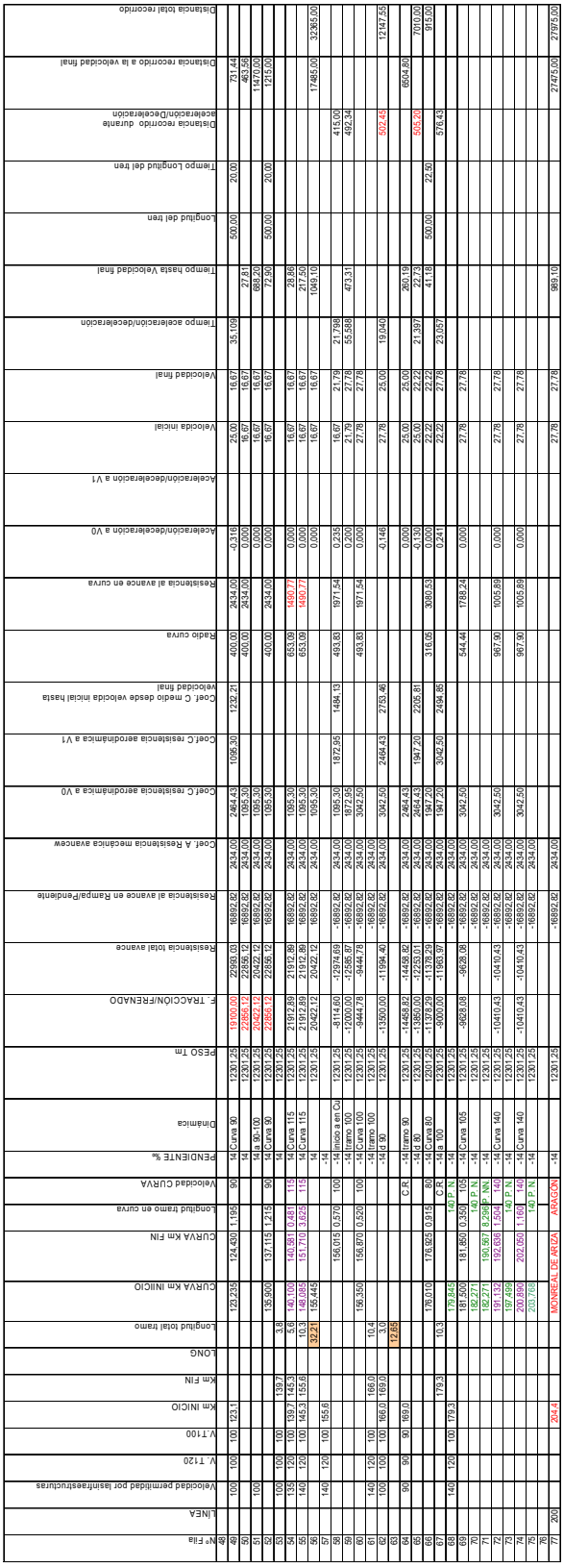
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6-42. Tiempo de transporte entre Madrid y Zaragoza de un tren Tipo 100 (Tramo Madrid-km 122. Entre Matillas y Baides)



Fuente: *Cuadro de Cargas Máximas de 1 de marzo de 2000, actualizado hasta anejo 21 de 15 de diciembre de 2010*, Dirección de Tráfico, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF. Elaboración propia

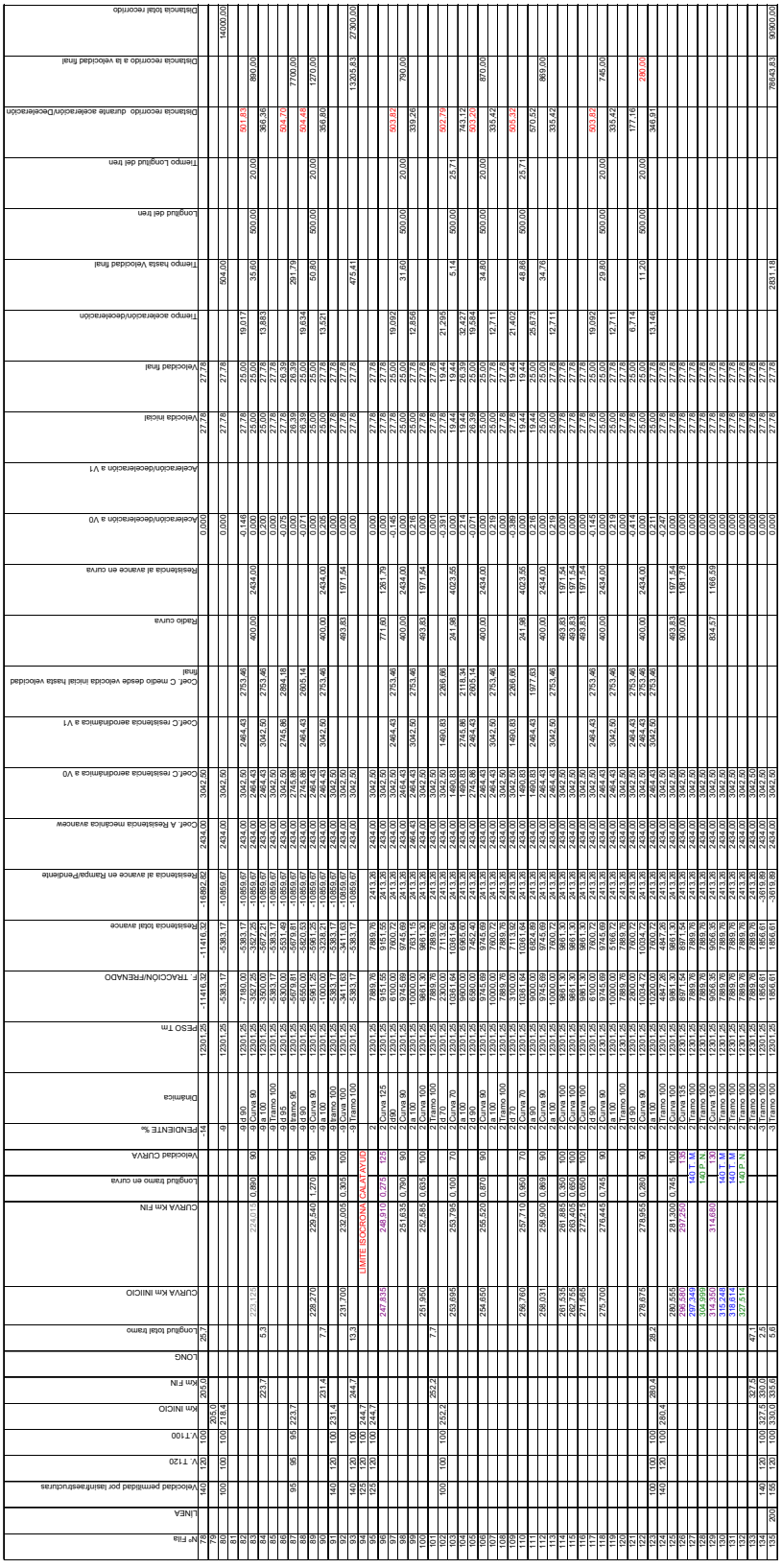
Tabla 6-43. Tiempo de transporte entre Madrid y Zaragoza de un tren Tipo 100 (Tramo Baides-Límite Aragón. km 204,4. StaMª de Huerta-Monreal de Ariza)



Nº Fila	LÍNEA	Velocidad permitida por lasinfraestructuras	V. T120	V. T100	Km INICIO	Km FIN	LONG	Longitud total tramo	CURVA Km INICIO	CURVA Km FIN	Longitud tramo en curva	Velocidad CURVA	PENDIENTE %	Dinamica	PESO Tm	F. TRACCIÓN/FRENADO	Resistencia total avance	Resistencia al avance en Rampa/Pendiente	Coef. A Resistencia mecánica avanzew	Coef.C Resistencia aerodinámica a V0	Coef.C resistencia aerodinámica a V1	Coef.C medio desde velocida inicial hasta velocidad final	Radio curva	Resistencia al avance en curva	Aceleracion/deceleracion a V0	Aceleracion/deceleracion a V1	Velocidad inicial	Velocidad final	Tiempo aceleracion/deceleracion	Tiempo hasta Velocidad final	Longitud del tren	Tiempo Longitud del tren	Distancia recorrido durante aceleracion/Deceleracion	Distancia recorrido a la velocidad final	Distancia total recorrido
46																																		
49																																		
50													-14	Curva 90	12301,25	19500,00	22906,12	-16892,82	2434,00	1085,30	1086,30	1232,21	400,00	2434,00	-0,316		25,00	16,67	35,109		500,00			731,44	
51		100											-14		12301,25	22856,12	22856,12	-16892,82	2434,00	1085,30	1085,30		400,00	2434,00	0,000		25,00	16,67		27,81				463,56	
52		100											-14	a 90-100	12301,25	20422,12	20422,12	-16892,82	2434,00	1085,30	1085,30		400,00	2434,00	0,000		25,00	16,67		688,20		20,00		11470,00	
53		100											-14	Curva 90	12301,25	22856,12	22856,12	-16892,82	2434,00	1085,30	1085,30		400,00	2434,00	0,000		25,00	16,67		72,90		20,00		1215,00	
54		100	100	100	3,8	139,7							-14		12301,25	21917,89	21917,89	-16892,82	2434,00	1085,30	1085,30		653,09	1460,77			16,67	16,67		28,88					
55		135	120	100	5,6	145,3							-14		12301,25	21917,89	21917,89	-16892,82	2434,00	1085,30	1085,30		653,09	1460,77			16,67	16,67		27,75					
56		140	120	100	10,0	155,6							-14		12301,25	20422,12	20422,12	-16892,82	2434,00	1085,30	1085,30		653,09				16,67	16,67		21,79					
57		140	120	100	32,21								-14		12301,25			-16892,82	2434,00	1085,30	1872,95	1494,13	493,83	1971,54	0,235		16,67	21,79	21,798	473,31			415,00		
58													-14	Inicio a en Cu	12301,25	-8114,60	-12974,69	-16892,82	2434,00	1085,30	1872,95		493,83		0,200		21,79	27,78	55,588				492,34		
59													-14	Tramo 100	12301,25	-12000,00	-12586,87	-16892,82	2434,00	1085,30	1872,95				0,000		27,78	27,78							
60													-14	Curva 100	12301,25	-9444,78	-9444,78	-16892,82	2434,00	1085,30	3042,50		493,83	1971,54			27,78	25,00	19,040				502,45		
61		100	100	100	166,0	169,0							-14	Tramo 100	12301,25	-13500,00	-11994,40	-16892,82	2434,00	1085,30	3042,50	2464,43			-0,146		27,78	25,00	19,040						
62		100	100	100	169,0								-14	a 90	12301,25																				
63								12,65																										
64		90	90	90								C.R.	-14	Tramo 90	12301,25	-14438,82	-16892,82	2434,00	1085,30	2464,43	1947,20	2205,81	316,05	3080,53	0,000		25,00	22,22		260,19			6604,80	7010,00	
65		90	90	90									-14	d 80	12301,25	-13850,00	-16892,82	2434,00	1085,30	2464,43	1947,20				-0,130		25,00	22,22	21,397	22,73	500,00	22,50	556,20		
66													-14	Curva 80	12301,25	-11379,29	-16892,82	2434,00	1085,30	1947,20	3042,50				0,000		22,22	27,78	23,057	41,18				915,00	
67					179,3			10,3				C.R.	-14	a 100	12301,25	-9000,00	-11968,99	-16892,82	2434,00	1085,30	3042,50	2494,95			0,241		27,78	27,78	23,057				576,43		
68		140	120	100	179,3			178,845			140,1	100	-14		12301,25																				
69								181,500			0,350	105	-14	Curva 105	12301,25	-9628,08	-9628,08	-16892,82	2434,00	1085,30	3042,50		544,44	1768,24	0,000		27,78	27,78							
70								182,271			0,771	140	P. N.		12301,25			-16892,82	2434,00																
71								182,271					-14					-16892,82	2434,00																
72								190,967	8,696	NN			-14					-16892,82	2434,00																
73								191,132	192,638	1,504	140	P. N.	-14	Curva 140	12301,25	-10410,43	-10410,43	-16892,82	2434,00	1085,30	3042,50		967,90	1005,88	0,000		27,78	27,78							
74								197,498					-14		12301,25			-16892,82	2434,00																
75								200,896	202,060	1,164	140	P. N.	-14	Curva 140	12301,25	-10410,43	-10410,43	-16892,82	2434,00	1085,30	3042,50		967,90	1005,88	0,000		27,78	27,78							
76								203,760			1,700	140	P. N.		12301,25			-16892,82	2434,00																
77		200			204,4				MONREAL DE ARIZA			ARAGÓN	-14		12301,25			-16892,82	2434,00									27,78	27,78		988,10				27475,00	27975,00

Fuente: *Cuadro de Cargas Máximas de 1 de marzo de 2000, actualizado hasta anejo 21 de 15 de diciembre de 2010*, Dirección de Tráfico, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.Elaboración propia

Tabla 6-44. Tiempo de transporte entre Madrid y Zaragoza de un tren Tipo 100 (Tramo Límite Aragón. Monreal de Ariza-CIM de Zaragoza)



Fuente: *Cuadro de Cargas Máximas de 1 de marzo de 2000, actualizado hasta anejo 21 de 15 de diciembre de 2010*, Dirección de Tráfico, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF. Elaboración propia

Hemos calculado los tiempos tomando como referencia un tren de mercancías tipo con una velocidad de 120 km/h (T.120), una locomotora de la serie 253, con la carga máxima 1.130 t y una longitud del ten de 500 m, incluida la locomotora, si bien en la línea se admiten 575 m. Con respecto a la distancia de frenado se ha aplicado la distancia mínima -500 m- que determina la norma N. T. C. 020.95, Norma Técnica de Circulación (1995), si bien, conversaciones con distintos maquinistas sugieren entre 800 m y 1000 m. Estos mismos cálculos -no mostramos las tablas- se realizaron para un tren con las mismas características e itinerario pero a 100 km/h (T.100).

La columna 1 corresponde al nº de orden del tramo (sin significación). La columna 2 es el nº de línea. En las columnas de la 3 a la 15 se figuran las condiciones del trazado. Velocidad permitida por las infraestructuras, tramos en recta, en curva y rampas/pendientes. La columna 14 muestra las condiciones de velocidad que impone el trazado. De la 16 a la 35 hemos realizado los cálculos y en la 36 se obtiene el resultado (ver tablas 6-42, 6-43 y 6-44).

Para esta aproximación hemos combinado una simplificación de la ecuación de movimiento del tren, que muestra García Álvarez (2010, p.72), con sencillas fórmulas de cinemática y dinámica del movimiento. Los datos del trazado corresponden a las líneas de Adif L-934, L-942. L-930, L-944 y L-200 del Cuadro de velocidades Máximas (2002) y al Cuadro de Cargas Máximas (2010). Los datos de la locomotora al manual de características técnicas de la locomotora de la serie 253.

En las columnas 10 a 13 el color azul corresponde a los tramos metálicos que no afectan a la velocidad del tren. El color verde a los pasos a nivel que tampoco afectan a la velocidad del tren y en color lila las curvas que no afectan a la velocidad del tren. Las tramas canela con totales del tramo considerado con idénticas características. En la columna 15 se figura la dinámica del tramo, reducción de velocidad o aumento de la misma.

Los resultados ofrecen unos tiempos de marcha que no difieren sustancialmente de los tiempos reales. Se compara con los tiempos de marcha de un tren real, con el mismo itinerario –Madrid Abroñigal-ZaragozaCIM— y con características muy similares. Locomotora serie 253, T.100, 950 t de carga y 550 m de longitud.

El tren real tiene un tiempo de marcha de 280 minutos, el tren tipo a 100 km/h (T.100) que hemos utilizado 277 minutos y el tren tipo a 120 K/h 234 minutos. Con estos tiempos de marcha la diferencia entre el tren T.100 y el tren T.120 es de 43 minutos. No hemos calculado los tiempos para la relación completa Madrid Abroñigal-Barcelona Morrot pero para comprobar el ajuste de los cálculos puede resultar suficiente.

Los 43 minutos de ahorro en el tiempo de transporte no parece que indique la necesidad de incrementar la velocidad a 120 km/h, en nuestra opinión, no justifica el incremento del coste de energía aún con freno regenerativo, el aumento de la frecuencia del mantenimiento del material y de la espera, en el caso del puerto, del tiempo de atraque del buque que deberá hacerlo hasta completar su carga con otras expediciones. Además, hace pocos años que se redujo la velocidad de los trenes de contenedores de 120 km/h a 100 km/h por varios incidentes de desanclaje de los pivotes de los contenedores durante la marcha del tren.

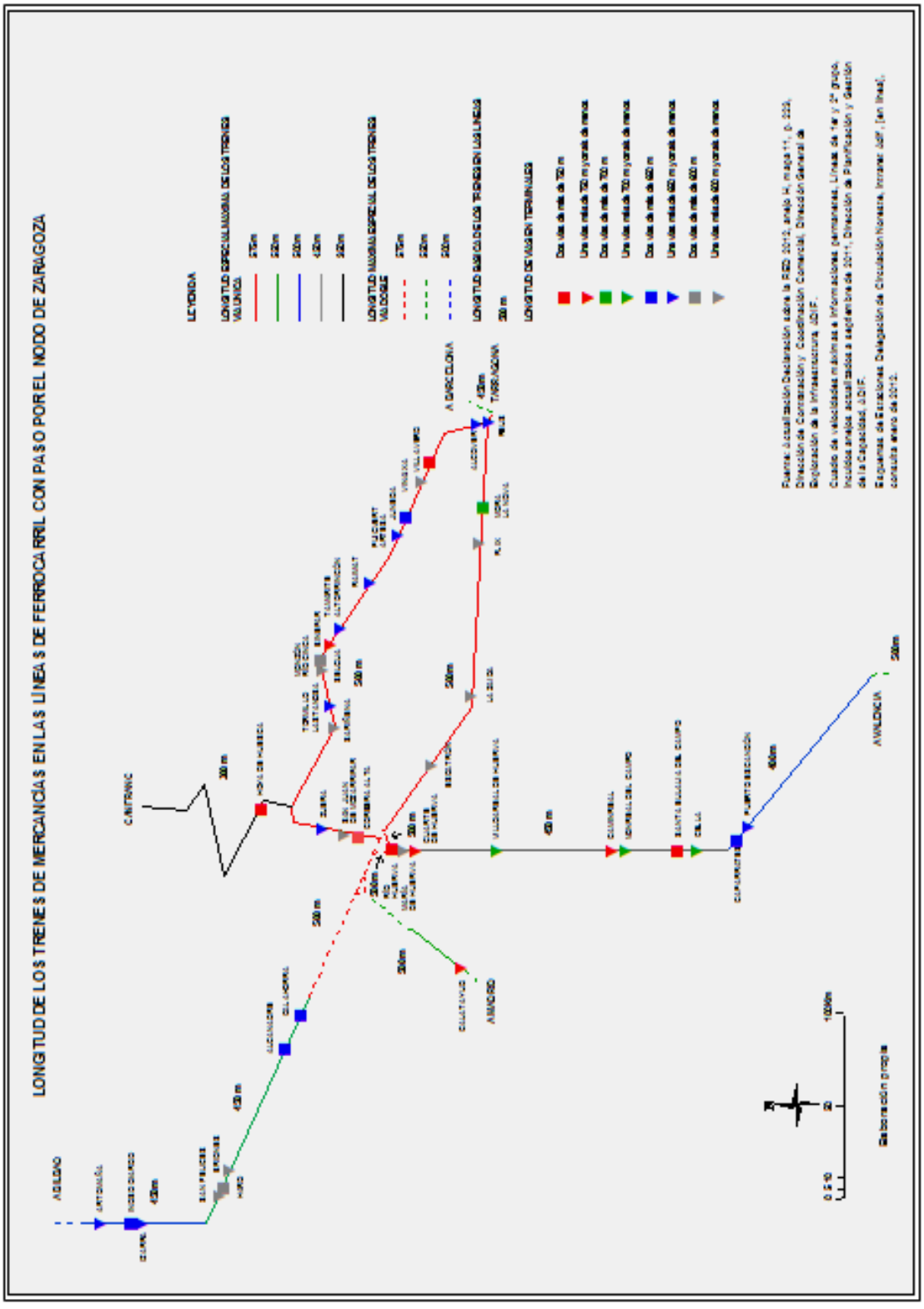
- **Terminales y Estaciones—N(-9)/1— / Subsistema Estructura de Vía –N (-10)—**

Los nuevos requerimientos de longitud en los trenes de mercancías para que resulten económica y medioambientalmente más competitivos y sostenibles, tiene repercusiones, además de en las líneas ferroviarias, en la longitud de las vías de derivaciones, vías de adelantamiento, estaciones y terminales.

En efecto, si bien existen demandas de otros estándares de longitud que alcanzan los 1.500 m, indicaremos que en España, una de las medidas del Plan Estratégico para el Impulso del Transporte Ferroviario de Mercancías, de septiembre de 2010, es la del

fomento del incremento de la longitud de las vías en derivaciones, etc., hasta los 750 m, para permitir la circulación de trenes con esa longitud.Dicho lo anterior, hay que realiza algunas precisiones sobre los subsistemas que incluye el subsistema que estamos estudiando (ver mapa 6-24).

Mapa 6-24. Longitud máxima de los trenes en las líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza



▪Infraestructura –N (-11/1)—/Trazado N (-12/1)

∗ Perfil en Planta N (-13)/1 –, en general, el diseño de las vías en las estaciones y terminales ha de ser en línea recta. Si existen vías con tramos en curva se dificultarán las operaciones, tanto más, cuanto menor sea el radio de los mismos.

Se trata de evitar pérdidas de visibilidad por parte del personal de operaciones, tanto de los que realizan funciones de acoplamiento y desacoplamiento de los vagones, pruebas de freno, movimiento de cortes de material, etc, como del maquinista a bordo de las locomotoras de maniobras. Asimismo, por parte de los maquinistas de las locomotoras que remolcan el tren. Además, un perfil de vía en curva dificultará también el acoplamiento y desacoplamiento de de los vagones por la imposibilidad de elongación del tensor de la brida, en el primer caso, o exceso de tensión en el tensor de la brida que puede provocar la imposibilidad de giro de la palanca de dicho tensor, en el segundo caso.

En las cabeceras de los haces de vías puede ocurrir que al agruparse las vías, en la vía de salida/entrada a dicho haz, exista un radio de curvatura, que sin rebasar el piquete, dificulte las operaciones de acoplamiento y desacoplamiento de las locomotoras y vagones. Por ello la longitud de las vías no debe apurarse con la formación de trenes al límite de la longitud de la vía, obviamente dentro de los valores de ese parámetro para las líneas por donde haya de circular.

∗ Perfil Longitudinal (en alzado) N (-13)/2, en las estaciones y terminales las rampas y pendientes no afectan a los tiempos de transporte excesivamente, como puede ocurrir en la línea porque los tramos son muy cortos, aun así pueden influir en el esfuerzo de arranque que realizan las locomotoras. Sin embargo, otro elemento que se ve afectado por el perfil longitudinal es el de los frenos de estacionamiento en los vagones estacionados en las terminales cuando la declividad[433] de la vía, o parte de la misma, es mayor de 3‰. También la necesidad de realizar las maniobras con el freno automático acoplado en todo el grupo de vagones que forman la composición de las maniobras, lo que implica mayores tiempos muertos para la realización de las operaciones. En la isocrona que se está considerando podemos encontrar distintas estaciones o terminales con una declividad igual o superior a 3‰.

Se muestra el sentido de circulación de los trenes según el orden de las estaciones que aparecen reflejadas para cada línea en la tabla, porque ello nos orienta sobre en cual de los dos extremos se encuentra ese umbral del parámetro que se está considerando.

Asimismo, indicaremos que en la línea de Bilbao, dentro de nuestra área de estudio, no existe ninguna estación o terminal de mercancías con una pendiente de 3 o más milésimas. Se han figurado todas las estaciones y terminales de mercancías de Aragón, pero nuestro interés se centra en las que realmente realizan operaciones con las mercancías dentro de la isocrona de 60’ en camión.

Por su longitud[434] y volumen de operaciones hay que destacar Zaragoza Plaza, que además, no tiene un perfil longitudinal homogéneo. Presenta ondulaciones, es decir, la explanación sobre la que se asienta la plataforma de vía no tiene la misma cota en todos sus puntos, ni longitudinal ni transversalmente. Como resultado, una misma vía tiene unas partes en rampa[435] y otras en pendiente o, lo que es lo mismo, cambios de rasante, y algunos de los haces de vías están asentados en cotas distintas.

---

[433] La proporción de vehículos que deben llevar apretados el freno de reserva está en función de la declividad: 3-5‰, uno de cada veinte; 6-16‰, uno de cada ocho; 17-25‰, uno de cada cinco; 26-30‰, uno de cada cuatro.

[434] Entre señales —entrada lado Zaragoza y toperas lado Madrid— el centro logístico tiene 3.784 m aproximadamente.

[435] Hemos utilizado los términos rampa y pendiente para expresar las diferencias en el desnivel del terreno, es decir la declividad, si bien hacen referencia a una pendiente positiva y a una

Así, por ejemplo, vista la terminal en planta, en dirección longitudinal SE-NO y transversal SO-NE, encontramos rampas y pendientes distribuidas en las vías de una manera un tanto dispar. Algunas de dichas vías, además están situadas en cotas diferentes tanto longitudinal como transversalmente.

Existe una sola vía llana en toda su longitud (pendiente 0,00 ‰), muy corta y en topera utilizada para el estacionamiento de locomotoras, en el centro longitudinal de la Terminal y casi en su extremo SO; un grupo de vías con rampas muy elevadas (pendiente +10,90 ‰), en los haces SO y central de la zona de clasificación (ordenación) y formación de trenes, que se encuentra en área NO de la Terminal.

La vía con la rampa máxima (pendiente +15,36 ‰), se sitúa en el centro del haz de vías de la zona de la playa de carga y descarga de unidades de carga de transporte intermodal situada en el área SO de la Terminal. Sin embargo, en la entrada a este mismo haz de vías desde el lado Zaragoza (SE), encontramos el área con mayor rampa (pendiente +16,3 ‰).

Tabla 6-45. Estaciones y terminales con pendiente ≥ a 3 ‰ en el tramo aragonés de las líneas de ferrocarril con paso por el nodo de Zaragoza

ESTACIONES CON PENDIENTE ≥ 3 ‰ EN EL TRAMO ARAGONÉS DE LAS LÍNEAS									
P	MADRID ▼	I	P	RONDA SUR	I	P	BARCELONA ▼	I
X	CALATAYUD	X	X	ZARAGOZA PLAZA(1)	X	X	MIRAFLORES(2)	X
X	EMBID DE LA RIBERA	X				X	SAN JUAN MOZARRIFAR	
X	PARACUELLOS-SAVIÑÁN	X				X	ALMUDEVAR	X
X	RICLA-LA ALMUNIA	X					GRAÑÉN	X
X	ÉPILA	X				X	MARCÉN-POLIÑINO	X
X	GRISÉN/G.M.	X					SARIÑENA	X
X	CASETAS					X	TORMILLO-LASTANOSA	X
						X	MONZÓN RÍO CINCA	X
						X	BINEFAR	X
				(1) Conecta en la Ronda Sur			(2) Línea no habitual para las mercancías	
P	VALENCIA ▲	I	P	TARRAGONA ▼	I	P	CANFRANC ▼	I
X	CUARTE DE HUERVA	X	X	LA CARTUJA	X		PLASENCIA DEL MONTE	X
	MARÍA DE HUERVA	X	X	FUENTES DE EBRO		X	HUESCA (3)	
X	ARAÑALES DE MUEL	X	X	LA ZAIDA	X	X	AYERBE	X
	CARIÑENA	X	X	SAMPER DE CALANDA	X	X	SABIÑÁNIGO	X
	FERRERUELA	X	X	CHIPRANA	X	X	JACA	
X	CELLA			CASPE	X	X	CANFRANC	
X	CAPARRATES	X	X	FABARA	X			
X	LA PUEBLA DE VALVERDE		X	NONASPE	X			
	SARRIÓN	X						
	MORA DE RUBIELOS	X						
							(3) No circulan trenes de mercancías	
P: sentido Par / **I**:sentido impar								
Sentido de circulación según orden de estaciones en la tabla: ▼ par / ▲ impar								

Fuente: *Consigna Serie B nº 2*, 1 febrero 2012, Direcciones de Operaciones Noreste, Este y Norte, Dirección de Operaciones e Ingeniería de Red Convencional, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, Adif. Elaboración propia

pendiente negativa, respectivamente. Obviamente se invierte el signo de la pendiente si se circula por la misma vía en un sentido o en el otro.

Incluimos todas las estaciones por si en un futuro recuperan algún tipo de actividad relacionada con las mercancías. Actualmente, de las estaciones figuradas en la tabla (ver tabla 6-45), que se encuentran en el radio de la isocrona, sólo tienen actividad mercante las de Grisén y el derivación particular de Opel España Automóviles S.A. (General Motors Automóviles España), Zaragoza Plaza, Cuarte y María de Huerva.

Fuera de la isocrona, pero en territorio aragonés, actualmente encontramos actividad mercante en las estaciones de Selgua, Monzón Río Cinca, Mora de Rubielos, Samper de Calanda y Canfranc. No obstante lo anterior la longitud con declividad superior a 3‰ en todas las vías es inferior al 18% y se encuentra señalizada en cada vía para las operaciones de estacionamiento del material.

En cuanto a las cotas, vista la terminal en planta, en dirección longitudinal SE-NO y transversal SO-NE, encontramos en la entrada —lado Zaragoza— al SO, la cota 200.000 m (cambio nº 11); en el haz central de vías, de la cota 205.281 m a la 205.525 m, y en el lado Madrid, en los extremos NO y NE de la terminal, la cota 201.385 m, que en la vía mango baja hasta la cota 199.643 m.

Sobre los subsistemas, trazado N (-12)/1 – / perfil transversal N (-13)/3 – y obras de fábrica –N (-12/2)–, solo indicaremos que ambos subsistemas no tienen excesiva incidencia, en general, y en nuestra opinión, sobre la circulación de los trenes ni sobre la operativa de las terminales, por lo que no se añadirá nada más.

- **Superestructura—N(-11)/2—/vía —N(-12)/3—,** los subsistemas que integran este subsistemas pueden presentar una mayor heterogeneidad en el conjunto de las terminales y algunas diferencias con respecto al subsistema superestructura de línea. Tampoco se conoce el estado en el que se encuentra ni el mantenimiento que se efectúa, si bien, es mínimo al no estar asignadas las terminales de mercancías a la Dirección de Red Convencional sino a la Dirección de Servicios Logísticos.

Sin embargo, los elementos o subsistemas que los conforman tampoco afectan, en nuestra opinión, a la eficiencia en la producción de trenes por lo que no se abundará en la mayoría de ellos; aunque hay que tener presente en el conjunto que los pasillos de entrevías han de estar explanados y sin obstáculos para permitir a los trabajadores la realización de las operaciones con eficiencia y sin riesgos. Sí que afectan, y de forma importante las salidas del subsistema de estaciones y terminales, en el que están incluidas las derivaciones y las vías de adelantamiento, en lo que se refiere a la longitud y el número de las vías bien para cruces y adelantamiento bien para la formación de trenes.

Con respecto a los cruces y adelantamientos ya se ha dicho con anterioridad que están, en función de la longitud de las vías en estaciones con esta función, entre otros parámetros. En la tabla (ver tabla 6-46) se han incorporado las estaciones y terminales con el número de vías y la longitud de las mismas, para poder comprobar la longitud de los trenes que podrían ser apartados y cruzar o ser adelantados por otro u otros trenes.

Como umbral se ha tomado una longitud mínima de 500 m, si bien se figura la longitud de la vía o vías desviadas aunque fuese menor, puesto que, en el caso de cruces o adelantamientos con trenes más cortos sería posible realizar dicha operación. Para discriminar la longitud de las vías en las estaciones y terminales se ha adoptado un código numérico con una amplitud del rango que va desde mayor o igual a 750 m –estándar europeo que pretende adoptarse—, hasta menor de 500 m, por lo que no se han incluido todas las estaciones con vias de menos de 500 m.

Hemos realizado tramos de 50 en 50 m con el objeto de poder visualizar mejor las longitudes de trenes posibles que pueden acoger dichas estaciones o terminales siguiendo el mismo criterio utilizado en las longitudes básicas y especiales vistas con anterioridad. Se han resaltado las terminales con tres vías (verde claro) y dos vías (amarillo claro) que alcanzan el umbral de 600 porque en nuestro territorio la longitud especial máxima admitida a los trenes es de 575m.

Además, algunas terminales que no alcanzan el umbral de 500 m en ninguna de sus vías, como por ejemplo, ocurre en la línea de Canfranc. Se pretende poder visualizar con claridad que estaciones o terminales pueden realizar los cruces y adelantamientos de los trenes más largos.

Tabla 6-46. Longitud de vías para cruces y adelantamientos en tramos de vía única en las líneas del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza

TRAMOS DE VÍA ÚNICA: LONGITUD DE VÍAS EN ESTACIONES Y TERMINALES PARA CRUCES Y ADELANTAMIENTOS EN LAS LÍNEAS DEL CUADRANTE NORESTE CON PASO POR EL NODO DE ZARAGOZA

LÍNEA	D Km	T min	CÓDIGO LONGITUD	ESTACIÓN / TERMINAL	VÍA GENERAL	DESVIADA 1	DESVIADA 2
ZARAGOZA MADRID			2	**CALATAYUD**	824	720	
	13,10	13,00	12	PARACUELLOS-SAVIÑÁN	425	535	480
	5,80	5,33	9	MORÉS	553	508	583
	8,70	7,30	11	MORATA	453	532	515 *
	8,10	6,00	9	**RICLA-LA ALMUNIA**	595	551	480
RONDA SUR (•)			4	**C.I.M. ZARAGOZA**	595	725	675 (1)
	17,00	18,66	1	RÍO HUERVA	754	754	
	7,70	5,66	9	LA CARTUJA	553	573	460
ZARAGOZA BARCELONA (•)	12,60	11,66	1	CORBERA ALTA	1100	775	745*
	3,00	3,00	8	SAN JUAN DE MOZARRIFAR	552	631	467*
	14,20	14,33	6	ZUERA	687	586	586*
	18,10	12,33	12	ALMUDEVAR	522	390	390
	9,10	6,00	12	TARDIENTA	525	217	
	16,10	10,00	9	GRAÑÉN	489	575	562
	8,80	6,00	10	MARCÉN-POLIÑINO	573	546	
	12,20	8,00	8	SARIÑENA	473	620	445
	13,00	10,30	6	TORMILLO-LASTANOSA	653	566	525
	18,90	13,00	8	SELGUA	526	630	565
	4,70	4,00	7	MONZÓN RÍO CINCA	601	647	440*
	10,80	10,00	2	BINEFAR	736	840	678
	10,70	8,00	6	TAMARITE-ALTORRINCÓN	652	570	
	10,30	9,00	10	ALMACELLES	567	493	493
	5,90	6,00	6	RAIMAT	697	604	604
	18,40	16,00	11	LLEIDA PIRINEUS		518	448
	11,70	9,00	6	PUIGVERD DE LLEIDA-ARTESA	581	547	650
	7,90	9,00	5	JUNEDA	667	659	
	13,40	14,30	10	CANAL D'URGELL	554	518	
	7,50	9,30	8	VINAIXA	540	609	595
	6,70	8,30	10	RIU MILANS	576	539	
	12,40	9,00	10	MONTBLANC	410	565	530
	4,60	4,00	1	VILLAVERD	784	790	
	9,90	10,33	6	ALCOVER	592	658	630
	15,40	15,00	6	**REUS**	560	685	600
ZARAGOZA BILBAO			13	**ORDUÑA** (2)	493	476	446
	7,20	8,00	6	ARTOMAÑA	661	438	438
	7,20	6,33	11	LEZAMA	515	515	
	9,10	9,00	5	INOSO-OIARDO	654	654	
	5,50	5,33	6	IZARRA	693	597	456
	12,00	14,00	9	ZUHATZU	578	578	
	7,50	6,00	13	POBES	465	462	
	14,40	10,66	1	MIRANDA DE EBRO (3)		760	739
	12,90	13,00	8	SANFELICES	609	591	
	4,30	4,33	7	HARO	646	643	646
	9,70	8,33	8	BRIONES	605	314	
	4,80	6,00	9	SAN ASENSIO	590	582	
	26,60	17,66	13	FUENMAYOR	486	486	472
	15,40	10,00	9	LOGROÑO	590	560	590
	8,60	6,00	10	RECAJO	575	497	470
	7,40	7,00	10	ARRUBAL	577	511	369
	11,20	9,66	5	ALCANADRE	657	683	
	3,00	3,00	13	FÉCULAS DE NAVARRA	456	493	455
	4,20	3,00	12	LODOSA	502	370	
	13,00	8,33	5	CALAHORRA	650	688	
	12,90	8,00	13	RINCÓN DE SOTO	454	418	
	14,90	17,30	2	**CASTEJÓN DE EBRO** (4)		804	557
ZARAGOZA VALENCIA				BIFURCACIÓN TERUEL (5)			
	3,50	4,66	2	CUARTE DE HUERVA	816	566	
	7,20	6,33	8	MARÍA DE HUERVA	631	348	
	32,20	30,33	10	CARIÑENA	566	486	
	10,70	15,00	13	ENCINACORBA	497	497	
	14,40	16,00	4	VILLARREAL DE HUERVA	711	360	
	16,20	15,00	13	FERRERUELA	448	404	
	28,60	24,33	2	CAMINREAL	797	724	724
	8,00	8,00	4	MONREAL DEL CAMPO	437	741	
	15,20	23,70	1	SANTA EULALIA DEL CAMPO	928	814	
	10,00	14,60	4	CELLA	711	645	
	17,60	15,00	10	TERUEL	589	492	
	8,60	14,00	5	CAPARRATES	686	686	
	9,80	21,00	6	PUERTO ESCANDÓN	665	616	
	8,60	7,00	11	PUEBLA DE VALVERDE	542	542	
	13,50	11,00	10	SARRIÓN	464	558	482
	6,20	5,33	13	MORA DE RUBIELOS	373	430	
	16,10	12,33	12	BARRACAS	548	427	
	14,00	15,66	10	MASADAS BLANCAS	558	519	
	16,00	14,00	13	JERICA	490	411	
	27,30	21,66	9	ALGAR	590	590	
	8,80	8,66	12	ESTIVELLA	406	518	
	8,90	7,66	1	**SAGUNTO** (6)		790	661
ZARAGOZA TARRAGONA			9	LA CARTUJA (7)	553	573	460
	9,30	14,00	9	FUENTES DE EBRO	555	569	492
	15,40	9,66	12	QUINTO	382	500	382
	12,40	8,33	8	LA ZAIDA	545	585	600
	15,80	11,66	10	LA PUEBLA DE HÍJAR	510	525	590
	17,80	13,66	8	ESCATRÓN	508	508	601
	12,30	8,33	9	CHIPRANA	560	560	
	10,30	7,00	10	CASPE	463	573	395
	11,40	8,33	10	VALDE PILAS	486	596	486
	15,50	13,33	9	NONASPE	529	591	585
	10,30	9,33	12	FAIO-LA POBLA DE MASSALUCA	530	440	440
	14,00	8,66	9	RIBAROJA D'EBRE	573	573	
	7,40	7,33	8	FLIX	511	643	
	6,90	7,33	11	ASCO	508	520	536
	12,80	9,33	3	MORA LA NOVA	746	705	655
	20,00	19,00	12	MARÇA FALSET	492	523	437
	15,50	12,33	11	RUIDECANYES-BOTARELL	474	513	518
	12,70	13,66	6	**REUS**	560	685	600
TARDIENTA CANFRANC			12	TARDIENTA	525	217	
	19,20	25,00	1	HOYA DE HUESCA	942	942	
	12,10	27,00	13	PLASENCIA DEL MONTE	332	332	
	14,40	28,00	13	AYERBE	350	350	350
	59,30	82,00	13	SABIÑÁNIGO	370	434	
	15,90	21,00	13	JACA	385	385	321
	24,70	43,00		**CANFRANC**			

CÓDIGOS NUMÉRICOS (nº mínimo de vías)

1	Dos vías ≥ 750 m	7	Dos vía ≥ 600 m
2	Una vía ≥ 750 m y otra < 750 m	8	Una vía ≥ 600 m y otra < 600 m
3	Dos vías ≥ 700 m	9	Dos vías ≥ 550 m
4	Una vía ≥ 700 m y otra < 700 m	10	Una vía ≥ 550 m y otra < 550 m
5	Dos vías ≥ 650 m	11	Dos vías ≥ 500 m
6	Una vía ≥ 650 m y otra < 650 m	12	Una vía ≥ 500 m y otra < 500 m
		13	Dos vías < 500 m

Negrita: estación de transición a vía única
Negrita y subrayado: estación término de línea.
Azul: estación de empalme de línea

	Tres vías con más de 600 m (Vía General o desviadas)
	Dos vías con más de 600 m (Vía General o desviadas)
	Vías con menos de 500 m (general y desviadas)

(1) Hay una tercera desviada de 675 m
(2) Amurrio tiene dos generales y una desviada 360 m, Llodio 2 generales y una desviada 329 m, Ugao-Miravalles 2 generales y una desviada 320 m.
(3) Estación de empalme a la línea Madrid-Hendaya
(4) Estación de empalme a la línea Castejón de Ebro-Alsasu (que empalma con la línea Madrid-Hendaya)
(5) No pueden cruzarse trenes: en Cuarte de Huerva. Desde Bifurcación Plaza a Bifurcación Teruel 3 m (3 Km), desde Zaragoza C.I.M. a Bifurcación teruel 13,66 m (12 Km)
(6) La entrada no es directa a la línea de Zaragoza, tanto desdeTarragona como desde Valencia, si hay que apartarlo: habría que retroceder el tren.
(7) Los trenes procedentes de tarragona vía Mora d'Ebre no pasan por La cartuja entran en la Ronda Sur por una bifurcación en plena vía; la siguiente estación es la vía de adelantameinto de Río Huerva: desde Fuentes de Ebro18,33 m (15,3 Km); No hay acceso en este sentido a la Vía de Valencia.
(*) Ocasionalmente pueden usarse para los cruces si no son necesarias para estacionar trenes. Sirven derivaciones particulares
(•) Zaragoza Plaza en la Ronda Sur y Zaragoza Arrabal en la línea de Barcelona eson "culo de saco", por lo que si no pueden expedir trenes a los tramos de vía única pueden esperar a que lo autoricen. Tienen vías suficientes. Zaragoza Plaza a Bif Plaza 8 m (4,5 Km); Zaragoza Arrabal a Corbera alta 3 m (2,09 Km entre entrada Zaragoza Arrabal a Entrada a Zaragoza Corbera, lado Arrabal)

Fuente: *Cuadro de Velocidades Máximas e Informaciones Permanentes de 30 de abril de 2002. Líneas del 2º, actualizado hasta anejo 58 de 29 de septiembre de 2011, y líneas del 3er Grupo, actualizado hasta anejo 49 de 22 de septiembre de 2011*, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.
Hoja de Ruta de varios trenes, Mallas, Dirección de Circulación, Dirección General de Desarrollo de la Infraestructura, ADIF, https://intranet.adif.es, [en línea], [consulta: 15 de abril de 2012].
Esquemas de Estaciones, Producción, Jefaturas de Regulación Noreste, Norte y Este, Gerencias de Operaciones Noreste, Norte y Este, Dirección de Circulación, Dirección General de Desarrollo de la Infraestructura, ADIF, https://intranet.adif.es, [en línea], [consulta: 15 de abril de 2012]. Elaboración propia.

Se ha incluido también la distancia espacial en kilómetros y la distancia temporal en minutos entre dichas estaciones o terminales con el objeto comprobar el tiempo mínimo de estacionamiento, es decir, de pérdida de tiempo marcha a la que estaría

sujeto el tren 1 apartado en el caso de que el tren 2 con paso directo estuviese en la estación anterior. Obviamente, si no fuese así y el tren 2 estuviese más alejado el tiempo de espera del tren 1 sería mayor.

Igualmente, pueden calcularse sin dificultad las mencionadas pérdidas de tiempo o tiempos de marcha entre estaciones en tramos más largos con estaciones o terminales que no poseen vías de longitud suficiente, para acoger el cruce o el adelantamiento de trenes con determinada longitud. De esta forma, también será posible encontrar la estación o terminal más adecuada para el cruce o el adelantamiento, según la longitud del tren en cuestión, o la ubicación adecuada de la estación o tramo de vía, sujeta también a otros condicionantes, para realizar acciones de mejora, como pueden ser, alargar las vías ya existentes o implantar vías de adelantamiento.

Con respecto a lo indicado en el párrafo anterior, consideramos que una distancia temporal de 15 minutos entre estaciones podía considerarse razonable puesto que las estadísticas de regularidad de los trenes contemplan este umbral.

Tabla 6-47. Nº de estaciones y/o terminales por longitud de vías de cruce/adelantamiento en las líneas del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza

VÍAS DE CRUCE Y ADELANTAMIENTO EN LAS TERMINALES DE LAS LÍNEAS DEL CUADRANTE NORESTE CON PASO POR EL NODO DE ZARAGOZA																	
CÓDIGO	LONGITUD VÍAS	Nº DE ESTACIONES Y/O TERMINALES POR LÍNEAS															
		MADRID		RONDA SUR		BARCELONA		BILBAO		VALENCIA		TARRAGONA		CANFRANC (*)		TOTAL	
		nº	% línea	nº	% línea	nº	% línea	nº	% línea	nº	% línea	nº	% línea	nº	% línea	nº	% acumulado
1	Dos vías ≥ 750 m			1		2		1		2				1		7	7
2	Una vía ≥ 750 m y otra < 750 m	1				1		1		2						5	12
	TOTAL CÓDIGO 1 y 2	**1**	**20**	**1**	**33**	**3**	**12**	**2**	**9**	**4**	**18**			**1**	**20**	**12**	
3	Dos vías entre 759 m y 700 m											1				1	13
4	Una vía entre 759 m y 700 m y otra < 700 m			1						3						4	17
5	Dos vías entre 699 m y 650 m					1		3		1						5	22
6	Una vía entre 699 m y 650 m y otra < 650 m					7	11	2		1		1				11	33
7	Dos vías entre 649 m y 600 m					1	12	1								2	35
8	Una vía entre 649 m y 600 m y otra < 600 m					4		2		1		3				10	45
	TOTAL CÓDIGO 3 a 8			**1**	**33**	**13**	**52**	**8**	**36**	**6**	**27**	**5**	**28**			**33**	
	TOTAL ACUMULADO 1 a 8	**1**	**20**	**2**	**67**	**16**	**64**	**10**	**45**	**10**	**45**	**5**	**28**	**1**	**20**	**45**	**45**
9	Dos vías entre 599 m y 550 m	2		1		1		3		1		5				13	58
10	Una vía entre 599 m y 550 m y otra < 550 m					5		2		4		3				14	72
11	Dos vías entre 549 m y 500 m	1				1		1		1		2				6	78
12	Una vía entre 549 m y 500 m y otra < 500 m	1				2		1		2		3				9	87
13	Dos vías < 500 m							5		4				4		13	100
	TOTAL CÓDIGO 9 a 13	4	80	1	33	9	36	12	55	12	55	13	72	4	80	55	
	TOTAL	**5**	**100**	**3**	**100**	**25**	**100**	**22**	**100**	**22**	**100**	**18**	**100**	**5**	**100**	**100**	**100**

(*) No se incluyen Tardienta ni Canfranc
Se incluyen las estaciones y terminales de transición a vía única

Fuente: ver fuente tabla 6-46 (anterior). Elaboración propia

En las tablas 6-46 y 6-47 podemos apreciar como es escaso el número de vías de 750 m o más (12) en las estaciones de las distintas líneas. Además, en unos casos, las distancias temporales entre las estaciones son elevadas y, en otros, las pocas estaciones con vías de esta longitud no están distribuidas uniformemente en la línea. Por lo tanto, en la actualidad no es conveniente poner en circulación trenes de 750 m, pues afectaría a la capacidad de las líneas y a la regularidad de los trenes.

Con más de 600 m, en el total de las líneas son 45, pero en la de Barcelona y, en menor medida, en las de Bilbao y Valencia encontramos un número relativamente elevado. Habría que realizar un estudio pormenorizado de cada línea para conocer exactamente qué longitud máxima de tren podrían acoger. Estaría en función del tipo de actuación a realizar para su mejora.

En cuanto a la recepción y formación de trenes precisaremos que, dentro de la isocrona, en la línea de Madrid encontramos actualmente actividad mercante en las terminales o estaciones y derivaciones particulares, de Morata de Jalón y Grisén; en la Ronda Sur en Zaragoza Plaza; en la línea de Barcelona en Zaragoza Arrabal, La Corbera Alta y Zuera; en la de Bilbao en Luceni; en la de Valencia, Cuarte de Huerva y María de Huerva, y por último, en la línea de Tarragona en la derivación particular de el Espartal.

Fuera de la isocrona, pero en territorio aragonés, actualmente encontramos actividad mercante en las estaciones de Selgua, Monzón Río Cinca, Mora de Rubielos, Samper de Calanda y Canfranc. Sobre el número y la longitud de las vías en las terminales de

nuestra área de estudio, subrayaremos que destaca con diferencia el Centro Logístico Intermodal de Zaragoza Plaza (ver tabla 6-48 y leyenda en p. siguiente)[436]; cuenta con 25 vías que totalizan 18.882 m. Le siguen Zaragoza Arrabal (10 vías y 4.583 m), Casetas (9 y 3.490 m), C.I.M de Zaragoza (8) y Grisén, Sariñena y la Puebla de Híjar (6).

La longitud total de las vías de una terminal o estación se ha utilizado como medida estática de la capacidad de la misma en número de vagones, si bien, en nuestra opinión, este parámetro no tiene mucha utilidad; además, puede inducir a la reducción de la capacidad operativa si se sobrepasa un determinado umbral de ocupación, incrementando considerablemente los tiempos de las operaciones.

Tabla 6-48. Vías de estacionamiento y apartado en las terminales de la isocrona de 60' en camión. Líneas del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza

VÍAS DE ESTACIONAMIENTO Y APARTADO EN LA ISOCRONA DE 60' EN CAMIÓN EN LÍNEAS DEL CUADRANTE NORESTE CON PASO POR EL NODO DE ZARAGOZA														
LÍNEAS	ESTACIONES Y TERMINALES	VÍAS ESTACIONAMIENTO Y APARTADO												
		Nº TOTAL*	≥ 750 m	749-700 m	699-551 m	550-500 m	499-450 m	449-400 m	399-350 m	349-300 m	299-250 m	249-200 m	LONGITUD TOTAL (m)	VÍAS SIN CATENARIA
MADRID-ZARAGOZA	CALATAYUD	4			1T					1T	2T		1.479	
	EMBID DE LA RIBERA													
	EMBID DE JALÓN													
	PARACUELLOS-SABIÑÁN	1					1						480	
	SABIÑÁN													
	MORÉS	2					1				1T		867	
	PURROY													
	CANTERA DE PURROY													
	MORATA DE JALÓN	2				1						1	760	
	RICLA-LA ALMUNIA	3					1					2T	986	
	CALATORAO													
	SALILLAS DE JALÓN													
	ÉPILA	2				2							1.040	
	RUEDA DE JALÓN-LUMPIAQUE													
	PLASENCIA DE JALÓN													
	CAMBIADOR DE PLASENCIA-AG.KM 308,6 (2)													
	GRISÉN	6			2 (1)		2		1T		1T		2.951	
	PINSEQUE													
	CASETAS	9			2	1+1T	1		1T			3T	3.490	
	UTEBO-PUEBLO													
	UTEBO-MONZALBARBA													
	C.I.M. DE ZARAGOZA	8		1	2								2.075	1+1T sin datos longitud
	TOTAL	**37**		**1**	**7**	**7**	**6**		**2**	**1**	**3**	**6**	**14.128**	
C.I.M.-LA CARTUJA	ZARAGOZA PLAZA CONTENEDORES (3)	7	1+5+1T										5.603	1 T
	ZARAGOZA PLAZA CLASIFICACIÓN (4)	18	4+4	4+4		1			1				13.279	
	ZARAGOZA PLAZA TOTAL	**25**	**15**	**8**		**1**			**1**				**18.882**	
	RÍO HUERVA													
	TOTAL	**25**	**15**	**8**		**1**			**1**				**18.882**	
ZARAGOZA-BARCELONA	COGULLADA													
	ZARAGOZA ARRABAL	13 (5)			3	1	1	2	1		1	1	4.583	
	ZARAGOZA CORBERA ALTA	1	1										775	
	SAN JUAN DE MOZARRIFAR	2					2 (6)						933	
	VILLANUEVA DE GÁLLEGO													
	ZUERA	10	5		1	4 (7)							2.686	1 acceso campa
	ALMUDEVAR	2	1						1				392	
	TARDIENTA	2	1									1	217	
	GRAÑÉN	4	2		1			1					1.006	
	MARCÉN-POLIÑINO													
	SARIÑENA	12	6		1+1					1T	1T	2	2.332	
	TOTAL	**46**	**16**		**7**	**4**	**3**	**3**	**2**	**1**	**2**	**4**	**12.924**	
ZARAGOZA-BILBAO	LA JOYOSA-TORRES													
	ALAGON	5	4 (8)				1						458	
	CABAÑAS DE EBRO													
	PEDROLA													
	LUCENI	6	3					1	1+1				1.254	
	GALLUR													
	TOTAL	**11**	**7**				**1**	**1**	**2**				**1.712**	
BIFURCACIÓN TERUEL-VALENCIA	CADRETE													SIN ELECTRIFICAR
	CUARTE DE HUERVA	1								1			310	SIN ELECTRIFICAR
	MARÍA DE HUERVA													SIN ELECTRIFICAR
	MUEL-MOZOTA													SIN ELECTRIFICAR
	ARAÑALES DE MUEL													SIN ELECTRIFICAR
	LONGARES													SIN ELECTRIFICAR
	CARIÑENA	2						1		1			727	SIN ELECTRIFICAR
	ENCINACORBA													SIN ELECTRIFICAR
	VILLARREAL DE HUERVA	1		1									723	SIN ELECTRIFICAR
	VILLADOZ													SIN ELECTRIFICAR
	BADULES													SIN ELECTRIFICAR
	VILLAHERMOSA													SIN ELECTRIFICAR
	TOTAL	**4**		**1**				**1**		**2**			**1.450**	SIN ELECTRIFICAR
ZARAGOZA-TARRAGONA	LA CARTUJA	1+4 (9)					1		1				841	
	EL BURGO DE EBRO													
	EL ESPARTAL (10)	2												
	FUENTES DE EBRO					1	1						993	
	PINA													
	QUINTO					1							500	
	LA ZAIDA-SÁSTAGO				1								585	
	AZAILA													
	LA PUEBLA DE HÍJAR	7 (11)			1								590	
	SAMPER	2 (12)						1	1 (13)				799	
	ESCATRÓN					1							508	
	CHIPRANA													
	CASPE				1								573	
	TOTAL	**16**			**3**	**3**	**2**	**1**	**2**				**5.389**	
TOTAL		**139**	**38**	**10**	**17**	**15**	**12**	**6**	**9**	**4**	**5**	**10**	**54.485**	

[436] No se incluyen las vías con longitud menor a 200 m por su escasa operatividad.

LEYENDA TABLA 6-48

NO SE CONTABILIZAN LA VÍA GENERAL Y 1 DESVIADA (lado contrario al E.V.), por su uso para cruces y adelantamientos
En alguna estación puen existir vías en topera con menos de 200 m.
* No se Contabilizan vías Generales
CERRADA no se dispone de datos
EN NEGRITA: CON ACTIVIDAD
TERMINAL EN "CULO DE SACO": Nodo extremo en la red ferroviaria
SOLO DOS VÍAS: GENERAL Y DESVIADA
CABECERAS DE VÍA ELECTRIFICADAS QUE PUEDEN AISLARSE
CON SECCIONADOR MANUAL: Puede cortarse tensión para carga, en algunos casos de una de las vías en otras el seccionador afecta a varias
LÍNEA / VÍA SIN CATENARIA
T: TOPERA
(1) Existen otras 2 vías que son generales del By Pass Cabañas-Grisén y no convienen estacionamientos: tienen acceso directo con G.M.:
(2) Cambiador de ancho de vía
(3) Se incluye via de entrada donde no se realizan operaciones de carga y descarga (vía 71)
(4) No se incluye via de contorno (retorno) que puede utiliz Direcc O-N: Haz 1, 4 vías, 2.551 m; Haz 2, 6 vías, 4.462 m; Haz 3, 4 vías, 3.326 m; Haz 4, 4 vías, 2.940 m.
(5) Se incluye Vía Madre a la D.P. De Cortasa que prácticamente no recibe material
(6) Si existen trenes militares no pueden estar ocupadas las dos vías
(7) No se conoce exactamente la longitud de las vías
(8) No se dispone de datos de la longirud de tres vías (con seccionador manual)
(9) No se dispone de datos de la longirud de tres vías (con seccionador manual)
(10) Derivación particular en plena vía; no se dispone de datos con longitud de las vías (con seccionador telemandol).
(11) No se dispone de datos de la longirud de 4 vías (una accede al silo)+ 2 vías con topera (con seccionador manual)
(12) Hay 2+4T de Ensidesa de las que no se dispone de datos sobre la longitud.
(13) Es una de las dos vías de acceso a la C.T de Andorra; no conviene ocuparla

Fuente: Esquemas de Estaciones, Jefatura de Regulación Barcelona, Gerencia de Operaciones Noreste, Dirección de Circulación, DOIRCO, ADIF, documentación interna, http://intranet.adif.es.

No obstante lo anterior, podría realizarse un sencillo cálculo para establecer la capacidad en número de vagones de las estaciones/terminales de nuestra área de estudio. De esta forma, considerando la longitud media de todos los tipos de vagones que circulan por la red convencional (15,54 m.)[437], podría realizarse la aproximación *grosso modo* a la capacidad de una terminal o estación.

Así, por ejemplo, en la zona de clasificación de Zaragoza Plaza podríamos establecer una capacidad máxima aproximada de 855 vagones. En la zona de tratamiento de contenedores atendiendo a la longitud ponderada media de las plataformas porta-contenedores (17,53 m), la capacidad máxima podría estimarse en 320 vagones. Le seguirían Zaragoza Arrabal con 295 vagones y Casetas con 225 vagones.

Sin embargo, indicaremos, que el número de vías y la capacidad en número de vagones son sólo dos de los elementos a considerar para determinar la capacidad en número de trenes recibidos/expedidos y/o intervenidos, es decir, la capacidad operativa de una estación/terminal. Dichos elementos los podríamos calificar de fijos y variables.

Entre los primeros tendríamos el diseño y la zonificación de la estación/terminal, la dotación de instalaciones, sus sistemas de seguridad (enclavamientos), etc. Entre los segundos, el tipo de operaciones a realizar con los trenes, los tiempos precisados para dichas operaciones, los recursos humanos y materiales existentes, etc.

A los elementos anteriores habrá que añadir el plan de transportes del periodo considerado, es decir la demanda, que puede ser para un turno de trabajo o diario; obviamente, en función de este último, será necesario planificar la disponibilidad de los recursos a utilizar, entre los que se encontrarían la disponibilidad de vías libres. Posteriormente se realizará una valoración aproximada de la capacidad de trenes en las estaciones/terminales de nuestra área de estudio, porque como se puede apreciar en lo anterior un cálculo más exacto implicaría desviarnos de los objetivos del presente trabajo que no son tan focalizados.

---

[437] Para establecer una aproximación a la longitud media de los vagones que circulan por la red se ha calculado la media ponderada utilizando la longitud de cada tipo de vagón y el número de vagones de cada tipo. Fuente: RENFE operadora (http://www.renfe.com/empresa/mercancias/index.html).

Lo más preciso sería realizar los cálculos según los vagones utilizados por tipo de tráfico y las frecuencias del número de trenes de entrada, composiciones y estancia media en la terminal o estación de cada tipo de vagón.

Otro de los subsistemas, que sí afecta a la producción de trenes, es aparatos de vía—N(-13)/11/ desvíos—N(-14)/10 y travesías —N(-14)/11. Los aparatos de vía permiten la continuidad y el cruce de los itinerarios del ferrocarril. Pueden ser de dos tipos, los desvíos y las travesías. Los desvíos permiten a un itinerario ramificarse en dos o más vías; los ejes de las dos vías son tangentes entre sí. Por su parte, las travesías permiten realizar intersecciones de carriles que al cortarse (cruzamientos) posibilitan la intersección de dos itinerarios.

Debido a la falta de espacio para la implantación de los hilos de las vías y de los cambios de los desvíos en las estaciones de clasificación, se realizan travesías de gran longitud (diagonales); pueden constar de un número elevado de cruzamientos. Sin embargo, hay que tener cuidado en el diseño de las vías y desvíos de las terminales, así como, en su adecuada zonificación.

La existencia de travesías de gran longitud con los actuales enclavamientos electrónicos y el sistema de deslizamientos que garantizan la seguridad, interrumpen las operaciones de las terminales cuando un tren o maniobra entra o sale de una vía incrementando los tiempos muertos.

En definitiva, aumentan los tiempos de operaciones y, como consecuencia, los tiempos de transporte en los trenes que efectúan parada porque tienen programadas operaciones en dichas terminales.

En nuestra área de estudio únicamente es destacable la existencia de largas travesías en el Centro Logístico de Zaragoza Plaza. Cuenta con una gran diagonal en el lado de Zaragoza –atraviesa toda la Terminal—con seis desvíos y dos travesías; existe otro desvío hacia la vía madre, que da acceso a la derivación particular de la Plataforma Logística de Zaragoza Plaza utilizando la tracción de la locomotora de maniobras. En el lado de Madrid también hay una gran diagonal, más sencilla que la anterior, con cinco desvíos y una travesía que accede a la vía de mango para las maniobras.

La diferencia entre ambas es que la del lado de Madrid se utiliza para el cambio vía de las locomotoras de los trenes de llegada y para maniobras, puesto que, en la actualidad, no existe conexión por este lado (terminal en “culo de saco”), mientras que por el lado de Zaragoza se realizan todas las entradas y salidas de trenes de la terminal, cuyo flujo es considerable, además locomotora de maniobras y los retornos de las locomotoras de los trenes de llegada.

En el interior de la terminal, aún encontramos otros tres cruzamientos en la salida de dos haces SO hacia la travesía del lado Zaragoza; sin embargo su afección a la operativa es mucho menor que la gran diagonal de ese lado de la terminal.

Indicaremos asimismo, que cuando se realice la conexión con la línea de Zaragoza a Madrid —en Bárboles[438]—, las maniobras a los trenes serán de mayor complejidad, al entrar y salir trenes de la terminal en ambos sentidos, Zaragoza/Barcelona y Madrid. Añadido a lo anterior, el esperado incremento de los flujos de tráfico, requerirá mayores recursos, otra locomotora de maniobras y los recursos humanos asociados a la maniobra.

Sin embargo, el diseño y situación del centro logístico no parece que pueda modificarse por la falta de espacio, lo que sugiere un colapso del mismo, dado que en nuestra opinión, la planificación del mismo, tanto en su situación como en su diseño, no se hizo con el horizonte temporal adecuado. No obstante, si que podría incrementarse el número de vías entre los haces de vías de la zona de clasificación,

[438] Las tres alternativas estudiadas para la conexión con la línea Zaragoza-Madrid, prácticamente discurren en su totalidad en su primer tramo por este término municipal; la alternativa A, conecta el denominado Eje en Bárboles, si bien, la alternativa B, Eje 1B, conecta en Pleitas, y la alternativa C, Eje 1C, en Pletias-Bardallur. Fuente: *Memoria y Anejos Memoria*, *Estudio Informativo Ronda Sur Ferroviaria de Zaragoza* (2009), Documento nº 1, Fase C, Tomo I, p. 31-32, Ministerio de Fomento.

pero la complejidad crecería. Por ello habría que estudiar ajustes del método de realización de las distintas operaciones del Centro, tanto de carga y descarga de contendores como de las maniobras; también la reorientación de la funcionalidad y uso de las vías, de recepción, expedición clasificación y apartado, si bien no de una manera rígida e inflexible.

Además de lo señalado, sería también necesario planificar adecuadamente el Plan de Transporte para tratar de evitar o minimizar la concentración de trenes, especialmente con operaciones en la terminal en una reducida franja horaria. Otra de las terminales de nuestra área de estudio cuyo diseño es en "culo de saco" es Zaragoza Arrabal. Dispone de una diagonal con dos desvíos, a los que añadiríamos los que acceden a las distintas vías; también un cruzamiento que accede a una zona de carga y descarga con la locomotora de maniobras.

En la actualidad es un área con una gran tendencia al barbecho industrial pues se cerraron o deslocalizaron en el pasado varias empresas industriales de cierta relevancia por lo que disminuyó considerablemente su volumen de tráficos. Es una herencia del pasado ferroviario en la ciudad que está implantada en el tejido urbano.

Por su parte, la Terminal de Grisén tiene una particularidad distinta a las anteriores que es el *by pass* que conecta la línea de Madrid con la de Bilbao. Es una terminal de mercancías pasante, es decir, un nodo intermedio en la red ferroviaria, no un nodo extremo o terminal como las anteriores. Cuenta con una diagonal en el lado de Zaragoza, con los desvíos propios de acceso a las vías y con uno en la vía II del *by pass*, que se orienta hacia la derivación particular de GM o hacia la salida de la terminal en dirección a Madrid; la vía I del *by pass* no tiene acceso a la mencionada derivación. También cuenta con un cruzamiento que corresponde a la vía II del *by pass.* Asimismo, en la entrada del lado de Madrid encontramos dos cruzamientos para acceder a las vías de topera.

Con respecto a la terminal de Zaragoza Corbera Alta, únicamente destacaremos el desvío de una de las vías de apartado que da acceso a la Derivación Particular de la Terminal Marítima de Zaragoza (TMZ). El acceso a este puerto seco es directo desde el lado de Barcelona; el acceso directo desde el lado de Zaragoza/Madrid se realiza desde la estación de Cogullada. Así mismo, esta terminal tiene otro desvío por el que se accede a la Derivación de la Montañanesa utilizando la locomotora de maniobras.

En cuanto a la terminal de Zuera destacaremos el desvío de acceso a la Derivación Particular, donde se ubica la Campa de Automóviles UBICAR-SEMAT; las maniobras de entrada y salida del material las realiza la locomotora de maniobras que poseen. Otra particularidad se dicha Terminal es la corta travesía que accede a la Derivación de CAMPSA-ELF que, utilizando tracción diesel, ha de atravesar la vía de ancho U.I.C. de la línea a Huesca y la vía general de ancho ibérico; existe también un cambiador de hilo que posibilita el intercambio entre la red de ancho ibérico y la de ancho U.I.C.

Sobre la estación de Luceni únicamente indicaremos que cuenta con un desvío que da acceso directo a la Derivación Particular de Typsa desde el lado Zaragoza; el acceso a la Derivación del Puerto Seco Santader-Ebro no es directo, ha de realizarse desde una vía concreta de apartado, que además, desde el lado de Bilbao, tampoco se puede acceder directamente a dicha vía.

Por último, de la estación de María de Huerva, señalaremos que cuenta con un desvío, con acceso directo desde Zaragoza para acceder a la Derivación Particular de Repsol Butano; en la de Morata de Jalón el acceso a la Derivación Particular de Cementos Cemex hay que realizarlo desde el desvío el lado de Madrid, donde encontramos un cruzamiento doble, sobre una vía de apartado y retroceder sobre la Derivación.

Para finalizar, señalaremos tres casos distintos de los anteriores. El primero, que a la Derivación Particular de SAICA II se accede por un desvío que se encuentra en plena vía en la línea de Zaragoza a Tarragona. El acceso se realiza sobre vías de apartado donde se sitúa el material de llegada (o salida), que una locomotora de maniobras propia introduce en la factoría. Los otros dos, corresponden a ramales particulares.

De la estación de San Juan de Mozarrifar indicaremos que sólo tiene un desvío que da acceso al ramal particular del Ejercito Español que accede a la estación de San Gregorio; sólo tiene acceso directo desde el lado de Zaragoza/Madrid. Por su parte, en la estación de Samper de Calanda destacaremos el desvío de acceso al ramal particular de Endesa, en el lado de tarragona, que llega hasta la central térmica de Andorra utilizando locomotoras diesel.

▪Superestructura—N(-11)/2—/Instalaciones—N(-12)/4—

∗ señales—N(-13)/12/, en nuestra área de estudio en todas las estaciones/terminales las señales fijas fundamentales son luminosas, de mástil, como las de entrada o salida, o monos bajos para autorizar movimientos de trenes y maniobras dentro de las estaciones/terminales. En algunas terminales/estaciones algunas señales están dotadas de indicadores de dirección.

∗ comunicaciones —N(-13)/13, igualmente, en nuestra área de estudio en todas las estaciones cuentan con tren-tierra para comunicarse con el maquinista. En las terminales existe una emisora y *walkies talkies* que utiliza el personal que realiza las maniobras para hacer estas comunicaciones; en las estaciones se realiza mediante *walkies talkies* y teléfonos móviles.

∗ seguridad—N(-13)/14—de los subsistemas que incluye este subsistema, nos centraremos en el de bloqueos y enclavamientos—N(-14)/14—, si bien, como ya se dijo, los bloqueos se establecen entre estaciones de la línea, no dentro de las estaciones o terminales, en ellas son los enclavamientos los que cobran una importancia fundamental.

Con los actuales enclavamientos electrónicos y el sistema de deslizamientos, que garantizan la seguridad, se interrumpen las operaciones de las terminales incrementando los tiempos muertos. Esta circunstancia se genera por la ocupación de los circuitos de vía cuando un tren o maniobra entra o sale de una vía, cuyo itinerario interfiere real o virtualmente (deslizamiento) con otras vías que lo cruzan—travesías—o son tangentes a él—desvíos—. Con anterioridad, se ha realizado una breve descripción del subsistema desvíos y travesías y su afección a la operativa de las estaciones y terminales. Sin embargo, dicha afección más que en los propios desvíos y travesías, se relaciona con los enclavamientos instalados en cada una de ellas.[439]

Cuadro 6-4. Enclavamientos de las estaciones y terminales con actividad de transporte de mercancías en la isocrona de 60' en camión

ENCLAVAMIENTO DE ESTACIONES Y TERMINALES CON ACTIVIDAD DE MERCANCIAS EN LA ISOCRONA DE 60' EN CAMIÓN								
Línea	Red	Estación / Terminal	Gestión	Enclavamiento	Tecnología	P.a.N.		Bloqueo Línea
						Nº	S. Protección	
MADRID	A-1	Morata de J	S.Logísticos	Eléctrico	Dimetronic	2	S.B.E.	B.A.U/C.T.C.
	A-1	Grisén	S.Logísticos	Electrónico	Dimetronic			B.A.B/C.T.C.
RONDA SUR	A-2	Zaragoza Plaza	S.Logísticos	Electrónico	Dimetronic			B.A.B./CTC
BARCELONA		Zaragoza Arrabal	S.Logísticos	Mecánico				Marcha Maniobras
	A-2	Zaragoza Corbera A	S.Logísticos	Electrónico	Alstom			B.A.U/C.T.C.
	A-2	Zuera	S.Logísticos	Electrónico	Alstom			B.A.U/C.T.C.
BILBAO	A-1	Luceni	DOIRCO	Electrónico	Bombardier			B.A.B./C.T.C.
TERUEL	C	Maria de Huerva	S.Logísticos	Electrónico	Dimetronic			B.L.A.U.
VALENCIA	C	Cuarte de Huerva	Patrimonio	Electrónico	Dimetronic			B.L.A.U.
TARRAGONA	A-2	Samper	S.Logísticos	Electrónico	Dimetronic			B.A.U./CTC

Fuente: *Clasificación de Estaciones* (2012), Gestión de Operaciones, Jefatura de Estaciones, Gerencia de Gestión de Tráfico Noreste, Dirección de Circulación, DOIRCO, ADIF, documentación interna, https://intranet.adif.es, [en línea], [consulta: 30 de abril 2012].

CIRTRA 2010, tomo I, 2011, Dirección de Control de Gestión y Sistemas, Jefatura de Gabinete de Objetivos y Análisis de Gestión, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.

Consigna Serie A, varias estaciones y años. Elaboración propia

[439] Consigna Serie A: nº 1829 (1994), Estación de Morata de Jalón; nº 2625 (2007) Grisén, nº 2471 (2009) Zaragoza Plaza.

En el cuadro 6-4 se muestran los enclavamientos de las estaciones y terminales con actividad en nuestra área de estudio. Vemos como en todas ellas, excepto Morata de Jalón y Zaragoza Arrabal, el enclavamiento es electrónico. Sin embargo, podrían considerarse afecciones poco significativas, salvo en el Centro Logístico de Zaragoza Plaza, como no podía ser de otra forma, por sus dimensiones, volumen de flujos y número de movimientos.

En este tipo de enclavamiento las señales están relacionadas electrónicamente con los circuitos de vía y con la posición de las agujas, de tal modo, que para que permitan su apertura es necesario que se cumplan determinadas condiciones. Las condiciones especificadas en el diseño, pueden ser variables para cada estación/terminal, comprenden los movimientos compatibles e incompatibles, no permitiendo la simultaneidad de algunos movimientos. También vienen definidas la protección de flancos y la longitud del tramo de vía utilizado para los deslizamientos.

La ruta establecida queda protegida por la ocupación de los circuitos de vía asociados a las agujas que componen el itinerario y por el enclavamiento de los motores de dichas agujas que impiden la apertura de las señales de otras rutas posibles que pudieran interferir hasta que no se liberan los circuitos.

Cada uno de los mencionados circuitos va liberándose de forma “normal” a los 30 s. de que los vehículos de la composición del tren al ir avanzando, vayan desocupando los circuitos de vía. Las incompatibilidades asociadas a los deslizamientos desaparecen al tiempo que se libera el punto final del movimiento. Otra posibilidad es recurrir a una liberación “artificial”, si una vez establecido un itinerario es necesario, por la causa que fuere disolver el itinerario o ruta establecido; en este caso actúa un diferímetro[440] que disuelve el itinerario y libera los circuitos pasados 2 m. 30 s., aunque en itinerarios de salida, en determinadas condiciones, puede ocurrir a los 30 s.

Una última posibilidad es la denominada liberación de “emergencia” que es utilizada cuando la liberación normal al paso de la circulación no se produce por una ocupación ficticia del circuito una vez recorrido ese tramo de vía o por no haberse recorrido en su totalidad y permanecer ocupada la vía. También, se utiliza en una liberación artificial, por avería de la instalación o por rebase de la señal de la circulación, antes de que termine de actuar el diferímetro. En la liberación de emergencia la disolución del itinerario se produce a los 3 m, que es el tiempo de actuación de dicho temporizador.

Para las maniobras centralizadas la liberación es inmediata si no está ocupado el circuito de vía anterior a la señal y transcurridos 30 s. si lo estuviese o la vía careciese de circuito de vía. Sobre los tiempos de liberación de los circuitos, para cada tipo de liberación y para las maniobras centralizadas, en los enclavamientos electrónicos de las estaciones o terminales de nuestra área de estudio y también en el enclavamiento eléctrico de Morata de Jalón, indicaremos que son reflejados con anterioridad.

En cuanto a otras características y particularidades de las estaciones y terminales, que pueden afectar a la funcionalidad de las operaciones y a sus tiempos de ejecución, comentaremos sucintamente las más significativas de cada una de ellas. Las únicas terminales que podemos considerar que cuentan con circuito en todas sus vías son el Centro Logístico de Zaragoza Plaza, excepto la vía de repostaje, y Zaragoza Corbera Alta, excepto la continuidad de la vía de acceso a Zaragoza Arrabal. De las estaciones sólo María de Huerva y Cuarte de Huerva con excepción de las toperas de escasa longitud.

Del resto de estaciones y terminales, en Grisén, Morata de Jalón y Luceni, todas las vías, excepto una y las vías de topera, tienen circuitos. En Samper, sólo tienen circuito la vía general y tres de las desviadas y en Zuera la vía general y dos desviadas. En

[440] Aparato temporizador en los enclavamientos eléctricos. En los enclavamientos electrónicos se utiliza un temporizador de software, si bien, utilizamos el término “diferímetro” por ser ampliamente conocido en los medios ferroviarios.

Zaragoza Arrabal, con enclavamiento mecánico, obviamente ninguna de las vías cuenta con circuito de vía. El enclavamiento mecánico, de concentración de palancas, da acceso a las vías de clasificación; el resto de los itinerarios mantienen cambios libres con marmitas. Como resultado, se agilizan las operaciones de maniobras pero se incrementa el riesgo de fallo humano.

En el otro extremo encontramos, como se ha dicho anteriormente, el Centro Logístico de Zaragoza Plaza, donde el enclavamiento eléctrico genera más tiempos muertos por el elevado número de entradas y salidas de trenes y, en mayor medida, por el gran volumen de movimientos de la locomotora de maniobras, que se interfieren mutuamente. Por ello, es conveniente valorar posibles soluciones que, sin comprometer la seguridad, pudieran servir para reducir los tiempos muertos, tanto de trenes a la espera de su salida o entrada a la Terminal, como de la locomotora de maniobras y los recursos humanos asociados a ella.

Así, por ejemplo, sería interesante estudiar la posibilidad de fraccionar los circuitos de vía, de realizar alguna modificación del software del enclavamiento, que permitiese menos afección de las rutas de deslizamiento o la reducción de los tiempos de liberación de los circuitos, o la instalación de contadores de ejes. Además de lo anterior, existe algún problema añadido en los enclavamientos que incrementa el riesgo de fallo humano y genera considerables tiempos muertos en las operaciones de estaciones y terminales.

En la falsa ocupación de circuitos de vía encontrmos como causas las condiciones meteorológicas, la falta de mantenimiento u otras causas relacionadas con los parámetros *fail-safe*. Como consecuencia, en nuestra opinión, consideramos que es fundamental para el correcto funcionamiento de las instalaciones el establecimiento de un programa cíclico de mantenimiento predictivo y de control. Incluiría la limpieza, el engrase, los ajustes, etc, de todos los elementos que comprende el subsistema, además de la rápida respuesta en el mantenimiento correctivo.

Para finalizar el subsistema enclavamientos, añadiremos algunas otras características de las estaciones y terminales de nuestra área de estudio. Destacaremos que en todas ellas existen calces que protegen el acceso a determinadas vías o derivaciones particulares, así como, cerraduras Bouré y un paso a nivel.

Encontramos calces abatibles en Zaragoza Plaza para acceder al taller de Integria, en Grisén a la vía sin circuito y al haz de vías de topera, en Samper a dos vías y al ramal particular de ENDESA, en Zaragoza Corbera al puerto seco de TMZ y al ramal de TORRAS, en Zuera el acceso por el lado Zaragoza a las vías de apartado y a la campa de automóviles, en Luceni a la derivación de TYPSA y al puerto seco Santander-Ebro, en María de Huerva a la derivación de REPSOL y en Cuarte de Huerva a la derivación de VICASA.

Un caso distinto es el de la cerradura eléctrica en la estación de Morata de Jalón que está situada en la aguja-calce de acceso a la derivación particular de CEMEX. Para las maniobras de acceso/salida es necesario realizarlas con la denominada maniobra local, es decir, se maniobran los aparatos al pie de los mismos. Para ello, se libera la llave Bouré al pie de la aguja-calce, una vez autorizada eléctricamente desde el cuadro de enclavamiento, para permitir el acceso a la derivación; las agujas dotadas de motor se accionan con botoneras situadas al pie de las mismas.

∗ Sobre el subsistema Anuncio de Señales y Frenado Automático (A. S. F. A.) y Protección Automática de Trenes (A. T. P.) —N(-14)/15—, únicamente señalaremos que en nuestra área de estudio todas las estaciones y terminales tienen ASFA; en Aragón, tan solo en el tramo entre la Hoya de Huesca y Canfranc no está instalado. El ATP sólo está instalado en el corredor mediterráneo.

∗ Por último, en cuanto al subsistema electrificación—N(-13)/15, indicaremos, que las estaciones grandes y terminales tienen una sectorización, desde el punto de vista de la tensión en catenaria, con seccionadores que cortan dicha tensión en

determinadas zonas de la terminal. Otras estaciones no están sectorizadas, pero cuentan con alguna vía que tienen instalados dichos seccionadores o que no tiene catenaria, incluso ambos tipos, para permitir la carga o, en caso de descomposición, su reconocimiento o acondicionamiento, reconocer pantógrafos, etc (ver tabla 6-48).

También encontramos vías que sólo tienen catenaria en la cabecera. Es caso de las cinco vías de Zaragoza Plaza en la zona de tratamiento de contenedores, de la vía más corta y las tres vías de topera en la derivación particular de TMZ, y de la vía más corta de en Zuera. Recordaremos que las estaciones de Cuarte de Huerva y María de Huerva no tienen catenaria en ninguna vía porque la línea no está electrificada.

De las tres sólo es significativo en el caso del Centro Logístico de Zaragoza Plaza. Es necesario tener en cuenta que cuando se conecte el Centro con la línea de Madrid los trenes entrarán y saldrán por ese lado y ya no estará en "culo de saco". Ahora no existen operaciones de tratamiento de contenedores en horario nocturno, pero cuando el volumen de los flujos de trenes lo exija, ¿podría resultar competitiv el ahorro en tiempo de transporte y de movimientos locomotora de maniobras utilizando una o dos vías dotadas con catenaria móvil para la carga y descarga de contenedores directamente sobre los trenes?

La catenaria móvil consta de unos tramos abatibles que permiten el movimiento sobre las plataformas y las operaciones de las grúas pórtico para la carga y descarga o el acceso a la parte superior de los vagones, contenedores, cajas móviles y semiremolques. Posibilita la utilización de la tracción eléctrica al permitir su acceso a las vías de carga y descarga y no sólo a la tracción diesel. Son útiles para facilitar las operaciones intermodales tren-camión y viceversa.

Para finalizar el subsistema infraestructura e instalaciones, indicaremos, que la interacción entre los subsistemas estructura de vía de línea y de terminales da como resultado la capacidad del subsistema en cuanto a unidades de producción de transporte, en este caso, los trenes. Es la salida más importante. El siguiente subsistema que consideramos para tener una visión más completa de las terminales y estaciones de nuestra área es el subsistema actividad terminales y estaciones.

▪Operaciones –N (-8)/2—/Actividad terminales y estaciones—N(-9)/2—

* Control operaciones –N (-10)/6—

Puntualizaremos, que la posición del subsistema en el nivel (-10) es la nº 6 por motivos de centralidad en el esquema y de espacio en su diseño. Sin embargo, por sus funciones, es el subsistema rector del subsistema operaciones –N (-8)/2— Actividad terminales y estaciones—N(-9)/2.

No se abundará mucho en este subsistema; únicamente, remarcar que todas las decisiones y el control que concierne a las operaciones e instalaciones relacionadas con la circulación de los trenes y maniobras dentro de las estaciones, terminales y Centros Logísticos son tomadas en el centro de control por los recursos humanos asignados y habilitados al efecto.

También, en cuanto a las operaciones e instalaciones de carga y descarga, si bien, en grandes centros logísticos intermodales, como puede ser Zaragoza Plaza, el control y decisiones sobre las mencionadas operaciones son realizadas por otro grupo de recursos humanos, asimismo, asignados y habilitados al efecto para dichas funciones.

Se ha hablado anteriormente del subsistema enclavamientos que supervisa, ejecuta y controla los movimientos de circulación de trenes y maniobras. Sin embargo, también existen herramientas informáticas utilizadas para la gestión y control de los trenes, de los vagones y contenedores en las estaciones y terminales, etc. Son desarrolladas[441] e

[441] Pueden ser desarrolladas por los propios administradores o por otras empresas externas contratadas para un proyecto concreto. El diseño de la aplicación, las especificaciones,

implementadas tanto por los administradores de infraestructuras como por los operadores de transporte y operadores logísticos. A modo de ejemplo, en las estaciones y terminales[442] de la REFIG se utilizan, entre otras, las siguientes:

Gestión de la Circulación.- La aplicación MALLAS para conocer los trenes en cada estación de la RFIG, itinerarios y hojas de ruta de cada tren; la aplicación SIGES (Sistema de Gestión de Trenes Especiales), para conocer los trenes de entrada y salida, cuya circulación han solicitado los operadores en/de cada estación o terminal, así como, la hora prevista de llegada o salida en tiempo real en cada estación/terminal. Ambas, son aplicaciones informáticas de Adif.

Gestión comercial.- la aplicación SACIM (Sistema Automatizado de Control e Información de Mercancías) de Renfe Operadora, para la formación (hoja de material) y recepción de la composición de los trenes, gestión, seguimiento, facturación comercial y control de todo el parque de vagones de de dicha operadora en la RFIG; la aplicación SACICO (Sistema Automatizado de Control e Información de Contenedores) para la gestión, seguimiento, facturación comercial y control de los contenedores de todos los operadores dentro de RFIG. Ambas pertenecen a operadora de carácter público Renfe Operadora.

La composición de los trenes de las operadoras privadas la genera cada una de ellas y se accede a la misma desde la aplicación SIGES. Actualmente está en fase de implementación la aplicación AGYL (Aplicación para la Gestión y la Logística), en los centros de Adif.

Este sistema informático esta diseñado para la gestión de los servicios prestados a los operadores en los centros logísticos. La gestión virtual incluye la recepción y aceptación de la solicitud de los servicios de cada operador, así como, su planificación, asignación y ejecución por parte de los recursos humanos de dichos centros. También la medición y valoración de los mismos para su facturación.

Sin embargo, aún pudiendo ser eficaces los objetivos de la aplicación, es necesario señalar, que la excesiva rigidez y la falta de algunos recursos del sistema pueden hacer que no sea lo suficientemente eficiente en las operaciones reales sobre el terreno para la operativa de las maniobras a los trenes. No obstante, en el momento de su implementación será necesario identificar dichas rigideces y carencias para adecuar el sistema a la ejecución sobre el terreno de las operaciones, si es posible o, si no lo es, ver las posibilidades para adecuar las operaciones sobre el terreno al sistema con la consiguiente disminución en los valores de la eficiencia teórica esperada.

∗Locomotora de maniobras –N (-10)/4—

En nuestra área de estudio hay asignadas seis locomotoras de maniobras de forma permanente para la realización de las maniobras necesarias en su operativa diaria y dos de reserva; también pueden realizar servicios de línea. Tres de las ocho locomotoras tienen enganche automático y todas ellas están dotadas de ASFA Digital. Se sitúan en las terminales de Zaragoza Arrabal y de Grisén, y en Centro Logístico de Zaragoza Plaza.

Todos ellos son de la serie 310 (potencia: 598 Kw)[443]. Pero es necesario tener en cuenta, que en rampas elevadas el esfuerzo de tracción necesario en el arranque si ha de tirar de todo el tren completo, hace que las cargas máximas que puede arrastrar

requerimientos y prestaciones deseadas por los administradores de infraestructuras son consignadas en el contrato establecido al efecto por dicho administrador.

[442] Las aplicaciones tienen otras funciones que son utilizadas en otros subsistemas del subsistema ferrocarril. Aquí hablamos exclusivamente de las estaciones, terminales y centros logísticos.

[443] Desconocemos el esfuerzo de tracción de la serie 310; la serie 311 tiene 260 kN.

disminuyan considerablemente. Así, por ejemplo, para 3 milésimas de rampa máxima la carga que puede arrastrar es de 1.630 Tm, para 5 milésimas es de 2.130 Tm, para 10 milésimas es de 910 Tm y para 15 milésimas es de 640 Tm. Su consumo es aproximadamente de 8,5 L/km.

Si embargo, en otras terminales fuera de nuestro ámbito, la dotación de las locomotoras de maniobras son de la serie 311 (potencia: 705 Kw), cuya capacidad de arrastre es superior. Comparando con las mismas rampas que para la serie 310 tenemos, para 3 milésimas de rampa máxima la carga que puede arrastrar es de 2.500 Tm, para 5 milésimas es de 1.340, para 10 milésimas es de 1.480 Tm y para 15 milésimas es de 1.070 Tm.

Como se ha dicho, en muchos casos es necesario situar la composición completa de los trenes en las vías de apartado o de expedición con una sola maniobra, es decir, en un único lote evitando movimientos innecesarios. Pero actualmente los trenes son muy pesados, puesto que van cargados con la carga máxima admisible bien en tracción simple o en mando múltiple para que resulten competitivos.

En estos casos, es posible que una locomotora de maniobras de la serie 310 vea limitada su capacidad de arrastre y, aún sin ella, con valores próximos a su carga máxima en función de la rampa máxima, el esfuerzo tractor en el arranque y el continuo, hagan que la velocidad de la operación sea muy lenta. Por ello, es aconsejable disponer de locomotoras de la serie 311 en las terminales que lo precisen según las características de su perfil longitudinal y la carga máxima de los trenes que recibe y expide.

Otra solución tal vez fuese posible en ciertos casos o momentos para las terminales en las que sólo alguna de sus vías, o tramos de ellas, presenten rampas elevadas. Dichas vías podrían utilizarse para trenes menos o poco pesados; sin embargo, en nuestra opinión, no es una solución recomendable por la rigidez que conferiría a las operaciones de trenes y maniobras en esas terminales.

Por último, indicar que del total de la actividad que desarrollan las locomotoras de maniobras el 46,3 % corresponde al Centro Logístico de Zaragoza Plaza, seguida de Zaragoza Arrabal, con el 41, 4%, y de Grisén con el 12,3%.

Los recorridos medios diarios[444] en el mencionado Centro Logístico estarían, actualmente, en torno a los 122 km. En Zaragoza Plaza los recorridos están directamente relacionados con las maniobras; en las otras dos terminales su actividad está más vinculada con los apartaderos a los que sirven. Esta afirmación está corroborada por la experiencia de campo y por los kilómetros recorridos en cada hora de actividad que es algo mayor.

∗Estructura de vía-Transporte O-T-D –N (-10)/5—

Nos centraremos en el subsistema derivaciones –N (-12)/3—, incluido en el subsistema apartado y estacionamiento –N (-11)/4—, es interesante, dado que ofrece información sobre algunas de las empresas que tienen una relación más directa con el subsistema ferrocarril.

De los otros subsistemas que incluye el subsistema estructura de vía-Transporte O-T-D (Origen-Terminal-Destino), indicaremos que ya se han visto en páginas anteriores—subsistema superestructura—, el número y longitud de vías de las estaciones y terminales. Sólo añadiremos que no existen unas vías predeterminadas para la recepción y expedición de trenes; es demasiado rígido desde el punto de vista del diseño que tienen las terminales, tanto en el antiguo y heredado, como en el más actual, ejemplarizado en el Centro Logístico de Zaragoza Plaza.

[444] Se ha calculado el recorrido medio diario a partir del total de kilómetros recorridos en dicho Centro Logístico, eliminando los domingos y días festivos, así como, la mitad de los sábados del periodo considerado (primer semestre de 2012).

Con respecto a las operaciones de recepción y expedición indicaremos que varían entre una estación y las terminales, así como entre éstas. En dichas operaciones, además, hay que diferenciar entre las estaciones y terminales pasantes, que operan trenes con intervención para salir inmediatamente o poco más tarde, y las estaciones y terminales término que realizan operaciones de clasificación y formación de trenes pero más distante en el tiempo, de horas incluso días. También el Centro Logístico reúne ambos tipos de operaciones, además de la de carga y descarga de contenedores, por lo que el conjunto de dichas operaciones alcanza altos niveles de complejidad.

Sobre las operaciones de maniobras indicaremos que ya se han realizado apuntes en los subsistemas que afectan a las mismas y algunas posibilidades de mejora—cuando las haya—, que varían entre las distintas estaciones y terminales.

Por ello, para encontrar las mejoras en las operaciones ferroviarias a los trenes es necesario realizar un estudio más profundo e individualizado de cada terminal. Dichas mejoras redundarán en un ahorro en los tiempos de ejecución y en los tiempos muertos, incrementando la capacidad y la eficiencia de las terminales lo que, a su vez, hará que aumente su competitividad.

Cada estudio comprendería, en primer lugar, la naturaleza y características de cada tráfico. En segundo lugar, según el diseño y las instalaciones de que dispone para cada uno de esos tráficos o grupos de ellos, lo que condicionará la forma de realizar las operaciones y su capacidad.

En tercer y último lugar, estudiando los movimientos de la locomotora de maniobras necesarios, así como, sus tiempos de ejecución que, obviamente, también dependerán hasta un cierto umbral de los recursos materiales y humanos asignados. A partir de dicho umbral, en nuestra opinión, la eficiencia de cada terminal no aumentaría por la ley de rendimientos decrecientes y sus límites de capacidad.

Otro subsistema mejorable es el de apartado y estacionamiento. Puntualizaremos que este subsistema incluye también el de paralización de material y, por lo tanto, el de ocupación de vía. Es decir, en el concepto de apartado hay que considerar los vagones dispersos o lotes pequeños de ellos que no son incorporados a los trenes por diversas causas.

No nos referimos a los vagones diferidos de los trenes por parámetros de capacidad de éstos que son incorporados a otros trenes con premura, sino por ejemplo a aquellos vagones vacíos no necesarios, porque en los apartaderos de las estaciones o de las derivaciones particulares las composiciones han de tener un número de vagones determinados para no exceder la longitud de las vías de los mismos o de los muelles.

También el material que por la estacionalidad del tráfico para el que se utiliza, por la falta de suficiente demanda o por la desaparición de dichos tráficos, es necesario que permanezca inactivo por un largo periodo de tiempo. Asimismo, los vagones con averías que a la espera de ser reparados o desguazados, permanecen días, incluso semanas apartados en estaciones y terminales.

Es el caso, una vez más, por su volumen de tráfico, del Centro Logístico de Zaragoza Plaza, si bien, en este caso, se acrecienta por la existencia de uno de los talleres de Integria en los que se reparan locomotoras y vagones, y que pertenece a Renfe Operadora. Las locomotoras acceden con rapidez para ser reparadas, pero los vagones tienen tiempos de espera más largos. La ocupación de vías por material paralizado es elevada en el Centro Logístico de Zaragoza Plaza; en otras terminales, como Grisén y Zaragoza Arrabal son muy pocos los vagones es esta situación.

En Zaragoza Plaza es habitual encontrar una vía completa, incluso más, con material pendiente de reparación, no necesariamente en el taller de Plaza, que puede suponer del orden de los 30 o 40 vagones. Los vagones demandados se agrupan en un corte

de material que es llevado al taller de reparaciones, pero los tiempos de maniobras de clasificación de los vagones para agruparlos pueden ser elevados lo que resta eficiencia a la terminal. Por su parte los vagones salidos del taller suelen tener diversos destinos y será necesario agruparlos.

También, en ocasiones, ha ocupado alguna vía el material pendiente de asignación a un ciclo de transporte o de tráfico, o de ser encaminado a su destino para el desguace, lo que reduce la capacidad y, por lo tanto eficiencia a la terminal. No obstante, se ha procurado corregir esta situación y trasladar dicho material a otras estaciones con poca o ninguna actividad comercial con la consiguiente liberación de las vías ocupadas.

Señalaremos por último, que son las maniobras para incorporar a un tren o agrupar los vagones dispersos en las vías, aún en la misma, según las necesidades de las operadoras, son las que requieren más tiempo. Los vagones para incorporar a un tren de paso que tiene operaciones suelen estar situados en cabecera (al comienzo) de las vías.

No obstante, determinados tipos de vagones (40 o 50 vagones), generalmente vacíos, ya reparados, apartados, pendientes de destino, etc., se encuentran diseminados y mezclados en tres o cuatro vías. Dichos tiempos fluctúan en función de dichas necesidades y se pueden reducir considerablemente con una buena planificación, no tanto de las operaciones de las propias terminales, que así se procura, sino de las operadoras. Pero es complejo, porque a su vez, están sujetas a las necesidades y requerimientos de sus propios clientes y, a veces, la información no es concreta ni completa ni es dada con la antelación suficiente.

Por esto hay que enfatizar en la necesidad de una buena comunicación entre todos los actores, en nuestro caso, de la cadena de transporte y, en general, de todos los actores que intervienen en los canales de distribución y en la cadena de suministro. Otro subsistema Incluido en el subsistema vías de apartado y estacionamiento al que haremos referencia explícita, es el subsistema derivaciones y apartaderos—N (12)/3. El subsistema se ha discriminado en derivaciones particulares de empresas y derivaciones particulares de polígonos industriales.

Las derivaciones son tramos de vía de propiedad particular que desde la REFIG, bien en plena vía o bien desde una estación o terminal, acceden a un apartadero; estos cuentan con playas de vías o muelles de de carga y descarga, asimismo, pueden tener vías dentro de las naves. Las derivaciones suelen ser privadas y los apartaderos también, regulándose las relaciones con el administrador de Infraestructuras mediante un contrato y la documentación técnica necesaria para su explotación; no obstante, también los hay públicos.

Por extensión, incluimos las derivaciones a las que se accede sin un ramal- rama desviada en una bifurcación de la vía principal- o tramo de vía, propiamente dicho, como ocurre con aquellas situadas dentro de las terminales que dan acceso a los apartaderos. Recordaremos, que en nuestra área de estudio sólo hay actividad en las estaciones y terminales de Morata de Jalón[445], Grisén, Luceni, Centro Logístico de Zaragoza Plaza, Samper de Calanda, Cogullada, Zaragoza Corbera Alta, Zaragoza Arrabal, San Gregrorio, Zuera, Cuarte de Huerva y María de Huerva. Desde estas terminales se accede a los apartaderos y derivaciones que son de nuestro interés (ver tabla 6-49).

[445] En Morata de Jalón, actualmente no existe actividad. Se ha constatado en el Plan de Transporte de 20 de junio de 2012 que no existen trenes con origen o destino en/a Morata de Jalón; los últimos trenes se recibieron/expidieron en enero de 2012. Citamos la estación y su apartadero, porque los datos de tráficos anuales que se han utilizado incluyen desde el año 2007 hasta el año 2011 y sí hubo actividad en este último año.

Tabla 6-49. Apartaderos y derivaciones particulares en servicio en 2012 en la isocrona de 60' en camión. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza

APARTADEROS Y DERIVACIONES PARTICULARES EN SERVICIO EN LAS LÍNEAS DE FERROCARRIL CON PASO POR EL NODO DE ZARAGOZA DENTRO DE LA ISOCRONA DE 60' EN CAMIÓN								
LÍNEA	TIPO LÍNEA	ESTACIÓN/TERMINAL	GESTIÓN	MODELO NEGOCIO	SOCIEDAD/EMPRESA	TRÁFICOS	ACCESO	POLÍGONO INDUSTRIAL
MADRID	A-1	MORATA DE JALÓN	S.Logísticos	Directa	CEMEX	Cementos	Estación	
	A-1	GRISÉN	S.Logísticos	Directa	OPEL	Automóviles	Derivación	Polígono Entrerrios
					CORTASA	Siderúrgicos	Derivación	Polígono El Pradillo
RONDA SUR	A-2	C.L. ZARAGOZA PLAZA	S.Logísticos	Directa e Indirecta	Plataforma Logística de ZARAGOZA PLAZA S.A.	Electrodomésticos	Derivación	Plataforma Logística Zaragoza Plaza
BARCELONA	A-2	COGULLADA	DOIRCO		C.A.F.	Material FF.CC.	Estación	Polígono Cogullada
					TMZ-TERMINAL MARÍTIMA DE ZARAGOZA	Alimentación	Estación	Polígono Cogullada
	A-2	ZARAGOZA CORBERA A.	S.Logísticos	Directa	TORRAS PAPEL	Papel	Ramal	
					S.A.I.C.A	Papel	Estación	Polígono Cogullada
					VEHIZASA	Siderúrgicos	Estación	Polígono Cogullada
	A-2	ZARAGOZA CORBERA A.	S.Logísticos	Directa	TMZ-TERMINAL MARÍTIMA DE ZARAGOZA	Alimentación	Estación	Mercazaragoza-Polígono Cogullada
	A-2	SAN GREGORIO	Mº Defensa	Directa		Militares	Ramal	
	A-2	ZUERA	S.Logísticos	Directa	CAMPA UBICAR-SEMAT	Automóviles	Estación	
					CEPSA-ELF	Combustibles	Ramal	
BILBAO	A-1	LUCENI	DOIRCO	Autoprestación	TYPSA	Mat. Construcc. vía FF.CC.	Estación	
					PUERTO SECO SANTANDER-EBRO	Automóviles	Estación	
TERUEL- VALENCIA	C	MARÍA DE HUERVA	S.Logísticos	Autoprestación	REPSOL BUTANO	Combustibles	Derivación	
	C	CUARTE DE HUERVA	Patrimonio	Autoprestación	VICASA	Mineral	Estación	
TARRAGONA	A-2	EL ESPARTAL	DOIRCO	Autoprestación	SAICA II	Papel	Derivación	Polígono El Espartal. El Burgo de Ebro
	A-2	SAMPER	S.Logísticos	Directa	ENDESA	Carbón	Ramal	

Fuente: elaboración propia

En la línea de Madrid, dentro de la isocrona, encontramos actividad en las terminales/estaciones y derivaciones particulares, de Morata de Jalón y Grisén, sobre todo en la derivación particular de Opel España Automóviles S. A. en la línea de Madrid.

Desde la estación de Morata de Jalón se sirve al apartadero particular de la industria cementera ***CEMEX*** ESPAÑA, S.A.; señalaremos, que las maniobras sobre el apartadero interceptan el paso a nivel (S.B.E.) del camino rural de Chodes a Morata que cruza las vías de la estación en el lado de Madrid. Cuando se concede la maniobra local para acceder al apartadero se produce el cierre automático del paso y se activa un cuadro de mando local instalado al pié del mismo que permite subir o bajar las semibarreras según las necesidades de las maniobras a realizar.

Los tráficos expedidos son cemento, principalmente, a Monzón Río Cinca. Los tráficos recibidos son insumos utilizados en el proceso de producción de cemento, como carbón, procedente del puerto de Tarragona para alimentar los hornos, y ceniza de la central térmica de Endesa en Andorra desde Samper de Calanda para producir un tipo de cemento denominado *siderúrgico*; asimismo, hubo en el pasado algunos tráficos de Clinker[446] procedente de Tarragona.

En cuanto a la estación de Grisén indicaremos que es el origen del ramal que accede a los apartaderos particulares de OPEL ESPAÑA S.A. (antes GENERAL MOTORS ESPAÑA S.A.) y de CORTASA. El primero de ellos se sitúa en el polígono industrial Entrerrios y el segundo en el polígono industrial del Pradillo. Esta circunstancia se debe a la colindancia de de ambos polígonos como consecuencia de su implantación en los límites de los términos municipales de Figueruelas y Pedrola.

El Ramal tiene un desvío de agujas intermedio para acceder a uno u otro apartadero, asegurado con una cerradura bouré. Dicha llave también produce la bajada de semibarreras automáticas cuando se accede al apartadero de CORTASA para proteger la carretera que separa ambos polígonos.

En el apartadero de Opel España S.A. –conocida popularmente como General Motors— la actividad se centra en el aprovisionamiento para la producción y el ensamblaje de vehículos turismo en la factoría de Opel, así como, en la expedición de los vehículos terminados. Tiene una capacidad de producción de 480.000 vehículos/año.

[446] El clinker es la principal materia prima de la que se obtiene el cemento; se trata de caliza cocida.

Los tráficos que expide son esencialmente vehículos turismo a los puertos de Tarragona y, en mayor medida, al de Pasajes, cuyo acceso se realiza desde la Terminal de Lezo-Rentería; también a la frontera de Irún-Hendaya. Asimismo, expide algunos trenes con piezas a la frontera de Portbou-Cerbere y otros con residuos del proceso productivo de la factoría como chatarra a Júndiz (Álava).

Los tráficos que recibe son principalmente los retornos en vacío de los trenes de porta-autos cargados que expide, así como de otros orígenes, que de esta forma, completan un ciclo de transporte más amplio; asimismo, recibe el retorno de los trenes vacíos de chatarra. Además, recibe bienes intermedios para el proceso de producción como piezas y motores de la frontera de Portbou-Cerbere.

Por su parte, el apartadero de Cortasa pertenece a dicha empresa y su actividad es el corte y aplanado de bobinas de chapa de acero laminada; tiene también la función de almacén regulador. Recibe vagones cargados de bobinas de chapa de acero laminada de Sagunt para el proceso productivo de la factoría de Opel y expide los vagones porta-bobinas de retorno en vacío a Sagunt. Los trenes llegan/salen a/desde la estación de Grisén y sus vagones son maniobrados cargados o vacíos con la locomotora de maniobras hasta/desde el apartadero.

También el Centro Logístico de Zaragoza Plaza, en la Ronda Sur, cuenta con una derivación –vía madre- que accede a lo que se denomina Área Lógística Intermodal Ferroviaria (A.L.I.F.) de la Plataforma Logística de Zaragoza Plaza S.A, que tiene una extensión de 67 Ha.; a dicha vía se conectan los apartaderos particulares de las empresas allí ubicadas, BSH y VEHIZASA, aunque este última sin actividad en la actualidad.

BSH Electrodomésticos España, integrada en el grupo BSH (Bosch und Siemens Hausgeräte GMBH), tienen aquí un centro logístico regional desde donde el grupo distribuye sus electrodomésticos a los mercados español y portugués, y exporta los fabricados en las plantas españolas.

Recibe tráficos desde la frontera de Portbou-Cerbere procedentes del sur de Alemania y expide otros tráficos al puerto de Valencia. Los trenes llegan y se expiden desde el Centro Logístico de Zaragoza Plaza; la maniobra de los vagones se realiza hasta/desde el muelle de carga y descarga del apartadero con la locomotora de maniobras desde dicho Centro Logístico.

En cuanto a la actividad de VEHIZASA, Venta Hierros Zaragoza S.A., cuya empresa matriz es Venta de Hierros y Aceros Calibrados S.A. cuya actividad es el comercio mayorista de hierros. Desde su conexión a la vía madre de la derivación no ha realizado actividad alguna.

Aún se encuentra otra empresa instalada en esta área –Pikolín-, cuya actividad es la fabricación y venta de artículos de descanso, como colchones, etc. No tiene conexión ferroviaria por la falta de interés de los responsables de la empresa en este modo de transporte, al disponer de flota propia de camiones y considerar dichos responsables que así ahorran en costes de transporte. No obstante esto, existe posibilidad de conexión.

En la línea de Barcelona -vía Lérida-, el primer apartadero que encontramos es en estación de Cogullada, si bien, no tiene actividad actualmente. Pertenece a la empresa Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles S. A. (C.A.F.). La factoría de CAF en Zaragoza fabrica diverso material ferroviario, con excepción de las locomotoras, los bogies y los ejes y ruedas, que se fabrican, elaborando los aceros especiales necesarios, en la factoría de Beasain (Guipuzcoa). Tiene una mayor especialización que la planta anterior en la construcción de metros.

Citaremos, asimismo, que en CAF ha construido, entre otros, el tranvía de Zaragoza y algunas de las locomotoras de línea utilizadas en RENFE (por CAF o en consorcio con otras empresas), como pueden ser las de la serie 250, 251, 252. Añadiremos, que

también ha diseñado y construido la locomotora dual o híbrida con tracción diesel-eléctrica Bitrac (versiones Bo´-Bo´ y Co´-Co´), así como locomotoras de maniobras diesel-hidráulicas.

Igualmente, en la línea de Barcelona, aunque con acceso desde un ramal que sale de la terminal de Zaragoza Corbera Alta encontramos la terminal de Zaragoza Arrabal, que se sitúa en la parte noreste del polígono industrial de Cogullada. En dicha terminal se encuentran los apartaderos particulares de VEHIZASA y SAICA (Sociedad Anónima de Industrias de Celulosa Aragonesas), ambos sin actividad.

Vehizasa, como se ha dicho, es una empresa mayorista de hierros. Saica[447], por su parte, se dedica al reciclado de papel y cartón, a la fabricación de papel para cartón ondulado, así como, al diseño, fabricación y entrega de cualquier tipo de envase o embalaje en papel y cartón ondulado o compacto. Tiene una amplia cobertura geográfica de sus distintas actividades a escala nacional y europea (Francia, Portugal, Reino Unido, Irlanda e Italia).

En la planta de SAICA I, se gestiona y realiza la recuperación de papel y cartón; asimismo, se produce papel para cartón ondulado, con una capacidad de producción de 500.000 Tm/año; da cobertura a los mercados de Zaragoza, Huesca, Teruel y Soria. Puntualizaremos que en España sólo existen dos plantas de producción de papel, SAICA I y SAICA II (El Burgo de Ebro). También, actualmente se accede desde la terminal de Zaragoza Corbera Alta a la derivación particular de la Terminal Marítima de Zaragoza (T.M.Z.) (2007).

El puerto de Barcelona ha tratado de optimizar la distribución de mercancías y captar nuevos tráficos extendido su hinterland hacia el corredor del Valle del Ebro. Así, la terminal es un puerto interior desarrollado para el comercio internacional marítimo, con la función nodal en el subsistema de transporte de intercambio modal entre los tres modos de transporte de superficie, carreta-ferrocarril-marítimo.

Está vinculada a Mercazaragoza, S.A. (Mercados Centrales de Abastecimiento de Zaragoza, S.A), la Plataforma Alimentaria del Valle del Ebro. Es uno de los mayores centros de distribución alimentaria del cuadrante noreste peninsular y que puede abastecer a doce millones de habitantes[448]. También a la Terminal de Contenedores de Barcelona (T.C.B.), una de las plataformas logísticas más importantes del Mediterráneo y el grupo al que pertenece el primer operador marítimo español de terminales portuarias.

Su actividad se centra en la distribución y logística alimentaria de productos frescos contenerizados. Así, recibe y expide trenes con origen/destino en/a Barcelona Puerto, los contenedores son expedidos cargados y los retornos son en su mayoría, vacíos. También realiza otros tráficos con dicho puerto, como puede ser alfalfa para la alimentación de animales, con destino Arabia Saudí; el retorno de los contenedores es en vacío.

Además, también desde la terminal de Zaragoza Corbera Alta sale un ramal sin electrificar de aproximadamente 7 km, que llega hasta el apartadero de la fábrica papelera de Torras Papel S. A., integrada en el Grupo Lecta.

---

[447] Tiene tres divisiones con integración vertical: SAICA Natur, SAICA Paper y SAICA Pack, cuya actividad es la recuperación de papel y cartón, la fabricación de papel y cartón, y el diseño y producción de embalajes de papel y cartón, respectivamente. En territorio aragonés, además de la planta de Zaragoza (SAICA I) y del Burgo de Ebro (SAICA II), hay una planta transformadora de la división SAICA Pack implantada en el municipio de Alfajarín, que provee a los sectores Agroalimentario, bebidas y refrescos, automoción, textil y químicas, de los mercados de Aragón y País Vasco.

[448] En el año 2009 se comercializaron 122.614 Tm de frutas y verduras, 26.740 Tm de pescados y 24.278 Tm de Carnes.

Se accede al apartadero, desde dicha terminal, utilizando la locomotora de maniobras asignada a Zaragoza Arrabal. Situada en el barrio rural de Montañana, al noreste de la ciudad de Zaragoza, es conocida como la Montañanesa. Su actividad se centra en la producción de papel estucado, papeles especiales y papel soporte para la industria gráfica, con una producción de 176.000 Tm/año, y en la producción de pasta de celulosa, con una producción de 230.000 Tm/año.

Recibe tráficos de madera para el proceso productivo de fabricación de pasta de celulosa y papel, procedente de Galicia, y material vacío para transportar la pasta de celulosa. Expide los retornos en vacío de la madera recibida y la pasta de celulosa a Girona.

Desde la estación de San Juan de Mozarrifar sale el ramal electrificado de 3,5 km, que accede a la terminal militar de San Gregorio (1989), con titularidad del Ministerio de Defensa. La terminal se sitúa en el barrio rural homónimo al norte de la ciudad de Zaragoza. En cortos periodos de tiempo durante el año, para la realización de maniobras militares en el campo de tiro de San Gregorio, puede tener un tráfico considerable (100 trenes/año) de trenes militares con origen/destino de/en distintos puntos de España.

La última estación en que encontramos apartaderos, en la línea de Barcelona y dentro de la isocrona, es la de Zuera. En ella se sitúan el apartadero de UBICAR-SEMAT (2003)—campa de automóviles—y la derivación particular de CEPSA ELF GAS. El apartadero forma parte del centro logístico del automóvil gestionado por UBICAR, filial de SEMAT (Servicios Especializados Mantenimiento Almacenaje Transporte), que a su vez está integrada en Transfesa[449]. Su campa tiene una capacidad de almacenaje para 16.000 vehículos. Su actividad se centra en la prestación de todo tipo de servicios relacionados con el sector automovilístico.

Entre dichos servicios, subrayaremos la gestión de la distribución de vehículos. Incluyen la recepción de los vehículos nuevos desde las factorías de producción, por ferrocarril o carretera y, desde aquí se distribuyen por ferrocarril o carretera al cliente final, generalmente, a los concesionarios de todo el territorio español. También se reciben vehículos usados para una vez reparados y acondicionados, situarlos en los mercados de ocasión.

Mapa 6-25. Tráficos ferroviarios interiores de vehículos (Año 2009)

Fuente: Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC), documento final, parte I, 2011, p. 9.

La campa de vehículos es un nodo de distribución en el principal corredor de transporte ferroviario interior de vehículos. Dicho corredor con origen en el centro peninsular alcanza por el Corredor del Ebro los Puertos de Barcelona y Tarragona importantes *gateways* intermodales de salida para las exportaciones.

En el puerto de Tarragona, además de trenes con vehículos procedentes de las factorías peninsulares, también se reciben trenes cargados con piezas de automóvil para su exportación.

[449] Transfesa está formada por más de cuarenta empresas y, actualmente, es filial de DB Shenker Rail. DB Schenker combina las actividades de transporte y logística de Deutsche Bahn, los ferrocarriles alemanes, y es uno de los principales proveedores a nivel mundial de servicios logísticos integrados y de transporte de mercancías.

En el mapa (ver mapa 6-25), el mencionado corredor discurre sobre la línea de Zaragoza a Tarragoza (vía Caspe), pero en esta línea, generalmente, los trenes circulan en sentido a Zaragoza; la línea utilizada hacia los mencionados puertos es la de Zaragoza a Barcelona (vía Lérida).

Sobre los tráficos de la campa de Zuera indicaremos que recibe trenes cargados con automóviles de Villaverde clasificación; también trenes de porta-autos vacíos procedentes de Hendaya y La Llagosta.

Expide trenes cargados con automóviles con destino Villaverde Clasificación y trenes con plataformas porta-autos vacías a Grisén y La Llagosta. En cuanto al apartadero de CEPSA ELF, indicaremos que se sitúa a unos tres kilómetros de Zuera en la antigua línea de ferrocarril no electrificada de Zuera a Turuñana, una vía directa de Zaragoza a Canfranc sin pasar por la ciudad de Huesca, que fue cerrada en 1971. Actualmente la línea está prácticamente desmantelada.

CEPSA (Compañía Española de Petróleos S.A.) tiene aquí una planta de almacenaje y envasado de botellas de propano, gas licuado del petróleo (GLP)[450], para dar cobertura a la provincia de Zaragoza. Suministra gas a granel en camiones a depósitos (con capacidad de 1.000 a 50.000 Kg) instalados en viviendas, industria, sector agropecuario, etc; por su parte, el gas envasado es suministrado en botellas (X-Lite) de 11 y 35 Kg para uso doméstico, industrial, carretillas elevadoras, servicios (taxi), etc.

Recibe trenes de cisternas cargadas con propano procedentes de Huelva, cargadas en la refinería de Cepsa *La Rábida*, situada en Palos de la Frontera. Las cisternas vacías retornan a Huelva. Por lo que respecta a la línea de Tarragona, en el municipio zaragozano de El Burgo de Ebro encontramos en plena vía la derivación particular que sirve el apartadero del Espartal.

Da servicio a la planta de SAICA II, cuya producción de distintos tipos de papel para diversos usos, entre ellos, la fabricación de cajas de cartón, es de 1,175 millones de Tm/año. La cobertura de SAICA II alcanza gran parte del territorio nacional con excepción del cuadrante noroeste peninsular, si bien, hubo desde 2008 hasta hace poco tiempo, tráfico con A Coruña; asimismo alcanza también a Portugal. Los tráficos de salida corresponden a trenes cargados con bobinas de papel con destino a Barcelona, Sevilla, Silla y a la frontera portuguesa de Vilarformoso para las plantas integradas de Saica Pack en Lisboa y Ovar. Los retornos se realizan con trenes cagados de papel reciclado para la fabricación de los distintos tipos de bobinas de papel.

Señalaremos que Saica Natur tiene numerosas plantas recicladoras de papel repartidas por toda la geografía nacional y tres en Portugal (Alcochete, Moreira da Maia y Sintra). También encontramos, en esta misma línea, el ramal particular[451] en vía única sin electrificar de ENDESA (Empresa Nacional de Electricidad S.A.).Tiene origen el la estación de Samper de Calanda y llega hasta la central térmica *Teruel*[452] en el municipio turolense de Andorra que fue inaugurada en noviembre de 1981.

---

[450] Los Gases Licuados de Petróleo (GLP) se obtienen directamente de yacimientos de gas natural y también de la destilación del petróleo en la refinería. Los GLP una vez extraídos como gases de refinería son comprimidos hasta licuarlos y se mantienen en estado líquido durante su transporte y almacenamiento.

[451] Es parte del antiguo ferrocarril minero-industrial de Andorra a Escatrón que transportó el carbón desde la cuenca minera de Andorra a la central térmica de Escatrón. Al abandonar la explotación de la mencionada central el tramo entre Escatrón y Samper de Calanda se cerró en la década de los 80.

[452] La central consta de tres grupos de producción, cada uno de ellos con caldera, turbina y torre de refrigeración. Cada grupo, cuyo alternador generador es refrigerado por hidrógeno, tiene una capacidad de producción de 350 Mw/h, con una tensión de salida a 18 Kv que es

El Ramal tiene aproximadamente 35 km de longitud y su rampa máxima es de 16 milésimas, asimismo, el trazado presenta gran cantidad de curvas de radio reducido. La insuficiente calidad de los lignitos de la cuenca minera de Andorra hizo que se importase carbón de otros países como Sudáfrica, especialmente, hulla para favorecer la combustión y disminuir los efectos contaminantes de la misma. Los tráficos de llegada corresponden al transporte de dicho carbón desde el puerto de Tarragona hasta la central térmica. Los tráficos de salida corresponden al retorno del material vacío.

Hasta hace poco tiempo se realizaban regularmente tráficos de trenes cargados con ceniza de la combustión del carbón a Morata de Jalón para el proceso productivo de cemento; se recibían los trenes con el material vacío procedentes de Morata de Jalón para iniciar el ciclo. Los apartaderos de las de las líneas de ferrocarril restantes tienen poca actividad. En la línea de Valencia encontramos el apartadero particular de VICASA que está situado en la estación de Cuarte de Huerva y la derivación particular de REPSOL Butano S. A., que tiene su origen en la estación de María de Huerva.

Desde el apartadero de la estación de Cuarte de Huerva de atiende las necesidades de la empresa VICASA (Vidrieras de Castilla S. A), filial de Verallia, la división para envases de vidrio del grupo francés Saint-Gobain. VICASA es una de las cinco fábricas en España integradas en Verallia.

Su actividad se centra en la fabricación de botellas y tarros de vidrio, para el envasado de alimentos y bebidas, y de frascos de vidrio para el envasado de productos de perfumería y laboratorio de todas las gamas y en siete colores. También fabrica fibra de vidrio.

Las instalaciones de VICASA constan de dos hornos de fundido, con una capacidad de fusión superior a 20 Tm/día y cinco líneas de fabricación. Para producir vidrio se realiza una mezcla con distintos materiales y proporciones[453] que posteriormente se introduce en el horno. Para desarrollar su actividad recibe trenes con arena procedente de Teruel que retorna en vacío a dicho origen para comenzar el ciclo. Actualmente, la estación de Cuarte de Huerva se explota con el Modelo de Gestión en Autoprestación no se dispone de datos de años anteriores, puesto que, al ser una estación focalizada desde Zaragoza Plaza los trenes recibidos y espedidos están incluidos los datos de tráfico de dicha estación.

En cuanto a la derivación no electrificada en vía única que accede al apartadero de REPSOL Butano desde la estación de María de Huerva, indicaremos, que tiene aproximadamente 3 km de longitud. Repsol Butano dispone de una factoría cuya actividad se centra en el llenado de botellas de butano (12,5 Kg y la nueva K6 de 6 Kg, que es reciclable) y propano comercial (11 Kg), para uso doméstico, industrial,

---

transformada para su transporte en la red eléctrica a 400 Kv; su consumo de carbón es de 188 Tm/h.

[453] La composición está formada por: arena (71%), Sosa procedente de Carbonato Sódico (14%), Cal procedente de Carbonato Cálcico (11%), diversos materiales en especial colorantes (4%). Para ciertos productos se complementa con otras materias primas. A la mezcla se le añade Calcín –vidrio reciclado triturado—, cuyo uso permite la reducción de consumo tanto de materias primas como de energía.

El proceso de producción comienza con el fundido de la mezcla en el horno a 1.500 ºC. Posteriormente, el vidrio fundido es transportado por unos canales de distribución (feeders) hasta las máquinas de conformado, se corta en gotas y se le da forma, bien, soplado o prensado en una plataforma hueca. Por último, para garantizar la solidez de los envases de vidrio deben calentarse y después enfriarse progresivamente en un túnel llamado horno (o archa de recocido) este proceso dura entre 30 minutos y dos horas. También, al objeto de aumentar su resistencia al rayado reciben un tratamiento de superficie en caliente antes de su paso por el horno y en frío después de su salida. Una vez terminados los envases de vidrio huecos se someten a una máquina de control para garantizar su calidad.

carretillas elevadoras, servicios (taxi), etc. También se realiza la carga de camiones cisternas para la distribución a granel del GLP a depósitos de hogares, industrias, etc.

Recibe tráficos de trenes con cisternas de butano[454], gas licuado del petróleo, procedentes de Tarragona, que almacena para desarrollar su actividad. Expide trenes con cisternas vacías a Tarragona para comenzar el ciclo. Actualmente, se explota con el Modelo de Gestión en Auto-prestación.

Por último en la línea de Bilbao se ubican en la estación de Luceni los apartaderos de TYPSA (Tuberías y Prefabricados S.A.) y el del Puerto Seco Santander-Ebro, este último sin actividad ferroviaria. Actualmente, la estación de Luceni se explota con el Modelo de Gestión en Auto-prestación. Al igual que en Cuarte de Huerva, no se dispone de datos de años anteriores, puesto que, al ser una estación focalizada desde Zaragoza Plaza, los trenes recibidos y espedidos están incluidos los datos de tráfico de dicha estación. No obstante esto, podemos decir que se han expedido trenes de traviesas a distintos destinos y se han recibido trenes con plataformas porta-traviesas vacías.

TYPSA, integrada en el grupo Isolux Corsán, es una compañía dedicada a la fabricación e instalación de tuberías, prefabricados de cemento y traviesas de hormigón. En Luceni cuenta con una línea de producción con capacidad para fabricar 2.000 traviesas de hormigón al día.

El Puerto Seco Santander-Ebro, al igual que el de Barcelona en TMZ, ha tratado de optimizar la distribución de mercancías extendido su *hinterland* hacia el corredor del Valle del Ebro[455]. Este centro de consolidación ofrece servicios de valor añadido a las mercancías a fabricantes y operadores de transporte y logísticos – terrestres y marítimos-, transitarios y distribuidores. Incluyen manipulación, almacenaje y control de vehículos, mercancías y plataforma para intercambio de transporte combinado, así como depósito aduanero.

Por último, indicaremos que está prevista la conexión por ferrocarril del Parque Tecnológico de Reciclado (PTR) desde la estación de La Cartuja, así como, la reserva de una zona de suelo en el parque para instalaciones ferroviarias con una superficie de 66.773 m^2.

∗Playas y muelles carga y descarga –N (-10)/7— y Equipamiento –N (-10)/8—

Hemos considerado la agrupación de ambos subsistemas para evitar redundancias entre las terminales y los apartaderos y derivaciones.

La actividad de carga y descarga que encontramos actualmente en las estaciones y terminales de nuestro ámbito de estudio, así como, de los apartaderos y derivaciones, está asociada, en unos casos, a la especialización productiva de cada industria y, en otros, a la especialización sectorial de cada empresa distribuidora. Además, dichas industrias y empresas únicamente reciben y expiden trenes completos, que en tráficos intermodales de contenedores son denominados “tren cliente” por la operadora Renfe

No obstante lo anterior, en el centro logístico de Zaragoza Plaza, además de los nombrados trenes clientes, también se realizan tráficos intermodales de forma estándar en trenes multicliente. Las grúas pórtico montadas sobre raíl de Konecranes son una elección excelente para las terminales intermodales donde los contenedores se cargan desde camiones a trenes y viceversa.

---

[454] En María de Huerva, actualmente no existe actividad. Citamos la estación y su apartadero, porque los datos de tráficos anuales que se han utilizado incluyen desde el año 2007 hasta el año 2010, este último con actividad.

[455] También hacia la Meseta a través de su participación en el Puerto Seco de Azuqueca de Henares.

El pórtico montado sobre raíl elimina los movimientos innecesarios y permite que la superficie de la terminal se utilice mejor. Así, desde el abandono del tráfico de vagón disperso, con excepción del mencionado tráfico intermodal, la carga general se realiza en trenes completos.

∗Accesos y control –N (-10)/9—

En la terminal o estación, propiamente dicha, la entrada de los flujos de camiones y vehículos pesados (cabeza tractora y remolque), y las mercancías, se produce a través de este subsistema y bien, acceden directamente por el subsistema viales—N(-11)/9—, o si existen tiempos de espera por cualquier causa (tramites, documentación, saturación, etc.), acceden al subsistema aparcamiento de pesados—N(-1)/10—, para posteriormente, a través del subsistema viales, acceder al subsistema playas-muelles de carga y descarga.

La salida de estos flujos, una vez se ha producido la carga (cargados) o descarga (vacíos) se realiza hacia el subsistema viales, saliendo del subsistema ferroviario, de forma intermodal al subsistema carretero.

El subsistema de accesos y control más desarrollado lo encontramos en Zaragoza Plaza. Sin embargo, es habitual que se registren colas de camiones a la entrada en momentos de picos de recepción por la dificultad de las instalaciones para absorber los flujos de carga y descarga. Desconocemos la situación de TMZ en cuanto a su capacidad para tratar sus tráficos.

Para finalizar el subsistema infraestructura e instalaciones, indicaremos, que la interacción entre los subsistemas estructura de vía de línea y de terminales da como resultado la capacidad del subsistema, en cuanto a unidades de producción de transporte, en este caso, los trenes. Si consideramos la naturaleza abierta del subsistema también haría de tenerse en cuanta la producción de transporte intermodal en el modo carretera.

Operador de transporte

El siguiente subsistema que abordamos es **servicios trenes**—**N(-8)/4**—

El volumen de mercancías transportadas por ferrocarril en nuestra área de estudio en el año 2011 fue escasa, como se verá un poco más adelante. Y, si bien es cierto, que las razones del descenso las encontramos en la crisis económica, no es menos cierto, que la cuota de mercado del modo ferrocarril en España es muy baja. Como consecuencia, la oferta de servicios de transporte ferroviario ha de adecuarse a la demanda para que los operadores puedan mantenerse en el mercado.

Sobre la materialización de la demanda de servicios de transporte en oferta, ya dijimos en apartados anteriores que las operadoras de transporte han de seguir un proceso en el que se analizan las características de su demanda de servicios de transporte y se estudia la viabilidad de los mismos. Posteriormente, los servicios viables los demandará la operadora al administrador de infraestructuras quién, a su vez, analizará su viabilidad y si lo son asignará los surcos y programará los trenes en la malla. De esta forma los operadores de transporte pueden tener una oferta regular de trenes que se materializa en un Plan de Transporte.

Puede ocurrir, como también se dijo, que los operadores capten nuevos tráficos y, por lo tanto, solicitar nuevos servicios de trenes; ello implica la repetición del proceso y la modificación de la malla. Para atender las modificaciones de sus planes de transporte solicitadas por las operadoras hay dos tipos de ajustes, los concertados y los mensuales.

Todo lo expuesto en los párrafos anteriores se estructuró en el subsistema del operador de transporte que hemos denominado servicio trenes—N(-8)/4—. Las salidas de dicho subsistema corresponden a los procesos relacionales que se establecen en

su interior con las salidas de los tres subsistemas que lo conforman, **demanda de trenes**—**N(-9)/1**—, **planificación de trenes** —**N(-9)/2**— y **oferta de trenes**—**N(-9)/3**—

El subsistema servicio trenes, como resultado de la interacción de los mencionados subsistemas, es el que se utilizará para conocer cómo está constituida y distribuida la oferta de trenes en nuestra área de estudio. De esta forma, se podrá determinar la configuración de los flujos ferroviarios de mercancías con origen y destino en el área metropolitana de Zaragoza.

Puntualizaremos, que no se considerarán independientemente los tres subsistemas, primero, por no ser objetivo del trabajo alcanzar mayores niveles de resolución; segundo, por la gran dificultad encontrada en la obtención de información y de datos desagregados para ello.

También, se realizará una estimación de la demanda potencial de tráfico ferroviario que podría generar nuestra área metropolitana. No obstante lo anterior, es difícil conocer con una cierta exactitud dicha demanda ante la ausencia de datos del volumen de materias primas y productos semielaborados necesarios para los distintos procesos productivos, así como, de los volúmenes de dicha producción y de los orígenes y destinos de todos ellos. Así, los datos publicados no hacen referencia a magnitudes como el peso o el volumen sino a su valor económico o precio medido en euros o dólares.

Por otra parte, es conocido que las empresas no son proclives a facilitar información sobre los volúmenes, características y destino geográfico de su producción ni del volumen, características y origen geográfico de las materias y productos semielaborados. Tampoco de su estructura logística y sus canales de distribución. Pudo constatarse en el año 2007, cuando se realizó un intento de recabar información de las veinticinco empresas industriales de mayor importancia en Zaragoza. Se les hizo llegar una encuesta ligera, diseñada en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza para obtener información de algunos aspectos organizativos y de producción de dichas empresas.

Entre otros objetivos se pretendía incorporar los resultados a este trabajo. Sin embargo, si bien, conocíamos que los niveles de respuesta a las encuestas se sitúan entorno al 25% y son considerados aceptables, la respuesta fue poco significativa (8%). Fue un primer paso exploratorio para conocer, entre otras cuestiones, el nivel de respuesta de las empresas ante la posibilidad de diseñar y enviar a las mismas otra encuesta más profunda y completa[456], aunque más “pesada”, y ampliar la escala a todo Aragón. Así que, si bien, se diseño la encuesta no llegó a enviarse (ver anexo 7).

Dicho lo anterior, comenzaremos con la oferta de trenes que las distintas operadoras de transporte ponen en circulación hacia/desde las terminales y centros logísticos que estamos considerando. Además, también indicaremos los trenes que circulan por el nodo de Zaragoza pero que no efectúan ningún tipo de operación, es decir, trenes de paso sin parada que no aportan ningún beneficio o ventaja competitiva a nuestro territorio (efecto túnel).

- **Operador de transporte—N(-7)/ Vehículos—N(-8)/6—/Locomotoras—N(-9)/1**—.Puntualizaremos, que comenzamos con el subsistema vehículos, si bien, el ordinal de la posición horizontal es más elevado y por lo tanto posterior, ya que es el fundamento del subsistema operador de transporte; también para entender mejor el subsistema servicio trenes, puesto que, incluye referencias al subsistema vehículos.

[456] En el transcurso del diseño de la encuesta se contactó con el Profesor M. Beuthe, corresponsable del *Groupe Transport & Mobilité* de las Facultades Universitarias Católicas de la ciudad de Mons en Bélgica quien trabajada en el análisis global de los factores cualitativos que afectan a la elección del modo de transporte para el transporte de mercancías. Nos recordó el incremento de la dificultad de respuesta de las empresas ante encuestas “pesadas”.

Por otra parte, en primer lugar, precisaremos que no todos los operadores de transporte que operan en España prestan sus servicios en nuestra área de estudio. En segundo lugar, indicaremos, que los distintos modelos de locomotoras —series y subseries—, con algunas pocas excepciones que operan a escala nacional no son exclusivas en nuestra área. Dichas excepciones hacen referencia a las locomotoras de la operadora Comsa Rail Transport, Bitrac, 312 MZIII y 317. Sin embargo, existen algunas diferencias cuantitativas y cualitativas entre los operadores de transporte.

Con respecto a las diferencias cuantitativas señalaremos, como es sabido, que la operadora pública Renfe mercancías cuenta con el mayor parque de locomotoras (ver tabla 6-50). En cuanto a las diferencias cualitativas, por su parte, son la falta actual en el mencionado parque de la locomotora diese-eléctrica Bitrac 3600 de CAF y de la locomotora diesel de la serie 335, la más utilizada por las operadoras privadas; no obstante, Renfe tiene cinco alquiladas a la empresa Alpha Trains[457], si bien, no prestan servicio sobre el territorio aragonés. Hemos figurado en la tabla, hasta donde conocemos, el número y tipo de locomotoras del parque de cada operador que presta sus servicios de transporte en nuestra área o cuyos trenes atraviesan el nodo de Zaragoza.

También, sucintamente, algunas de las características de esas locomotoras que contribuyen a indicarnos su capacidad de arrastre y a apreciar las diferencias entre las mismas. Asimismo, se han tenido en cuenta locomotoras con poco uso en tracción sencilla, como las de la serie 269.xxx, para poder apreciar la diferencia con la tracción múltiple. Hay que tener en cuenta, que nuestro interés se centra en la capacidad de arrastre de las locomotoras porque es una de las salidas más importante del subsistema locomotoras para cuantificar la producción de transporte de cada tren y, por extensión, de cada territorio.

En cualquier caso, recordaremos que los elementos que constituyen cada subsistema del subsistema locomotoras y las relaciones que se establecen entre ellos son las salidas del subsistema locomotoras; cada una de las locomotoras tendrá así, unas prestaciones distintas a las demás en función de dichos elementos y sus relaciones.

De las locomotoras de línea que figuran en la tabla matizaremos que las locomotoras de la serie 251.000 y de la subserie 289.100 prestan servicio en las relaciones entre Zaragoza Arrabal y León, así como entre Zaragoza Plaza y Bilbao, respectivamente. También, que de las locomotoras de Comsa Rail Transport, por nuestra área de estudio, los trenes son remolcados mayoritariamente por locomotoras de la serie 335, si bien, el tráfico de bobinas de papel desde El Espartal a Valencia circula con locomotoras de la serie 253.

Asimismo, que las locomotoras de la serie 269 no suelen circular en tracción sencilla por nuestro territorio, algunas se han reformado y circulan en tracción múltiple, en mando múltiple o en composiciones indeformables Tandem. En un principio, hubo cuatro subseries —269.0xx/1xx, 269.2xx, 269.5xx, 269.6xx—todas ellas birreductoras, si bien, con características particulares para arrastrar tanto trenes de viajeros a 140 km/h (G.V) como de mercancías 80/90/100 km/h (P.V).

[457]Filial Europea de *Angel Trains*, que se dedica al alquiler de vehículos ferroviarios en Europa; en España la razón social es Alpha Trains Iberia S.A. *Angel Trains* es la compañía de leasing de material ferroviario con más volumen de negocio en Europa. En España dispone de un parque de 22 locomotoras de la serie 335 EURO 4000, de las cuales tiene alquiladas 14 a distintas operadoras.

Tabla 6-50. Parque de locomotoras de mercancías de ancho ibérico en España

PARQUE DE LOCOMOTORAS DE MERCANCÍAS DE LOS OPERADORES CON SERVICIOS DE TRANPORTE EN ZARAGOZA. AÑOS 2008 y 2011											
TIPO TRACCIÓN	SERIE	Nº 2008 (Renfe)	Nº 2011 (OFE)	LONGITUD Entre topes (m)	VELOCIDAD Máxima (km/h)	PESO (t)	POTENCIA (kW)	ESFUERZO TRACCIÓN (kN)		DIÁMETRO RUEDA (mm)	DISPOSICIÓN EJES (U.I.C.)
								Arranque	Continuo (Km/h)		
RENFE OPERADORA											
ELÉCTRICA	251.000	29	28	20,70	100	135	4.650 C	453	362 (44)	1.250	B'B'B'
	253.000	0	100	18,90	140	85	5.400 T	300	234 (80)/260 (60)	1.250/1.170	B'B'
	269.000/100	85	87	17,27	80 (1)	88	3.100 C	324	263 (41)	1.250	B'B'
	269.200/500	44		17,27	100/90 (1)	88	3.100 C	283	236 (47)	1.250	B'B'
	269.700	18		17,27	120	88	3.100 C	s.d.	s.d.	1.250	B'B'
	269.950	20		17,27	100	88	3.100 C	s.d.	s.d.	1.250	B'B'
	269.350	6	22	34,54	100	176	6.200 C (2)	s.d.	s.d.	1.250	B'B'+B'B' (5)
	269.750	0		34,54	120	176	6.200 C (2)	s.d.	s.d.	1.250	B'B'+B'B' (6)
	269.850	7		34,54	100	176	6.200 C (2)	s.d.	s.d.	1.250	B'B'+B'B' (6)
	289.100	9	9	34,24	100	168	6.200 C (2)	648 (3)	534 (41) (3)	1.250	B'B'B'B' (5)
DIESEL	319.200	28	4	19,50	120	110	1.190 C	480 (4)	236 (18)	1.067	Co' Co'
	319.300	11	22	19,50	140	117	1.641 C	425 (4)	209 (25)	1.029	Co' Co'
	319.400	10		19,50	120	116	1.641 C	530 (4)	209 (25)	993	Co' Co'
	333.300	66	82	22,33	120	120	2.237 N	340	314 (20)	1.067	Co' Co'
	335.000		5 (7)	23,02	120	123	3.178 N U	400	110 (80)/385 (20) (4)	1.067	Co' Co'
CONTINENTAL RAIL											
DIESEL	319.200		4	19,50	120	110	1.190 C	480 (4)	236 (18)	1.067	Co' Co'
	333.300	2	2	22,33	120	120	2.237	340	320 (20)	1.067	Co' Co'
	335.000		4	23,02	120	124	3.178	400	385 (20) (4)	1.067	Co' Co'
ACTIVA RAIL (EX-EURO CARGO RAIL)											
DIESEL	335.000	5	7 (7)	23,02	120	124	3.178	400	385 (20) (4)	1.067	Co' Co'
TRACCION RAIL											
DIESEL	319.200		2	19,50	120	110	1.190 C	480 (4)	236 (18)	1.067	Co' Co'
	333.300	2	2	22,33	120	120	2.100	340	320 (20)	1.067	Co' Co'
COMSA RAIL TRANSPORT-TAKARGO											
DIESEL	312 MZ III	2	2	21,00	165	123	2.867	390	s.d.	1.015	Co' Co'
	317.000		2	15,23	100	80-88	1.700	282	s.d.	1.000	B'B'
	335.000	2	9	23,02	120	124	3.178	400	385 (20) (4)	1.067	Co' Co'
ELÉCTRICA	253.000		3	18,90	140	85	5.600	300	234 (80)/260 (60)	1.250/1.170	B'B'
DIESEL/ELECTRICA	601.000		1 (8)	22,41	120	130	3.600/4.450	440	265 (60) (4)	1.250	Co'Co'
LOGITREN											
DIESEL	335.000		2 (7)	23,02	120	124	3.178	400	385 (20) (4)	1.067	Co' Co'

OFE: Observatorio del Ferrocarril en España
s.d: sin datos
Potencia: C continua, T total, N nominal, N U nominal UIC
(1) PV: mercancías
(2) No se dispone de datos. Se trata de locomotoras modificadas que provienen de las subseries 269.000 (269.850) y 269.200 (269.350, 269.700, 269.750, 269.950); se han tomado como valores de referencia los de las locomotoras originales y el doble los valores en el caso de doble tracción (Mando Múltiple)
(3) No se dispone de datos. Para el valor del esfuerzo en arranque se ha tomado el doble de la locomotora 289000. En régimen continuo el valor del esfuerzo de tracción es correcto; se desconoce la velocidad.Se ha tomado el valor de la locomotora de la serie 289000
(4) Valor aproximado obtenido de la curva característica esfuerzo-velocidad
(5) Tandem
(6) Mando múltiple
(7) Alquiladas a Angel Trains
(8) En servicio en la relación Gijón o Avilés a Ponferrada para tráfico de carbón. Fue encargada a CAF por el operador FESUR. La fuente para asignar dicha locomotora a Comsa pertenece al boletín de Vía Libre del 6 marzo de 2012, no procede del OFE.

Fuente: Renfe, Parque de material motor de Renfe, actualización 24-10-2008, intranet Renfe.
Renfe, Manuales descriptivos y de conducción, locomotoras 251, 253, 269, 289.1, 319.2. 319.4 333.3, varios años, aula multimedia, intranet Renfe.
Observatorio del Ferrocarril en España, Informe 2011, diciembre 2012, pp. 215-216.
CAF (2007), Catálogo Bitrac 3600.
VOSSLH (2008), Ficha Técnica Euro 4000.
Trenes Hoy (1984), Album de Material Motor, Dirección de Material, Renfe.
www.ferropedia.es

Posteriormente, algunas locomotoras se transformaron, dando como resultado nuevas subseries e infraseries; también, con el paso del tiempo muchas dejaron de prestar servicio al haber cumplido su ciclo de vida o resultar obsoletas. El objeto de las transformaciones y modificaciones fue la especialización de las locomotoras en función de las necesidades de cada operador de la extinta RENFE[458] (Cargas, transporte Combinado, Grandes Líneas) y que resultasen aptas exclusivamente para un tipo de tráfico determinado.

Así, mediante la incorporación en los bogies de transmisiones monorreductoras a partir de la subserie 269.0xx/1xx se creó la subserie 269.8xx para el transporte de trenes de mercancías a 100 km/h. De la subserie 269.2xx se crearon la subseries 269.7xx para el remolque de trenes de contendores a 120 km/h y de la subserie 269.9xx para el de los trenes de viajeros a 140 km/h. También, desde estas nuevas subseries se crearon algunas infraseries.

[458] Ahora, en las locomotoras modernas no son necesarias esas modificaciones mecánicas, con variar diferentes aspectos del "software" de la locomotora es suficiente.

A partir de dos locomotoras de la subserie 269.9xx, dotadas de transmisión monorreductora a 100 km/h para remolcar trenes de mercancías, se creo una composición indeformable *Tandem* que se numeró con la infraserie 269.35x. También con dos locomotoras en mando múltiple permanente se crearon las infraseries 269.75x, desde la subserie 269.7xx, y la 269.85x, desde la subserie 269.8xx. Además, desde la subserie 269.2xx modificada con transmisión monorreductora a 100 km/h se creó la infraserie 269.95x, si bien, las locomotoras de esta infraserie pueden circular en doble tracción con dos locomotoras en mando múltiple.

En cuanto a las locomotoras diesel indicaremos que hubo también modificaciones e incorporaciones de nuevos elementos a la serie original 333.xxx, que actualmente están retiradas del servicio como, entre otros, de los bogies para alcanzar mayores velocidades, de la relación de engranajes para lograr mayores esfuerzos de tracción para el transporte de mercancías, de las cajas, testeros, cabinas, etc.; la incorporación de un sistema de control electrónico en el motor, de un microprocesador, etc.

Asimismo, puntualizaremos, que las locomotoras de la serie 319.xxx, básicamente, son utilizadas para las lanzaderas y las maniobras de contorno en las estaciones de nuestra área de estudio. Pocos años atrás la subserie 319.400 prestaba servicio, además, de lo dicho anteriormente en los trenes de mercancías que circulaban por las líneas no electrificadas hasta Canfranc y por la línea de Teruel-Sagunto hasta Rubielos de Mora.

Una vez vistas algunas de las particularidades de las locomotoras de nuestra área de estudio, nos centraremos las salidas del subsistema locomotoras, que como ya se ha dicho, es la capacidad de arrastre de trenes que tienen las locomotoras. Así, la función del subsistema mencionado, dentro del subsistema transporte de mercancías, al relacionarse con la salida del subsistema vagones, es remolcar un conjunto de vagones, es decir, un tren.

Para desarrollar el trabajo de remolcar los trenes las locomotoras deben realizar un determinado esfuerzo de tracción. Dicho esfuerzo es la fuerza producida por la locomotora—en el caso de tracción simple— para comenzar el movimiento y aumentar la velocidad, es decir, es la resultante de las fuerzas producidas por el tren en el sentido de su marcha y que se opone a las resistencias al avance del tren. En el caso de doble tracción o tracción múltiple por cabeza al estar la tracción concentrada, el esfuerzo de tracción será el desarrollado por las locomotoras en cabeza de tren. Anteriormente ya se dijo que en la Red Española no está permitido circular más de dos locomotoras por cabeza y una por cola (sin enganchar). En otros países la tracción múltiple permite circular más locomotoras en cabeza o también varias locomotoras en tracción intercaladas entre la composición (tracción distribuida), como en Estados Unidos.

En la tabla 6-50 se han figurado algunas de las características de las locomotoras como el peso, la potencia, el diámetro de las ruedas y la disposición de los ejes[459], puesto que existe una relación directa entre dichas características y los esfuerzos de tracción, tanto en arranque como en régimen continuo, además, de con otras no figuradas, como por ejemplo, la suspensión o la transmisión (relación de engranajes de la transmisión mecánica)[460].

---

[459] Para mayor información se puede consultar la N.T.C 010.95 de RENFE *Numeración UIC del material rodante* y la ficha nº 650 de la U.I.C.: *Standard designation of axle arrangement on locomotives and multiple-unit sets*, 5th edition of 1.1.83.

460 Dependiendo del uso de la locomotora se determina la relación de los engranajes de la transmisión mecánica. Así, relaciones altas se usan para remolcar trenes de mercancías y relaciones bajas para trenes de viajeros. Por ejemplo, la serie 253 con una relación de 5,23 y la 252 con una relación de 3,96. En locomotoras diesel para mercancías la 333.3 con una relación de 3,38 (61:16) y la 335 con una relación de 3,94 (71:18) y para viajeros la 334 con una relación de 2,26 (61:27).

Asimismo, algunas de estas características técnicas, junto con las características geométricas de la vía—desde la que se obtiene la rampa característica de cada tramo de vía—son utilizadas para el cálculo de la carga máxima[461] que pueden arrastrar las locomotoras. Por ello, se abundará en algunos conceptos para la mejor comprensión de la mencionada capacidad de arrastre de las locomotoras.

Así, señalaremos que el esfuerzo de tracción está muy relacionado con la potencia disponible de cada locomotora según el régimen de funcionamiento de las locomotoras; asimismo, indicaremos también que existe un esfuerzo de tracción máximo en función de la velocidad de circulación:

$$F = (P \cdot 100 \cdot 3,6) / V$$

Siendo, F el esfuerzo de tracción en daN, P la potencia del régimen en kW y V la velocidad en km/h. Dicha relación se produce porque el mecanismo de transmisión de la potencia de la locomotora, es decir, del par producido por los motores[462] para desarrollar el esfuerzo de tracción—la transformación mecánica de la potencia—se basa en la fuerza de fricción entre las llantas de los ejes motores y el carril[463]. El esfuerzo de tracción de las locomotoras se calcula en función de dos parámetros; el primero, el esfuerzo máximo que puede suministrar según la potencia del régimen de trabajo y, el segundo, el límite de la adherencia que posee la locomotora.

En cuanto al primero de los parámetros, puntualizaremos, que es posible definir distintos valores de potencia de las locomotoras dependiendo del lugar en el que se mida. Así, por ejemplo, se puede medir a la salida del motor—potencia nominal del motor[464]—, es decir, la que puede desarrollar el motor o conjunto de motores, o en llanta, si bien, ésta última se expresa como esfuerzo y no como potencia. Puntualizaremos, que la potencia en llanta es la potencia realmente utilizable por la locomotora. También se puede medir la potencia entregada por el motor para realizar un determinado trabajo como puede ser iniciar el movimiento, acelerar o mantener cierta velocidad en las rampas del trazado.

En consecuencia, podemos referirnos a la potencia en el arranque, entendida como la potencia necesaria que puede suministrar la locomotora para realizar un esfuerzo de tracción sostenido que posibilite iniciar el movimiento y acelerar el tren; o bien, a la potencia continua, que es la que puede desarrollar la locomotora de forma indefinida[465].

Señalaremos, que en algunas locomotoras eléctricas podemos referirnos a la potencia unihoraria como la que puede desarrollar de manera continua durante una hora. De esta forma, en relación a la potencia, también es posible definir tres valores para el esfuerzo de tracción. En primer lugar, el esfuerzo máximo en el arranque, determinado

---

[461] No obstante, pueden influir otros factores: climáticos, externos, específicos para en ciertos tramos, algunos propios de la circulación de los trenes, etc.

[462] El par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia. Se define como el cociente entre la potencia desarrollada por un motor y la velocidad de giro del mismo.

[463] Principio de acción-Reacción (Tercera Ley de Newton).

[464] En el caso de las locomotoras diesel, la potencia nominal del motor es la potencia máxima alcanzable para unas determinadas condiciones de presión atmosférica, temperatura y humedad. La potencia continua del motor coincidiría con la potencia nominal, según la ficha UIC nº 623. La potencia de utilización es la disponible en el motor y es la máxima que se puede obtener de él para realizar una determinada aplicación.

[465] Se basa entre otras cuestiones en un aumento de la temperatura en los motores de tracción, muy por encima de la temperatura ambiente, para lo cual están provistos de determinados aislantes. La potencia unihoraria, asimismo, se basa en el aumento de la temperatura pero por un periodo de 60 minutos.

por el esfuerzo máximo en llanta que puede desarrollar una locomotora sin patinar durante el arranque y durante un periodo breve de tiempo.

En segundo lugar, el esfuerzo en régimen continuo, es decir, el esfuerzo máximo que puede desarrollar indefinidamente la locomotora sin dañar sus elementos constituyentes. Expresa la potencia nominal o de régimen continuo y queda definido por el esfuerzo a una determinada velocidad.

Por último, en tercer lugar, el esfuerzo en régimen unihorario, definido como el esfuerzo máximo que puede desarrollar una locomotora eléctrica de manera continua durante una hora, partiendo de los equipos fríos y sin afectar los elementos constituyentes de la locomotora. Posteriormente, no podrá suministrar el régimen continuo durante un periodo moderado de enfriamiento que depende de cada tipo de locomotora.

Por otra parte, también hay que tener en cuenta que existen algunos casos en los que la totalidad de la potencia de los motores de la locomotora no se destina al movimiento del tren. Así, ocurre con frecuencia en los trenes con tracción diesel cuando los servicios auxiliares del tren se alimentan desde el motor diesel principal.

En este caso, debe sustraerse a la potencia del mismo la parte que se dedica a los servicios auxiliares, lo que no suele ocurrir con frecuencia en tracción eléctrica ya que los servicios auxiliares se alimentan habitualmente de la catenaria sin pasar por el motor ni en los trenes diesel autopropulsados, cuyos servicios auxiliares se alimentan desde grupos motor-generador independientes del motor diesel principal.

Así, la potencia nominal de la locomotora diesel será el resultado de restar a la potencia de utilización la potencia consumida por los servicios auxiliares y las pérdidas que se producen en la transmisión. Sobre el segundo parámetro, señalaremos que el esfuerzo máximo de tracción según la adherencia[466] estará en función del coeficiente de adherencia μ que, a su vez, vendrá determinado por la velocidad de la locomotora[467]. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\mu = \mu_0 \cdot [0{,}2115 + 33 / (V + 42)]$$

Siendo μ_0 el coeficiente estático de adherencia de la locomotora que se obtiene experimentalmente en cada caso. El valor de dicho esfuerzo tractor máximo determinado por la adherencia se obtendrá mediante el producto del peso adherente de los ejes motores y el coeficiente de adherencia rueda-carril. Se establecen dos valores, el límite del esfuerzo de tracción en el arranque $F_{\mu 0}$ y el límite de este durante la marcha F_{μ}, respectivamente, Siendo **L** el peso adherente en toneladas.

$$F_{\mu 0} = \mu_0 \cdot L \text{ y } F_{\mu} = \mu \cdot L$$

En términos de la teoría del movimiento el peso adherente es el peso que apoya la rueda sobre el carril; cuanto mayor sea este peso mayor será la adherencia. Sin embargo, dado que existe una limitación del peso por eje en la red ferroviaria

---

[466] En términos ferroviarios el concepto de rozamiento es denominado adherencia. De esta forma, podemos definir la adherencia como la medida de la resistencia al deslizamiento que interponen dos superficies en contacto cuando una intenta desplazarse sobre la otra. Por su parte, el coeficiente de adherencia será la relación entre el esfuerzo máximo que puede ser aplicado a la llanta sin patinaje y la carga vertical (el peso) que soporta la rueda.

[467] Las curvas características esfuerzo-velocidad de las locomotoras es un gráfico en el que se representa una familia de curvas paralelas entre sí (hiperbólas), que nos permiten determinar el esfuerzo necesario desarrollado por los motores de tracción en función de la velocidad de la locomotora. El esfuerzo tractor en llantas se representa en el eje de ordenadas y la velocidad en el eje de abscisas. Constituyen la información básica necesaria para el cálculo y determinación de las Cargas Máximas en lo concerniente al material motor. La forma de las curvas que relacionan el esfuerzo máximo de tracción con la velocidad viene muy condicionada por el tipo de vehículo motor, eléctrico o diesel, y su sistema de control en la marcha.

convencional española a 22,5 t en líneas de categoría D, por la capacidad portante de la vía, realizaremos dos precisiones. La primera, que en la actualidad se utiliza todo el peso de la locomotora como peso adherente. La segunda que el número y disposición de los ejes en las locomotoras les puede conferir una mayor adherencia.

Por esta razón las locomotoras con una configuración de ejes C'C' (Co' Co') podrán desarrollar un mayor esfuerzo de tracción que las locomotoras con una configuración de ejes B'B' (Bo'Bo'), aunque su potencia nominal de motor sea menor. Si bien, también indicaremos que los avances tecnológicos de hoy en día han conseguido que las locomotoras B'B' (Bo'Bo') alcancen adherencias muy elevadas.

Otra de las características figuradas en la tabla 6-50, es el diámetro de la rueda de las locomotoras ya que también tiene relación con la adherencia de las locomotoras. Así, las locomotoras con un diámetro de rueda menor forman superficies de apoyo más pequeñas (elipses de contacto menores) y, en consecuencia, a igual peso adherente provocan mayor presión sobre el carril aumentando la adherencia y por lo tanto el esfuerzo de tracción.

Por el contrario, locomotoras con ruedas de mayor diámetro desarrollarán mayor velocidad lineal pero disminuirá su adherencia y, por ello, su esfuerzo de tracción. No obstante lo dicho en los párrafos precedentes, señalaremos, que además de los conceptos mencionados será la potencia en los ganchos de tracción—su resistencia a la rotura— la que determina la capacidad de arrastre de los trenes. La causa se debe a que el esfuerzo tractor de la locomotora sobre el tren se transmite longitudinalmente a través de los ganchos de tracción.

Dicha potencia será la resultante de descontar de la potencia en llanta la potencia necesaria para mover la locomotora. Dependerá del tren que arrastre—masa, tipo de vagones, resistencia aerodinámica, resistencia a la rodadura, etc.—, del perfil de vía, etc., es decir, de su resistencia al avance.

De esta forma, el enganche entre la locomotora y el primer vagón debe tener una resistencia suficiente (carga de rotura), que le permita transmitir el esfuerzo de tracción y acelerar el resto de los vagones del tren (n-1).

A medida que dicha fuerza se transmite por los ganchos de tracción y los tensores de enganche de los sucesivos vagones (n-2,… n–m), cada enganche deberá transmitir menor esfuerzo de tracción, puesto que la masa a acelerar será menor. El último enganche solo deberá acelerar el último vagón (n) y, por lo tanto, estará bajo una menor tensión.

A efectos prácticos la limitación de la masa del tren[468] por la resistencia de los enganches (ver gráfico 6-18), tiene en consideración, entre otros parámetros, la fuerza que pueden trasmitir los enganches entre los vehículos (con valores del orden de 850 kN) y el coeficiente de seguridad aplicable a dicha fuerza (tras lo que la fuerza realmente admisible pasa a ser de 360 o 420 kN en el gancho de tracción).

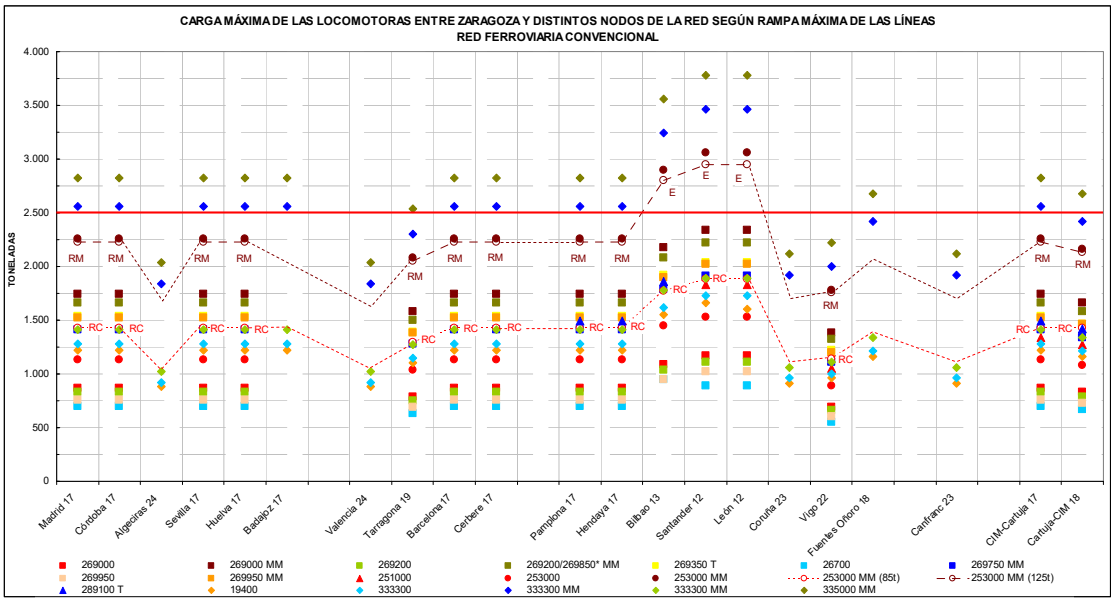
Entroncando con lo anterior, indicaremos, que la doble tracción no supone duplicar la carga que puede arrastrar una locomotora, ya que, existen limitaciones impuestas como la resistencia a la rotura de los enganches de los vagones.

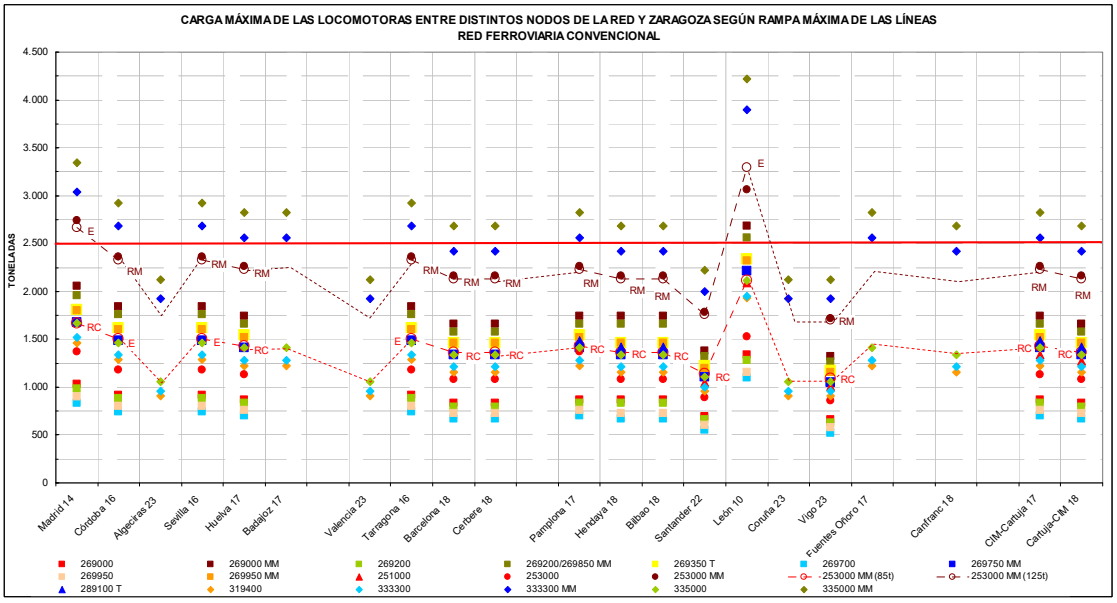
Esta limitación se materializa con la prohibición de la doble tracción para determinadas series cuyos esfuerzos de tracción sumados puedan superar el límite referido; por este motivo la resistencia del enganche no se considera en el cálculo de Cargas Máximas.

---

[468] El aparato de tracción estándar entre vehículos será discontinuo e incluirá un enganche de husillo unido en permanencia al gancho, un gancho de tracción y una barra de tracción con sistema elástico. El gancho de tracción y la barra de tracción deberán resistir sin ruptura una fuerza de 1.000 kN. El enganche de husillo deberá resistir sin ruptura una fuerza de 850 kN. El esfuerzo de ruptura del enganche de husillo será inferior al esfuerzo de ruptura de las restantes partes del aparato de tracción. (Decisión de la Comisión 2006/861/CE o la NTC MA 001, p.34).

Gráfico 6-18. Cargas máximas locomotoras entre Zaragoza y distintos nodos de la red ferroviaria convencional según rampas características máximas





Limites de carga
Todas las locomotoras 2.500 t
Locomotora 253:
E, capacidad de tracción del tensor de enganche de los vagones 85 t y 135 t
RC, régimen continuo locomotora
RM, régimen máximo locomotora

Fuente: *Cuadro de Cargas Máximas de 1 de marzo de 2000, actualizado hasta anejo 21 de 15 de diciembre de 2010*, Dirección de Tráfico, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.
Carta autorización de circulación s/253 en doble tracción, 22 de febrero de 2010, Dirección de Seguridad en la Circulación Dirección General de Seguridad, Organización y RR.HH, de Adif.
Elaboración propia.

Tabla 6-51. Cargas máximas locomotoras entre Zaragoza y distintos nodos de la red ferroviaria convencional

NODO	RAMPA origen Zaragoza	LOCOMOTORAS																				
		269000	269000 MM	269200	269200/ 269850* MM	269350 T	26700	269750 MM	269950	269950 MM	251000	253000	253000 MM		289100 T	19400	333300	333300 MM	335000	335000 MM
													tensor vagón 85t	tensor vagón 135t						
Madrid	17	870	1.740	830	1.660	1.540	700	1.410	760	1.520		1.130	1.427	2.260		1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
Córdoba	17	870	1.740	830	1.660	1.540	700	1.410	760	1.520		1.130	1.427	2.260		1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
Algeciras	24															880	920	1.840	1.020	2.040
Sevilla	17	870	1.740	830	1.660	1.540	700	1.410	760	1.520		1.130	1.427	2.260		1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
Huelva	17	870	1.740	830	1.660	1.540	700	1.410	760	1.520		1.130	1.427	2.260		1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
Badajoz	17															1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
Valencia	24															880	920	1.840	1.020	2.040
Tarragona	19	790	1.580	750	1.500	1.390	630	1.280	690	1.380		1.040	1.297	2.048		1.100	1.150	2.300	1.270	2.540
Barcelona	17	870	1.740	830	1.660	1.540	700	1.410	760	1.520		1.130	1.427	2.260		1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
Cerbere	17	870	1.740	830	1.660	1.540	700	1.410	760	1.520		1.130	1.427	2.260		1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
Pamplona	17	870	1.740	830	1.660	1.540	700	1.410	760	1.520		1.130	1.427	2.260	1.490	1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
Hendaya	17	870	1.740	830	1.660	1.540	700	1.410	760	1.520		1.130	1.427	2.260	1.490	1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
Bilbao	13	1.090	2.180	1.040	2.080	1.920	950	1.790	950	1.900		1.450	1.770	2.800	1.860	1.550	1.620	3.240	1.780	3.560
Santander	12	1.170	2.340	1.110	2.220	2.040	890	1.910	1.020	2.024	1.830	1.530	1.880	3.060		1.660	1.730	3.460	1.890	3.780
León	12	1.170	2.340	1.110	2.220	2.040	890	1.910	1.020	2.024	1.830	1.530	1.880	3.060		1.600	1.730	3.460	1.890	3.780
Coruña	23															910	960	1.920	1.060	2.120
Vigo	22	690	1.380	660	1.320	1.220	550	1.110	600	1.200	1.050	890	1.137	1.780		960	1.000	2.000	1.110	2.220
Fuentes Oñoro	18															1.160	1.210	2.420	1.340	2.680
Canfranc	23															910	960	1.920	1.060	2.120
CIM-La Cartuja	17	870	1.740	830	1.660	1.540	700	1.410	760	1.520	1.340	1.130	1.427	2.260	1.490	1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
La Cartuja-CIM	18	830	1.660	790	1.580	1.460	670	1.340	730	1.460	1.270	1.080	1.427	2.160	1.420	1.160	1.210	2.420	1.340	2.680
destino Zaragoza																				
Madrid	14	1.030	2.060	980	1.960	1.810	830	1.680	900	1.800		1.370	1.671	2.740	2.666	1.460	1.520	3.040	1.670	3.340
Córdoba	16	920	1.840	880	1.760	1.620	740	1.490	800	1.600		1.180	1.500	2.360	2.326	1.290	1.340	2.680	1.460	2.920
Algeciras	23															910	960	1.920	1.060	2.120
Sevilla	16	920	1.840	880	1.760	1.620	740	1.490	800	1.600		1.180	1.500	2.360	2.326	1.290	1.340	2.680	1.460	2.920
Huelva	17	870	1.740	830	1.660	1.540	700	1.410	760	1.520		1.130	1.427	2.260	2.226	1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
Badajoz	17															1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
Valencia	23															910	960	1.920	1.060	2.120
Tarragona	16	920	1.840	880	1.760	1.620	740	1.490	800	1.600		1.180	1.500	2.360	2.326	1.290	1.340	2.680	1.460	2.920
Barcelona	18	830	1.660	790	1.580	1.460	670	1.340	730	1.460		1.080	1.359	2.160	2.133	1.160	1.210	2.420	1.340	2.680
Cerbere	18	830	1.660	790	1.580	1.460	670	1.340	730	1.460		1.080	1.359	2.160	2.133	1.160	1.210	2.420	1.340	2.680
Pamplona	17	870	1.740	830	1.660	1.540	700	1.410	760	1.520		1.370	1.427	2.260	2.226	1.490	1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
Hendaya	18	870	1.740	830	1.660	1.460	670	1.340	730	1.460		1.080	1.359	2.160	2.133	1.420	1.160	1.210	2.420	1.340	2.680
Bilbao	18	870	1.740	830	1.660	1.460	670	1.340	730	1.460		1.080	1.359	2.160	2.133	1.420	1.160	1.210	2.420	1.340	2.680
Santander	22	690	1.380	660	1.320	1.220	550	1.110	600	1.200	1.050	890	1.137	1.780	1.761		960	1.000	2.000	1.110	2.220
León	10	1.340	2.680	1.280	2.560	2.340	1.100	2.210	1.160	2.320	2.090	1.530	2.117	3.060	3.294	1.930	1.950	3.900	2.110	4.220
Coruña	23															910	960	1.920	1.060	2.120
Vigo	23	660	1.320	630	1.260	1.170	520	1.050	580	1.160	1.010	860	1.091	1.720	1.701	910	960	1.920	1.060	2.120
Fuentes Oñoro	17															1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
Canfranc	18															1.160	1.210	2.420	1.340	2.680
CIM-La Cartuja	17	870	1.740	830	1.660	1.540	700	1.410	760	1.520	1.340	1.130	1.427	2.260	2.226	1.490	1.220	1.280	2.560	1.410	2.820
La Cartuja-CIM	18	830	1.660	790	1.580	1.460	670	1.340	730	1.460	1.270	1.080	1.359	2.160	2.133	1.420	1.160	1.210	2.420	1.340	2.680

Fuente: *Cuadro de Cargas Máximas de 1 de marzo de 2000, actualizado hasta anejo 21 de 15 de diciembre de 2010*, Dirección de Tráfico, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF. *Carta autorización de circulación s/253 en doble tracción*, 22 de febrero de 2010, Dirección de Seguridad en la Circulación Dirección General de Seguridad, Organización y RR.HH, Adif. Elaboración propia

En la actualidad se están incorporando a los vagones elementos de tracción con mayor resistencia a la rotura, cuyos tensores de enganche tienen una carga de rotura de 120 t, incluso de 135 t.

Por último, indicaremos la existencia de otra limitación para la masa total remolcada que pueden arrastrar las locomotoras por la red convencional. Está en función del régimen de frenado de la composición del tren.

En régimen de mercancías "G", el más favorable para los parámetros productivos en cuanto a toneladas de carga y longitud, no en velocidad (100 km/h), puede alcanzar como máximo 2.500 t y 700 m de longitud. Como consecuencia, con una rampa característica de entre 0 y 1‰ todas las locomotoras, en dicho régimen, pueden arrastrar la misma carga máxima—2.500 t— (ver tabla 6-51).

▪Operador de transporte—N(-7)/ Vehículos—N(-8)/6—/Vagones—N(-9)/2

En España, de la misma forma que ocurre con las locomotoras, existen operadoras que poseen una flota de vagones. Sin embargo, es Renfe mercancías, igualmente, la propietaria del mayor número de vagones.

También existen otras compañías que sin ser necesariamente operadoras ferroviarias[469], disponen de una flota de vagones, si bien, más reducida, para alquilar a distintos clientes. Siete de ellas, se agrupan en una única asociación nacional—FAPROVE[470]— que concentran, aproximadamente, el 90% del parque de vagones privados en España, unos 7.000 vagones. Asimismo, hay unas 23 empresas más, no asociadas, que también poseen vagones ferroviarios particulares.

Los objetivos de FAPROVE son, entre otros, el desarrollo del transporte de mercancías por ferrocarril, la mejora de las relaciones entre el vagón privado y Renfe o el impulso a la liberalización del sector ferroviario.

Entre las siete[471] empresas que integran esta asociación destacamos las siguientes:

- *Transfesa*—Transportes Ferroviarios Especiales S.A.—

es la matriz de un grupo internacional de empresas. Fundada en 1943, tiene su sede central en Madrid; desde 2009 Transfesa forma parte del Grupo DB Schenker. Ofrece todos los servicios de la cadena logística para proporcionar un servicio integral puerta a puerta; realiza el transporte, almacenamiento y distribución con información puntual al cliente de la situación de sus productos en todo momento.

Es el principal operador ferroviario privado de mercancías internacionales. Dispone del mayor parque de vagones de ejes intercambiables de Europa, lo que le permite

---

[469] Puntualizaremos la dificultad actual de establecer una frontera clara entre las actividades de los operadores de transporte, operadores logísticos, alquiler de material ferroviario, por la diversificación de las actividades de las empresas con actividad en el ferrocarril (CNAE 2009 grupo H: 4920). También entre las propias empresas por lo imbricado de las estructuras empresariales multiempresa, con participaciones, absorciones, *join ventures*, acuerdos, etc.

[470] FAPROVE es miembro de la Asociación Europea, Unión Internacional de Vagones Privados (UIP), formada por 15 asociaciones que representan 800 empresas en 14 países. Con un parque de 180.000 vagones, supone el 40% del parque total de vagones de mercancías en Europa.

[471] Las otras dos empresas integradas en FAPROVE son: Cementos Tudela Veguín S.A, empresa creada en 1898, forma parte de Masaveu Industria, la división del Grupo Masaveu. Está está especializada en la fabricación de cementos y cales. Sus operaciones de circunscriben al noroeste peninsular. GMF —Gestión de Maquinaria Ferroviaria— del grupo COMSA EMTE creado en 2009 por la integración de las empresas COMSA y EMTE; centra su actividad en la prestación de servicios de reparación y mantenimiento integral de material rodante ferroviario para vagones, locomotoras y maquinaria auxiliar de vía. Cuenta con un centro de mantenimiento en Tarragona y ofrece asistencia en vía por toda la Península.

circular por los distintos anchos de vías existentes entre la Península Ibérica y el resto de Europa. Cuenta con un parque de 5.500 vagones y 2.371 cajas móviles.

La actividad principal, que supone el 80% de su actividad total, se centra en la logística de automoción; gestiona dos consorcios de vagones con un total de 1.786 vagones portautomóviles. En España opera el Pool Ibérico con vagones de SEMAT—812— y con los suyos propios—122—; el transporte internacional se lleva a cabo a través del Pool Hispanauto A.E.I.E, que incluye los vagones portautos aportados por Transfesa—586—, SEMAT—30— y los del operador logístico especializado en el sector del automóvil, filial de SNCF, STVA—237—.

Transfesa también realiza otros tráficos a través de sus empresas participadas:

Cererail AIE, constituida en 2002 como un pool de vagones para la mejora de la productividad en el transporte de cereal, incidiendo en los retornos en vacío y en los ciclos de transporte. Estuvo formada en sus orígenes por las empresas Saltra (264 vgs), Ivexa (237vgs) y Transfesa (84 vgs); también participó Renfe (471 vgs), hasta 2008. En la actualidad, se han incorporado VTG RAIL ESPAÑA y ERMEWA IBERICA.

OMFESA SA, creada en 2004, es una empresa conjunta (*Joint venture*) fruto del acuerdo de Transfesa con el operador turco Omsan Lojistik para gestionar la operativa del transporte de piezas y componentes de automoción de su cliente Ford, desde sus fábricas del Norte de Europa a la planta turca de Izmit (Kocaeli), en el NO de Turquía. Así, Transfesa ha establecido un corredor ferroviario[472] de 2.675 km.

El transporte se realiza en vagones plataforma de piso rebajado cargados con cajas móviles MegaCombi. Railmax es una empresa conjunta (*Joint venture*) creada entre Transfesa y el operador logístico intermodal alemán Wheels Roadrail Logistics GMBH & Co. para realizar los tráficos de componentes entre España y Alemania.

- SEMAT— Sociedad de Estudios y Explotación de Material Auxiliar de

Transportes, S.A.—fue fundada en 1942. En la actualidad el acrónimo responde a Servicios Especializados de Mantenimiento, Almacenaje y Transporte. Participada por el grupo Transfesa y por Renfe Operadora, tiene como principales actividades el transporte ferroviario de vehículos, que realiza a través de su participación en el Pool Ibérico Ferroviario A.E.I.E, el transporte de graneles y contenedores, la gestión de los centros logísticos del automóvil y la distribución capilar de los vehículos desde dichos centros hasta el Cliente final. Dispone de más de 850 vagones.

- TRAMESA— Transportes Mixtos Especiales S.A.— creada en 1973, es un

operador logístico intermodal especializado en el transporte de productos químicos por ferrocarril; transporta también combustibles líquidos, productos siderúrgicos y pulverulentos. El transporte se realiza en vagones, contenedores y cisternas. Pertenece al grupo Armando Álvarez el mayor transformador español de films plásticos de polietileno.

Dispone de un parque de 290 vagones. Hay entre ellos cisternas calorifugadas (fuel, asfalto, sosa cáustica) y no calorifugadas (combustible, estireno, acrilonitrilo, ácido sulfúrico, amoniaco) para el transporte de productos químicos; también vagones portabobinas para el transporte de productos siderúrgicos y tolvas para productos como carbonato y arena. Asimismo, posee 400 contenedores construidos con las

[472] Se trata de un corredor intermodal (trimodal). Las piezas y componentes llegan en camión desde las factorías a la terminal ferroviaria de Colonia-Niehl en Alemania, donde se produce el intercambio modal. Por ferrocarril, atravesando Austria, Hungría, Rumania, Bulgaria, llegan a Estambul en Turquía. Aquí se produce un nuevo intercambio modal y cruzan el estrecho del Bósforo en ferry para llegar finalmente a la terminal de Köseköy. En este punto las cajas móviles serán transbordadas, de nuevo, por Omsan en camión para realizar su entrega de forma secuencial a la planta de Ford Otosan en Kocaeli.

especificaciones técnicas requeridas por los productos que van a transportar, tanto químicos como siderúrgicos.

- ERMEWA IBÉRICA, que esta integrada en el grupo ERMEWA[473]. Este grupo

europeo está especializado en alquiler, administración y mantenimiento de vagones y contenedores cisterna para el transporte de productos industriales, agroalimentarios y de construcción. Opera en Europa un parque de 55.000 vagones, 26.000 contenedores cisterna y 17.000 *Intermediate Bulk* Container (IBC) y minicisternas. Asimismo, gestiona 4 centros para la construcción, reparación y mantenimiento de los mismos. Fue creada en 2003 con sede en Madrid y es uno de los cinco centros que el grupo posee en Europa para el alquiler de vagones cisterna. En nuestra red son utilizados para el transporte de productos derivados de los hidrocarburos, gases licuados, productos químicos e industria alimentaria.

- VTG RAIL ESPAÑA S. L., integrada en la Corporación VTG Aktiengesellschaft,

con sede en Hamburgo, fue constituida en el año 2002. Absorbió en 2006 a ALSTERTOR RAIL ESPANA S.L., que a su vez, ese mismo año, había absorbido a la compañía SALTRA IBÉRICA S.L., en la que se encontraba incluida desde 1997 la compañía METRANSA (Manipulaciones Especiales y Transportes S. A.).

Está especializada en el arrendamiento de vagones y contenedores-cisterna, así como en prestar servicios de logística ferroviaria. Es de destacar la investigación en el diseño de vagones para realizar el transporte de forma más eficiente y competitiva. Dispone también de talleres de fabricación, mantenimiento y reparación de vagones, así como para el control de calidad y pruebas de los contenedores-cisterna. Posee un parque de 53.800 vagones y 9.900 contenedores-cisterna, que alquila a las diferentes operadoras para atender sus tráficos de transporte de productos industriales y productos agroalimentarios en el entorno europeo.

Entre los servicios logísticos ferroviarios destacaremos la organización y gestión de tráficos en trenes completos y vagones dispersos de petróleo, productos químicos, gases licuados, graneles y carga en general. En Madrid se encuentra una de las delegaciones europeas de la división de alquiler de vagones y en Barcelona una de las delegaciones europeas de alquiler de contenedores-cisterna. Por otra parte, como se ha dicho, también hay algunas operadoras de Transporte—Empresas Ferroviarias—que disponen de un parque de vagones, si bien muy reducido, para desarrollar su actividad.

De las Empresas Ferroviarias que operan en nuestra área cabe destacar COMSA Rail Transport, del grupo COMSA EMTE. Cuenta con 136 vagones plataforma de ancho ibérico—106 de 60 pies y 30 de 90 pies para el transporte de contenedores. También su alianza con la portuguesa Takargo Rail, que aporta a la misma 146 vagones plataforma de 60 pies con ancho ibérico. Dicha alianza se crea en 2009 para realizar tráficos internacionales entre España y Portugal con locomotoras y vagones interoperables.

No se dispone de datos completos de las otras compañías. Los datos disponibles son muy escasos y están en su mayoría incompletos—no recogen algunos parámetros— o bien, las series son parciales. Por ello, además de por ser el parque más numeroso y diversificado que circula por nuestra área de estudio, únicamente se muestran los vagones de Renfe Mercancías (ver tabla 6-52). En el año 2006 se reorganizó la estructura de Renfe Mercancías. La nueva área de mercancías y logística de Renfe se reorganizó en cinco unidades operativas y una de producción para dar soporte al resto. El cambio provocó la desaparición de las antiguas unidades de negocio: intermodal, automoción, siderúrgicos, graneles y multiproducto. El objetivo fue una estructura más vinculada al mercado. Además, en el año 2011 se aprueba el nuevo

[473] El Grupo ENERWA fue adquirido en 2010 por SNCF Geodis, la división de transporte y logística del grupo SNCF.

modelo de explotación de sus servicios de Mercancías y Logística. Se crearon tres sociedades mercantiles especializadas por mercados:

- IRION (siderúrgico),
- MULTI (graneles y multiproducto)
- CONTREN (contenedores)

El último, cuyo capital, hasta un 45%, se abrirá a la participación privada; PECOVASA RENFE MERCANCIAS SA (automoción) que comercializa el transporte de piezas y componentes, y vehículos terminados tras la integración de las dos sociedades de este mercado en las que Renfe contaba con participación, LTF y Pecovasa. La decisión respondía al Plan Estratégico para el Impulso al Transporte Ferroviario de Mercancías del Ministerio de Fomento. Con ello se buscaba la aportación de valor a la cadena logística global.

Por último, indicaremos que en el Real Decreto-Ley 22/2012 de 20 de julio se modifican las entidades en que se estructuró Renfe Mercancías en junio de 2011 y se recogen las nuevas filiales comercializadoras de Renfe Mercancías. También que la sociedad de Mercancías integrará y fusionará las actuales sociedades mercantiles para el transporte de carga Irion y Multi. Nada se dice de Pecovasa y LogiRail que fue creada en 2009 para ofrecer servicios logísticos en terminales. Se completa la estructura con una unidad operativa a través de la cual Renfe gestionará los servicios de tracción y planificación de rutas de dichas sociedades, así como, el mantenimiento de los vehículos, vagones y locomotoras.

Según el Observatorio del Ferrocarril en España, Renfe Operadora tuvo un parque de 12.444 vagones en 2011. En 2012, según consta en las webs de las sociedades mercantiles de la operadora RENFE, serían 13.135. Como se detalla a continuación:

- Contren, dispone de 3.200 vagones y 800 contenedores para realizar la actividad del área de negocio de Intermodal, especializada en el transporte de Unidades de Transporte Intermodal—contenedores y cajas móviles— y semirremolques.
- Iron, especializada en el transporte del material asociado a la industria siderúrgica y del metal como bobinas, carriles, alambrón, chatarra, tuberías, etc. Pone a disposición de sus clientes 3.000 vagones.
- Multi, que desempeñará la actividad del área de negocio de Multiproducto y Graneles, especializadas en transporte de materiales especiales, maderas, papel, graneles sólidos (carbón, cemento, cereales) o líquidos (combustibles, productos químicos…), posee más de 6.000 vagones y gestiona 1.400 de propiedad particular.

Pecovasa, por su parte, con 600 vagones atenderá la actividad del área de negocio de Automóviles, especializada en el transporte de piezas y componentes y vehículos terminados, tras la integración de las dos sociedades de este mercado en las que Renfe tiene participación, de LTF (100%) y de Pecovasa (60%).

En la próxima tabla (ver tabla 6-52) se han figurado las distintas clases de vagones que dispone Renfe mercancías. También algunas de sus características y el número de cada uno de ellos. Sobre la cantidad de unidades de cada tipo de vagón, puntualizaremos, que al no disponer de datos, se obtuvieron de los números de serie de cada tipo de vagón para poder hacernos una idea de los tipos más numerosos. En la consulta realizada en julio de 2009 el número total fue de 19.372 vagones (incluyen las cifras en negro y en rojo en la tabla 46 y en la realizada en abril de 2012 de 17.262 vagones (solo las cifras en negro en la tabla 6-52).

Si se tiene en cuenta, que los datos ofrecidos por cada una de las sociedades mercantiles en 2012 es de 13.135 vagones[474], existe una diferencia de 4.127 vagones. Cabe pensar que se han retirado del servicio y muchos de ellos se han desguazado, bien por su antigüedad, por desuso, o por su poca competitividad. También se puede pensar, que algunos han podido ser cedidos o incluso haber sido vendidos a otras compañías. No obstante, sirve, como se ha dicho para hacernos una idea y poder extraer algunos parámetros aproximados (ver tabla 6-53).

Al no disponer de los datos desagregados y para no desvirtuar los cálculos mostrados en la tabla 6-52, se ha utilizado el número de vagones de la consulta realizada en abril de 2012, es decir, 17.262. Con respecto a la antigüedad (ver tabla 46) señalaremos, que 16.001 del total de vagones tienen más de veinte años y solamente 1.261 menos. Sobre la serie U.I.C[475], indicaremos, que el marcaje identificativos de los vagones, además de una serie de doce dígitos tiene un marcado en letras compuesto por una letra mayúscula y una serie de letras minúsculas.

La letra mayúscula (la primera), es la “letra de categoría” del vagón y su significado se corresponde con la 5ª cifra de la serie numérica; caracteriza la clase de vagón (de bordes, cerrados, plataformas, techo móvil, especiales, cisternas etc,) y el tipo de vagón (corriente o especial). La serie de letras minúsculas denominadas "letras características", permiten reconocer las características esenciales del vagón desde el punto de vista de su utilización.

Una vez clasificado el vagón en su "categoría" con la letra mayúscula que le corresponda se van inscribiendo, por orden alfabético, las letras minúsculas" características" que definen determinadas características físicas de explotación del vagón. Se corresponden con las cifras 6ª, 7ª Y 8ª de la serie numérica.

Así por ejemplo y de forma general, para poder asignar *grosso modo* las clases de vagones a las sociedades mercantiles especializadas de Renfe mercancías indicaremos que la letra de categoría de los vagones utilizados es:

- *Contren*: vagones plataforma L—plataforma especial de dos ejes— y S—plataforma especial de *bogies*—.
- *Iron:* vagones abiertos E—de bordes corriente—; vagones cerrados H—cerrado especial—; y abiertos, con distintas letras de categoría, S—plataforma especial de *bogies*—, K—plataforma corriente de dos ejes—, R— plataforma corriente de *bogies*— y U—vagones especiales—.
- *Multi*: vagones cisterna Z—cisternas—; vagones tolva U—vagones especiales—, F—de bordes especial—, T—con techo móvil—; vagones cerrados H—cerrado especial—; vagones abiertos E—de bordes corriente— y U—vagones especiales—; y vagones plataforma K—plataforma corriente de dos ejes—, R—plataforma corriente de *bogies*—, L—plataforma especial de dos ejes— y U—vagones especiales—.
- *Pecovasa*: vagones plataforma L—plataforma especial de dos ejes— y S—plataforma especial de *bogies*—.

[474] En el informe del Observatorio del Ferrocarril en España en número de vagones es de 12.444. (OFE, Informe 2011, diciembre 2012, pp. 217).

[475] Para mayor información se puede consultar la N.T.C 010.95 de RENFE *Numeración UIC del material rodante* y la ficha nº 438-2 de la U.I.C *Identification marking for freight rolling stock*

Tabla 6-52. Parque de vagones de Renfe Mercancías

VAGONES

TIPO	SUBTIPO	SERIE U.I.C.	CÓDIGO REPARTO	C.MAX. media (t)	TARA media (t)	MASA TOTAL tara+carga (t)	RELACIÓN C.M./TARA	VELOCIDAD MÁX. (Km/h)	LONGITUD entre topes (m)	AÑO CONSTRUCCION/ TRANSFORMACIÓN	Nº UNIDADES
CERRADO	Paredes deslizantes	Hbis	JPD1	23,90	16,10	40,00	1,48	100	14,02	1985/87	747
	Paredes deslizantes	Hbis	JPD2	24,10	15,90	40,00	1,52	100	14,02	1985/87	605
	Paredes deslizantes-4 puertas por costado	Hbiss	JJ2	50,00	30,00	80,00	1,67	120	21,70	1979/80	664
	Paredes deslizantes-4 puertas por costado	Hbiss	JJ4	61,00	29,00	90,00	2,10	120	21,70	1990	200
	Portabobinas con toldos deslizantes	Shimms	JJ5	56,45	23,55	80,00	2,40	100	12,04	1997-2001/2002-2006	684
	Portabobinas con toldos deslizantes	Shhimms	JJ7	54,00	26,00	80,00	2,08	100	14,24	2002/2004	195
	Portabobinas con toldos deslizantes	Shimmrs	JJ92	64,70	25,30	90,00	2,56	120	12,04	2000/2002	260
	Portabobinas con toldos deslizantes	Shimmrs	JJ93	66,50	23,50	90,00	2,83	100	12,04	2001-2002 y 2005	160
PLATAFORMA	Convencional	Ks	M1	27,55	12,25	39,80	2,25	110	13,86	1966-1967/1972-1975	639
	Polivalente	Rs	MM2	55,75	24,25	80,00	2,30	100	19,90	1973/1988-1989	1032
	Polivalente	Remmns	MM9C	67,65	22,20	89,85	3,05	110	14,04	2003-2005	100
	Polivalente	Rns	MM9L	65,00	25,00	90,00	2,60	100	19,90	2003-2005	104
	Porta-automóviles	Laadrs	MA	53,50	26,50	80,00	2,02	100	28,04	2006	19
	Transporte traviesas y automóviles	Lps	MA1	25,65	14,35	40,00	1,79	100	14,02	1988-1989	142
	Transporte traviesas y automóviles 2 pisos	Laaes	MA5	21,75	27,70	49,45	0,79	100	27,00	1995	200
	Porta-automóviles	Laaes	MA6	16,00	23,30	39,30	0,69	100	21,16	1996-1998/2000-2001	100
	Transporte traviesas y automóviles 2 pisos	Sekqss	MMA	15,00	25,00	40,00	0,60	100	26,40	1981-1982	85
	Portabobinas	Shhimms	MMB	58,60	21,40	80,00	2,74	100	12,04	1977-1978	600
	Portabobinas para transporte de dos bobinas de 32 Tm c.u.	Shhimms	MMB9	69,60	20,40	90,00	3,41	100	12,04	2002	40
	Polivalentes Portacontenedoress	Kgs	MQ	14,10	40,00	1,84	100	13,86	1983-1984	183	
	Polivalentes Portacontenedoress	Us	MQ	25,60	13,40	39,00	1,91	80	13,86	1983-1984	18
	Transporte para siderúrgicos, graneles y contenedores 20',30',40'	Sgs	MM2Q	54,75	24,35	79,10	2,25	100	19,90	1976-1977	182
	Portatraviesas	Us	M5	22,80	9,20	32,00	2,48	100	9,95	1990-1995	355
	Transporte de Alambrón	Res	MM4	53,00	27,00	80,00	1,96	100	19,90	1989-19990	149
	Transporte de Alambrón	Rs	MM42	55,60	24,40	80,00	2,28	100	19,90	1999-2001	49
	Transporte de tubos y otros productos siderúrgicos	Roos	MM5	52,00	28,00	80,00	1,86	100	19,90	1994-1997	134
	Carneros	Us	SM1	27,50	12,50	40,00	2,20	100	13,86	1989	715
	Carneros	Us	SM1	27,60	12,40	40,00	2,23	80	13,86	1971	18
	Portacontenedores	Lgs	MC/MCE	28,08	12,03	40,12	2,33	100	13,85	1972-1998-199/1966-1967	527
	Portacontenedores	Lgnss	MC3	32,75	12,25	45,00	2,67	120	13,86	1991-1992/1989-1991	798
	Portacontenedores	Lgnss	MC4E	32,20	12,80	45,00	2,52	120	15,08	2000-2001	285
	Portacontenedores	Lgnss	MC1	32,75	12,25	45,00	2,67	120	13,96	1989	199
	Portacontenedores	Laagrss	MC5	61,60	27,10	88,70	2,27	120	31,48	2010	s.d
	Portacontenedores (2 vgs) para transporte de sal	Sgns	MM9S	66,00	24,00	90,00	2,75	100	19,90	2004	34
	Portacontenedores	Sgs	MMC	59,00	20,50	79,50	2,88	100	19,90	1971-1972/1974-1975	397
	Portacontenedores	Sgs	MMC	61,00	19,00	80,00	3,21	100	19,90	1978	249
	Portacontenedores	Sgss	MMC3	60,00	20,00	80,00	3,00	120	19,90	1974-1975	1025
	Portacontenedores	Sgss	MMC2	60,20	19,80	80,00	3,04	120	19,90	1980-1981/1980-1981-1982	25
	Portacontenedores	Sgnss	MMC3E	70,30	19,70	90,00	3,57	100	19,74	2002-2003	150
	Transporte de contenedores, cajas móviles y semiremolques	Sdgkkmss	MMP	40,50	18,00	58,50	2,25	120	16,44	1985	50
	Portacontenedores	Sgnoss	MMMC1	93,00	27,00	120,00	3,44	120	27,10	1989-1990	200
TOLVA	Abierta para transporte de balasto	U	T3	46,00	26,40	72,40	1,74	100	15,80	1974-1975	600
	Abierta transporte de carbón automática	Faoos	TT4	53,00	27,00	80,00	1,96	100	18,00	1980-1983	884
	Abierta transporte de carbón (densidad 0,6-0,9 T/m3) automática	Faoos	TT49	62,70	27,30	90,00	2,30	120	17,99	2003-2004	60
	Abierta productos diversos (carbon granulometria fina, mineral, abono, remolacha,etc.)	Fals	TT6	55,20	24,80	80,00	2,23	100	12,54	1980-1981	350
	Abierta transporte de carbón-mineral automatica	Faoos	TT9	57,30	22,70	80,00	2,52	100	13,34	1975-1988	165
	Abierta transporte de balasto	Faccpps	TTF	54,50	25,50	80,00	2,14	100	14,24	1987-1988	400
	Abierta transporte de balasto-mineral (densidad > 1,5 Kg/dm3)	Falns	TTM	64,60	25,40	90,00	2,54	120	14,64	2000-2001	160
	Cerrada para transporte de cereal/abono	Tgpps	T1	27,50	12,30	39,80	2,24	100	10,64	1966	226
	Cerrada para transporte de cereal/abono	Tagpp	TT5	56,00	24,00	80,00	2,33	100	14,16	1970-1976	400
	Cerrada para transporte de cereal/abono	Tagpps	TT5	56,00	24,00	80,00	2,33	100	14,16	1970-1976	581
	Cerrada productos diversos (mineral, abono, remolacha, materia prima de construcción, etc.)	Tals	TT7	52,60	27,40	80,00	1,92	100	12,54	1983-1984	170
	Cerrada para transporte de cereal (y graneles)	Uagps	TT8	54,50	25,50	80,00	2,14	100	15,74	1986	58
	Cerrada para el transporte de cemento y cenizas (de densidad 1 g/cm3)	Uacns	TTC9	66,90	23,10	90,00	2,90	100	12,24	2003	60
CISTERNAS	Transporte de combustibles líquidos	Zaens	RR2	66,00	24,00	90,00	2,75	100	15,24	1968	40
	Transporte de combustibles líquidos	Zans	RR92	65,50	24,50	90,00	2,67	120	16,74	2001-2002	22
ABIERTOS	Bordes máximos (Transporte de madera en rollizos)	Ekkios	X7	28,20	11,80	40,00	2,39	100	9,95	1967-1988/1999-2000	994
	Bordes altos (Transporte de madera en rollizos)	Eios	X8	26,70	13,30	40,00	2,01	100	10,00	2001-2003	200
	Bordes máximos sens puertas	Ealos	XX	57,15	22,85	80,00	2,50	100	14,04	1976-1978/1982	1300
	Bordes máximos cuatro puertas	Ealos	XX	56,80	23,20	80,00	2,45	100	14,04	1983	200
	Portatraviesas	Us	X6	22,50	9,50	32,00	2,37	100	9,95	1990	184

Fuente: Catálogo de vagones, www. Renfe.es [en línea: consulta 10 julio 2009] y [en línea: consulta 26 abril 2012]. Elaboración propia

Tabla 6-53. Vagones de Renfe mercancías año 2012

PARÁMETRO (unidad)	MEDIA todos vagones	MEDIA PONDERADA por nº vagones cada tipo
TARA (t)	20,98	20,20
CARGA MÁXIMA (t)	48,11	45,90
MASA TOTAL tara+carga (t)	69,09	66,10
LONGITUD ENTRE TOPES (m)	16,35	15,48

Fuente: elaboración propia

Obviamente, como se ha dicho, en cada clase de vagón existen subclases, según sus características especializadas para los distintos usos; por ello, los vagones de cada sociedad mercantil, si bien, con la misma letra de categoría, pueden ser muy diferentes. También señalaremos que lo dicho es válido para todas las operadoras que realizan su actividad en España, puesto que, todas ellas tienen marcas U.I.C. Otro aspecto interesante que se muestra en la tabla 6-53, es la relación Carga Máxima/Tara del vagón (gráfico 6-19).

Precisaremos, que en los gráficos anteriores se han utilizado los códigos de reparto de material usados tradicionalmente en Renfe; en la actualidad en Renfe Mercancías con pequeñas variaciones que no afectan al tipo de vagón. La correspondencia con el marcado de letras U.I.C. puede apreciarse en la página anterior. Únicamente señalaremos que la nomenclatura de los vagones cerrados es una J, de las plataformas una M, de las tolvas una T, de las cisternas una R y de los vagones abiertos una X. Estas letras duplicadas indican que se trata de vagones de bogies, si están triplicadas, muestra que son vagones de tres *bogies*; si no lo están, son vagones de ejes.

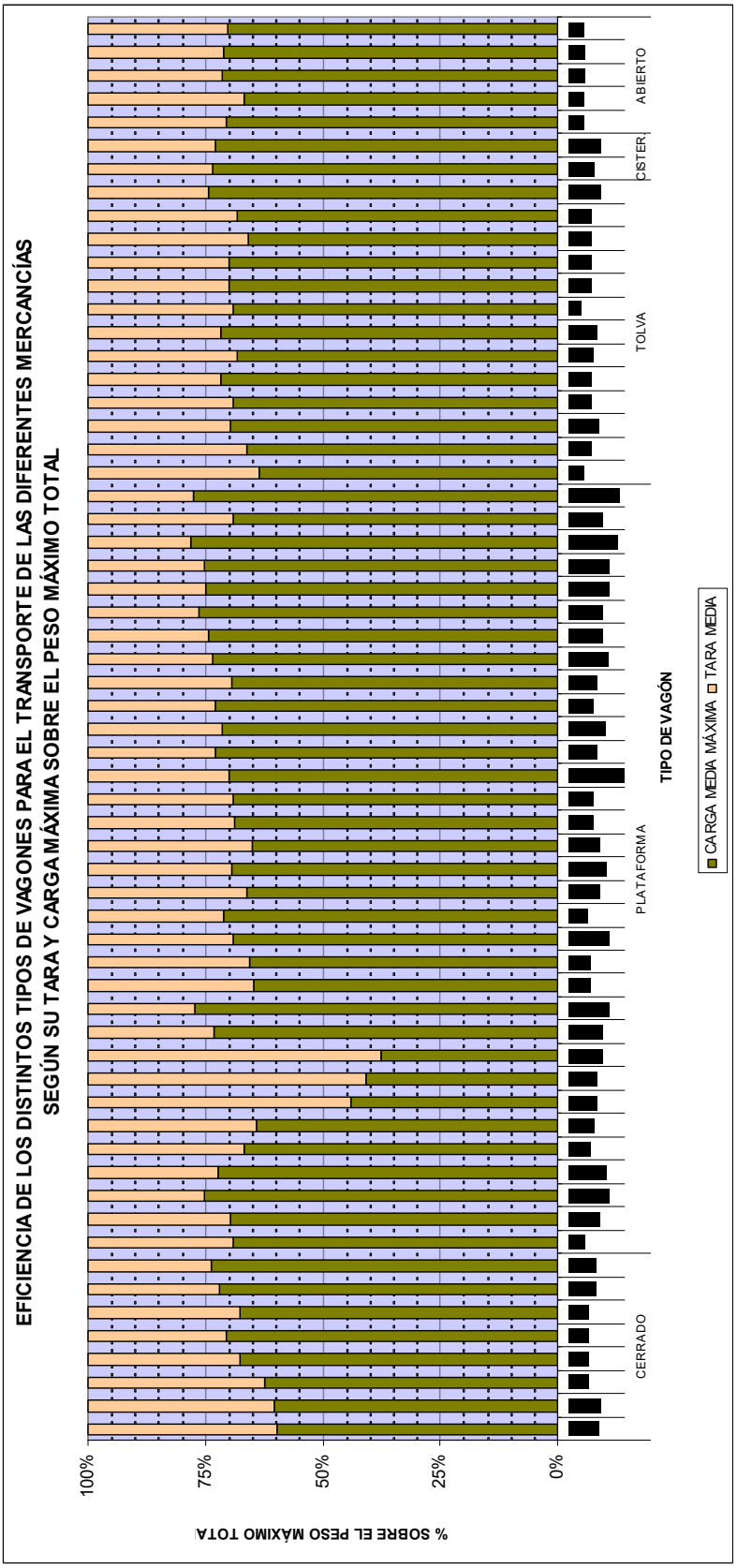
Los dos gráficos siguientes (ver gráficos 6-19 y 6-20) son complementarios y se pretende la visualización de los tipos de vagones más eficientes en función de su carga neta. En el primero, apreciamos el porcentaje de carga neta sobre el peso máximo—tara +carga— admisible por el vagón. En el segundo, se ha calculado el índice carga máxima/tara, es decir, la relación que expresa la cantidad de veces que sobrepasa la carga neta a la tara.

En ambos gráficos, podemos apreciar como son algunos de los vagones plataforma para el transporte de contenedores y bobinas los que logran un mayor porcentaje de carga neta. Los de menor carga neta son los vagones plataforma porta-automóviles y los vagones cerrados. Corresponde el índice más alto a las plataformas porta-contenedores MMC3E, con 3,57, y MMMC1, con 3,44; les sigue la plataforma porta-bobinas MMB9, con 3,41. El primero y el tercero, tienen menos de diez años de antigüedad; el segundo, tiene más de veinte años de antigüedad.

El índice más bajo lo encontramos en las plataformas porta-automóviles MMA, MA6 y MA5, con 0,60, 0,69 y 0,79, respectivamente; le siguen los vagones cerrados de paredes deslizantes JPD1, JPD2 y JJ2, con 1,52, 1,67 y 1,74, respectivamente. Todos ellos tienen más de veinte años de antigüedad.

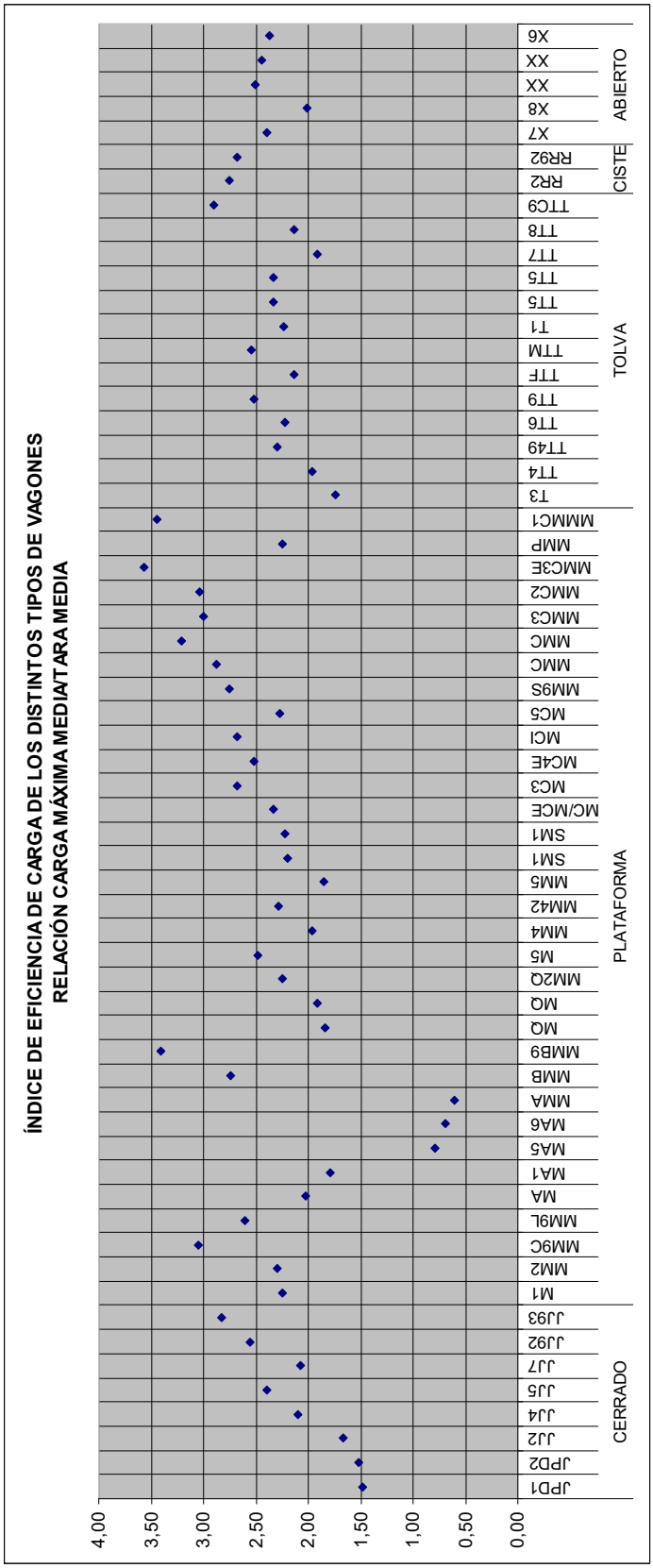
No se ha podido establecer una relación entre el incremento del índice carga máxima/tara y la antigüedad, por la insuficiencia de datos entre grupos de vagones de la misma clase. Resultaría muy interesante poder establecer dicha relación, para poder apreciar como la I+D+i ha permitido la mejora de la tecnología y la utilización de materiales más ligeros, modernizando los diseños de los vagones para que sean más eficientes y competitivos.

Gráfico 6-19. Eficiencia de carga de los distintos tipos de vagones según su tara y carga máxima sobre el peso máximo



Fuente: Catálogo de vagones, www. Renfe.es [en línea: consulta 10 julio 2009] y [en línea: consulta 26 abril 2012]. Elaboración propia

Gráfico 6-20. Eficiencia de carga de los distintos tipos de vagones según su índice carga máxima/tara



Fuente: Catálogo de vagones, www. Renfe.es [en línea: consulta 10 julio 2009] y [en línea: consulta 26 abril 2012]. Elaboración propia

Las salidas de ambos subsistemas—locomotoras y vagones— son las entradas al subsistema vehículos—N (-8)/4—, donde se relacionan e interactúan sus elementos. La salida del subsistema vehículos corresponderá al tren, propiamente dicho, cuyas características dependerán de las distintas posibilidades de combinación que se produzcan en sus relaciones.

Al hilo de lo anterior, indicaremos que cuando se realiza la formación de un tren en las terminales es necesario tener definidos unos criterios, en la medida de lo posible, para que los trenes sean más eficientes, lo que redunda en una mayor competitividad. De esta manera, en general, los parámetros a considerar son la carga neta y la longitud del tren.

Sin embargo, hay que precisar que la unidad de transporte es el vagón, en consecuencia, será necesario tomar en consideración la tara de los mismos. Por lo tanto, será la carga máxima admisible por la locomotora a utilizar en el itinerario de transporte en cuestión la que determinará las toneladas brutas a remolcar. También la longitud máxima admisible de los trenes por las líneas de dicho itinerario.

Además, en muchos casos los retornos se producen en vacío, por lo que, más que la tara de los vagones y de los contenedores vacíos, si es el caso, será la longitud del tren el factor determinante, puesto que en la mayoría de los casos la locomotora tendrá suficiente potencia de arrastre. Puntualizaremos, que a estos efectos consideramos la Unidad de Transporte Intermodal (UTI) como carga neta, incluida la tara del contenedor o caja móvil, que se carga sobre la plataforma porta-contenedores.

A los efectos de eficiencia y competitividad no consideramos, ni el factor de carga de las plataformas, ni el factor de estiba de las cargas contenerizadas; tampoco el de los propios vagones cargados con otras mercancías no contenerizadas como graneles, mercancías en general (unitarizadas o no), etc.

Indicaremos, que si bien son muy importantes, no se consideran porque en este punto únicamente nos centramos en los parámetros del tren. Dichos factores corresponden a los cargadores de las Unidades de Transporte Intermodal y de los vagones, aunque señalaremos, que en el caso de las Unidades de Transporte Intermodal se planifica la carga en plataforma buscando el aprovechamiento de su capacidad en unidades.

En la tabla 6-54, es posible encontrar la locomotora que mejor se ajusta a los parámetros citados con anterioridad. Como condiciones a cumplir establecemos que han de ser trenes completos con la carga máxima de la locomotora y con la longitud máxima admitida por el itinerario, es decir, en las distintas líneas por las que discurre. También deben ser trenes puros formados con la misma clase y tipo de vagón con su máxima carga, puesto que no es lo mismo, que se trate de trenes densos, como pueden ser los cargados con productos siderúrgicos, carbón o cereal, que trenes ligeros, como los cargados con automóviles o los retornos del material en vacío.

Como ejemplo se ha tomado el itinerario entre Madrid Abroñigal y Zaragoza Plaza, y viceversa por su importancia, si bien, es posible realizarlos para todos los itinerarios de la red. Para realizar los cálculos de forma simple y sencilla se construyeron varias matrices de datos, con los tipos de vagones en las filas y las subseries (infraseries) de las locomotoras en las columnas.

La primera Matriz, con el número máximo de vagones admisible por la composición del tren en función de la carga máxima capaz de remolcar cada subserie o infraserie de locomotora y según la rampa característica máxima existente en el itinerario mencionado, 17‰ en el sentido Zaragoza-Madrid y 14 ‰ en el sentido Madrid-Zaragoza.

La segunda, con el número máximo de vagones admisible por la composición del tren—según su longitud entre topes—, incluyendo la locomotora o locomotoras. En función de la longitud máxima que permite la línea, 550 m (longitud especial). Posteriormente, se procedió a restar la segunda matriz de la primera y en la matriz resultante cada elemento se redondeó por defecto.

Para cada elemento de la matriz un resultado positivo, indica el número de vagones excedentes en el tren a causa de la longitud máxima admisible en la línea, puesto que, el número de vagones admisibles por la carga máxima de la locomotora es mayor; un resultado negativo indica el número de vagones excedente a causa de la carga máxima de la locomotora dado el mayor número de vagones admisibles por la longitud del itinerario a recorrer.

En la tabla, se muestran los valores obtenidos en toneladas. En negro y en negrita, no existe ningún vagón sobrante, es decir, en el tren coinciden en número de vagones las restricciones impuestas por la carga máxima de la locomotora y por la longitud máxima admitida en la línea; en rojo, no se completa la carga máxima de la locomotora, hay vagones sobrantes a causa del incumplimiento de la restricción impuesta por la longitud máxima admitida en las líneas seguidas por el itinerario; en negro, no pueden incorporarse más vagones a causa de la restricción impuesta por la carga máxima de la locomotora, aunque por longitud si que sería posible.

Con respecto a las locomotoras reseñadas en la tabla puntualizaremos, como ya se dijo, que es infrecuente la circulación de las subseries 269.000 y 269.200 en tracción sencilla por nuestra área de estudio. Asimismo, que las locomotoras de la subserie 251.000 y 289.000 no circulan por el itinerario del ejemplo y que la subserie 319.xxx solo se utiliza para lanzaderas.

Además, en el itinerario que estamos siguiendo de ejemplo Renfe Mercancías no utiliza habitualmente locomotoras diesel; por el contrario, el resto de operadoras de transporte, que realizan su actividad en nuestra área, únicamente utilizan locomotoras diesel, ya que no disponen de ellas, con la excepción citada del tráfico de Comsa Rail de bobinas de papel con Valencia.

En otras líneas no electrificadas, distintas al ejemplo, la comparación será entre las subseries 333.300 y 335.000, aunque las diferencias entre ambas no son sustanciales, uno o dos vagones en trenes pesados pero es más eficiente la subserie 335.000.

Sobre las locomotoras en mando múltiple, en las páginas precedentes, hemos indicado las limitaciones de carga impuestas por los enganches; por ello, en el caso de la subserie 253.000, se han figurado todas las posibilidades que conocemos para tener una referencia de la carga máxima en cada caso. Para el resto de locomotoras no se dispone de datos sobre esta restricción, si bien, existe como ya apuntamos.

En cuanto a la comparación entre locomotoras con tracción eléctrica y con tracción diesel indicaremos, que las locomotoras diesel de las subseries 333.300 y 335.000 tienen unas cargas máximas superiores a la locomotora eléctricas; si bien, como es sabido, el consumo energético y el coste medioambiental de la tracción diesel es más elevado en tipos similares de tren, en cuanto a masa y longitud, mercancía y perfil de línea.

Por último, matizaremos que se trata de una aproximación teórica que puede diferir sustancialmente de la explotación ferroviaria real. Es necesario tener presente los ciclos de rotación de las locomotoras, la asignación a las bases de tracción, los ciclos de revisiones, las averías, etc.; también la necesaria planificación de las cargas, la formación de los trenes o los retornos en vacío. Además, en los cálculos se ha utilizado la carga máxima en masa, que indica factores de estiba y de carga máximos, lo que, como es sabido, en numerosas ocasiones no sucede.

Sin embargo, en nuestra opinión, conociendo todos o algunos de los factores condicionantes mencionados en el párrafo anterior, si bien es una tarea difícil, podría incrementarse la eficacia y eficiencia en la asignación de locomotoras a los trenes, especialmente en operadoras con un parque numeroso. Hechas las precisiones anteriores, en la tabla se aprecia que las locomotoras en mando múltiple tienen, obviamente, mayor capacidad de arrastre. No obstante esto, la restricción del tren en longitud puede hacer que no sea aconsejable la utilización de dos locomotoras y sea adecuado utilizar solo una. Bien por necesidades de tracción en otros nodos bien para trenes en otras relaciones o por falta de locomotoras, etc., También, simplemente puede ser por el incremento en costes de energía o en mantenimiento de las locomotoras, etc.

Es el caso de los trenes ligeros cargados con automóviles o los retornos de material vacío, en los que puede ser suficiente con una sola locomotora por la restricción en su longitud, salvo necesidad en contrario por ciclos de transporte u otras necesidades. Recordaremos, que se están utilizando las cargas máximas de los vagones, lo cual, en el caso de los automóviles nunca se cumple, por su gran volumen y el escaso peso de los mismos lo que implica un bajo factor de estiba y un bajo factor de carga.

Por el contrario, vemos en la tabla como en trenes con vagones de *bogies* cargados con mercancías más densas, tal que graneles, petroquímicos o siderúrgicos, la masa del tren se aproxima o coincide con las cargas máximas de las locomotoras en mando múltiple; denota altos factores de estiba y de carga. En el punto siguiente se muestran las distintas mercancías que se transportan entre los nodos que tienen relación con el nodo de Zaragoza; ello nos puede permitir, con lo dicho hasta ahora, formarnos una idea del tipo de tren necesario y de los valores objetivos de sus parámetros.

http://www.contrenrenfe.com/pdf/plataformas.pdf

http://www.irionrenfe.com/pdf/vagones_abiertos.pdf

http://www.irionrenfe.com/pdf/vagones_cerrados.pdf

http://www.irionrenfe.com/pdf/vagones_plataforma.pdf

http://www.multirenfe.com/pdf/multi_cistenas.pdf

http://www.multirenfe.com/pdf/multi_tolvas.pdf

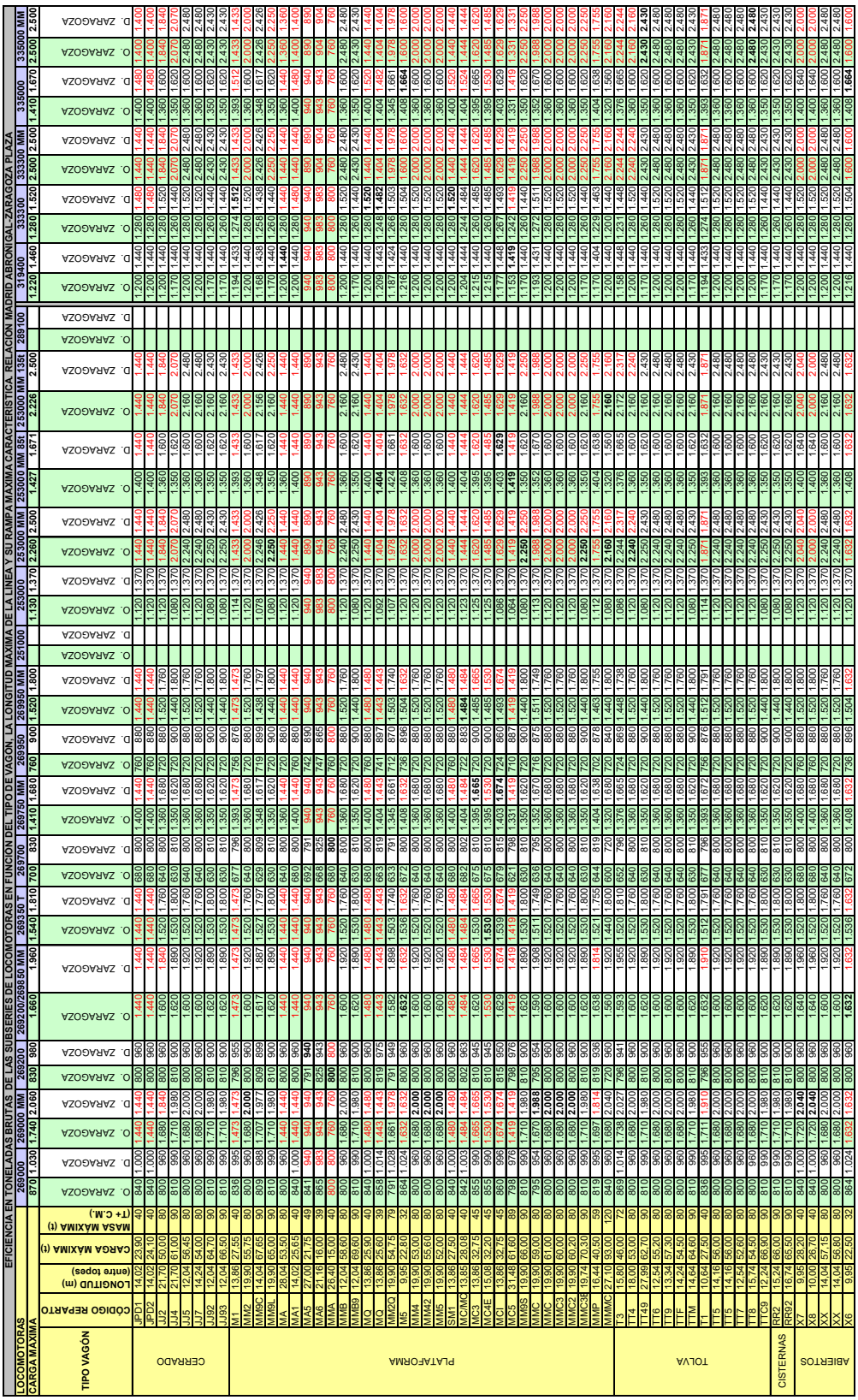
http://www.multirenfe.com/pdf/multi_cerrados.pdf

http://www.multirenfe.com/pdf/multi_abiertos.pdf

http://www.multirenfe.com/pdf/multi_plataformas.pdf

http://www.pecovasa.es/pecovasa.html

Tabla 6-54. Masa bruta máxima de los trenes para el itinerario Madrid-Zaragoza Plaza en función de la locomotora, del tipo de vagón, de la longitud máxima admitida en el itinerario y de su rampa característica máxima



Fuente: Catálogo de vagones, www. Renfe.es [en línea: consulta 10 julio 2009] y [en línea: consulta 26 abril 2012]. Elaboración propia

▪ **Operador de transporte—N(-7)/Servicios trenes—N(-8)/4.** Este punto es el resultado de las relaciones e interacciones que se establecen en el interior de los subsistemas oferta de trenes—N(-9)/1—, demanda de trenes—N(-9)/2 y planificación de trenes—N(-9)/3—, así como, entre los tres. De dichas interacciones surgen los Itinerarios, paradas, características del transporte, disponibilidad y asignación de recursos, características de los trenes, solicitud de surcos, etc.

Las salidas de estos subsistemas—las relaciones de transporte— corresponden a entradas al subsistema servicio trenes—N(-8)/6—, donde se produce el ajuste final, cuyo resultado —la salida del subsistema— será el Plan de Transportes de cada operadora para el año en cuestión. Estas relaciones de transporte para todos los operadores de transporte vienen reflejadas en el Horario de Servicio del Administrador de Infraestructuras del año 2011[638].

Se ha tomado dicho Horario por ser el más próximo al momento actual, dado que los datos de tráfico empleados para el análisis abarcan el periodo comprendido entre los años completos de 2007 a 2011. Asimismo, dentro del mencionado Horario, se ha seleccionado el ajuste mensual de septiembre en este caso, por ser el primero realizado después de las vacaciones estivales al tratarse del periodo con menor tráfico ferroviario de mercancías en nuestro país.

Así, revisado el mencionado Horario de Servicio para las terminales que muestran actividad en nuestra área de estudio es posible configurar cualitativa y cuantitativamente, al menos de forma teórica, la estructuración de los flujos de entradas y salidas planificados de trenes en los nodos de nuestra área de estudio; es decir, las relaciones que se establecen entre los nodos ferroviarios del área metropolitana de Zaragoza y otros nodos del territorio peninsular. La siguiente serie de seis mapas muestra dichas relaciones y sus frecuencias semanales, lo que va a permitir considerar la existencia o no de interacción entre dichos territorios y hacernos una idea de la magnitud de la interacción (mapas 6-26 al 6-32).

Para la representación gráfica se ha considerado el rango de las frecuencias semanales (70-1= 69) y la falta de homogeneidad en la distribución de dichas frecuencias en cada terminal y en el conjunto. Así, se ha estimado establecer nueve intervalos de frecuencia[639] con una amplitud de cuatro trenes, con excepción de los intervalos primero (1) y último (35 o más), con lo que se pretenden destacar ambos intervalos por su singularidad.

También, se figuran las relaciones facultativas, en color gris, puesto que la marcha —surco— de los trenes existe, pero es necesario su anuncio para que circule y, dicho anuncio, es potestativo de la operadora en cuestión para que se ponga en circulación; circulan en periodos determinados o fechas puntuales por eso no se contabiliza su frecuencia semanal.

Además, para representar cada intervalo se ha utilizado una graduación basada en una escala cromática de colores fríos a cálidos con dos valores (luminosidad) cada

[638] El Horario de Servicio del año 2011 abarca desde el segundo domingo de 2010 hasta el segundo sábado de diciembre de 2011. El ajuste concertado entre las operadoras de transporte y el administrador de infraestructuras, se produjo el 11 de junio; hubo también ajustes mensuales en ocho meses de dicho año (2,3,4,5,8, 9,10 y 11).

[639] No es de aplicación la regla de Sturges, cuyo resultado en este caso es de siete intervalos con una amplitud de diez frecuencias semanales; en nuestra opinión, dicho fraccionamiento de la distribución de las frecuencias semanales de las relaciones, en nuestro caso, ocultaría las características de la misma. Nos ha parecido más conveniente establecer nueve intervalos, ocho con una amplitud de cuatro relaciones semanales y uno más, el primero, con una amplitud de una relación. En dicho primer intervalo, 0-1, no se ha seguido la misma pauta porque se pretende subrayar la existencia de relaciones con una única frecuencia semanal en un solo sentido de circulación y no la inexistencia de relación entre dos nodos. Por esta razón se ha indicado en la leyenda de los mapas como 1 para evitar posibles interpretaciones confusas.

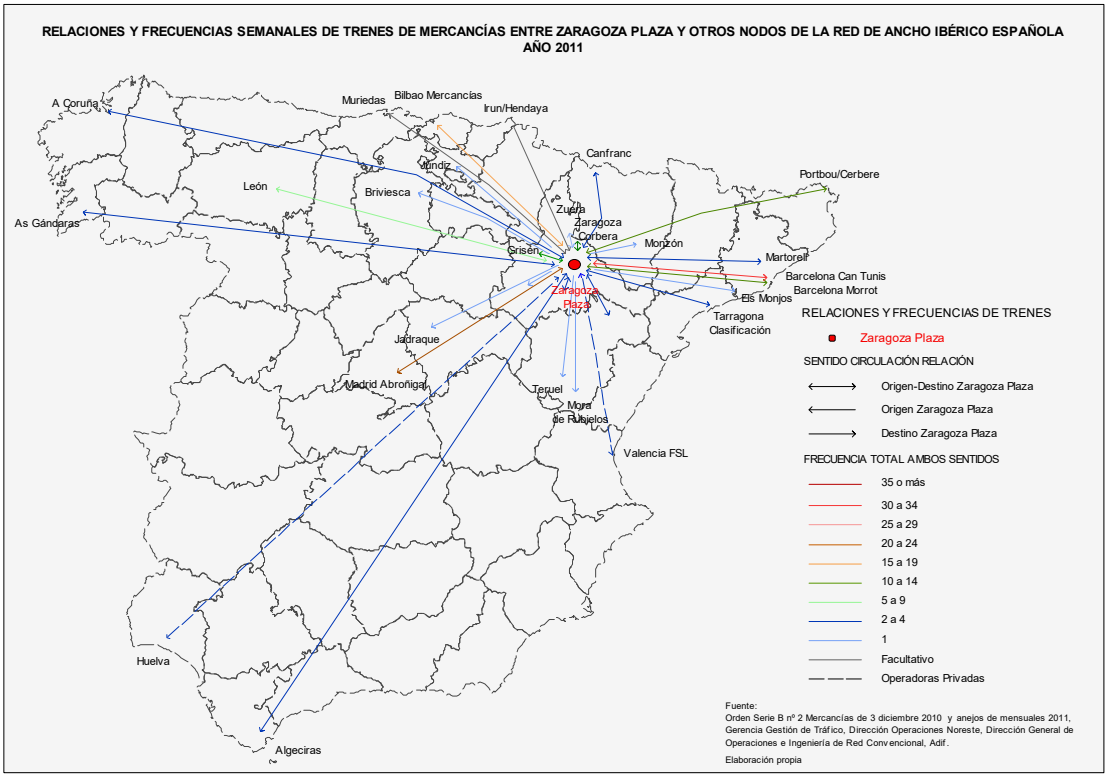
uno de ellos, excepto el último intervalo que cuenta con tres valores. Las relaciones que mostramos en los mapas tienen mucha dependencia con la especialización productiva de las empresas implantadas en los apartaderos de las terminales consideradas y sus características, cuestiones vistas con anterioridad; la única excepción, por sus funciones de clasificación y de estacionamiento, es el Centro Logístico de Zaragoza Plaza y, en menor medida, la Terminal de Zaragoza Arrabal.

En el mapa siguiente (mapa 6-26), que corresponde al Centro Logístico de Zaragoza Plaza, podemos apreciar como sus relaciones cubren profusamente el cuadrante noreste, conectando, asimismo, los puertos españoles más importantes del este, norte y sur peninsular.

Las relaciones representadas se adecuan a las distintas funciones del Centro Logístico, intermodal, de clasificación, de estacionamiento y apartado que, a su vez, incluyen otras funciones asociadas tanto al transporte ferroviario y como a su logística. Puntualizaremos que, en Zaragoza Plaza y en Grisén, se han incluido los trenes con intervención. Así, en el mapa se manifiesta con claridad su condición de hub logístico como resultado de la situación geoestratégica del nodo ferroviario de Zaragoza. Las relaciones intermodales corresponden a tráficos carretera-ferrocarril y ferrocarril-marítimo.

Las primeras, en nuestro caso[640] hacen referencia a los flujos capilares de contenedores y cajas móviles transportados por carretera entre el Centro Logístico y las empresas que utilizan estas unidades de cargamento en el modo ferrocarril; las segundas, a los flujos de tráfico ferro-portuario, es decir, los trenes que circulan desde/hacia los puertos transportando dichas unidades de cargamento.

Mapa 6-26. Relaciones y Frecuencias semanales de trenes de mercancías entre Zaragoza Plaza y otros nodos de la red española de ancho ibérico



[640] En otras terminales portuarias existen tráficos ferro-portuarios de otras mercancías además de la de contenedores. Indicaremos que el tráfico marítimo puede clasificarse en Graneles, líquidos y sólidos, y Mercancía General, tanto convencional como contenerizada.

Actualmente en el Centro Logístico de Zaragoza Plaza únicamente se realiza la función de carga y descarga de contenedores y de cajas móviles, no de otras mercancías, por lo que sólo encontramos instalaciones para estos tráficos intermodales, como ya se dijo. Los puertos que en el año 2011 mantuvieron relaciones intermodales de tráfico con Zaragoza Plaza fueron Barcelona, Tarragona, Valencia, Bilbao, Santander (Muriedas), Huelva y Algeciras. En el año 2012 se ha perdido la relación con Huelva. Dichos tráficos intermodales se han realizado en trenes cliente completos y en trenes multicliente, correspondiendo el último, tanto a lotes de contenedores como a contenedores aislados de diferentes clientes.

Los trenes completos son operados por las empresas ferroviarias con actividad en Zaragoza Plaza. En su mayoría es la sociedad mercantil especializada Contren del grupo Renfe Mercancías la que gestiona la logística de los servicios de transporte y aporta las plataformas, si bien, la relación con Valencia es operada por Logitren Ferroviaria (LG). También existen trenes facultativos que circulan por la relación con Barcelona Can Tunis de la operadora Continental Rail (CT) que en año 2012 han dejado de ser trenes facultativos y están anunciados.

Un tráfico que consideramos importante resaltar es el de alfalfa del Valle del Ebro. Llega en trenes de contenedores al Puerto de Barcelona y en una de las terminales de Tercat, se embarca con destino a los Emiratos Árabes Unidos para la multinacional Al Dahra, especializada en alimentación y cría de ganado. Los servicios de transporte ferroviarios son provistos por Contren y comercializados por Tercat[641] y MSC[642], que también proveen los servicios logísticos.

La relación con A Coruña, que actualmente no existe, fue operada por Contren para los tráficos de bobinas de papel cargadas en cajas móviles del operador logístico Transportes Sesé; los retornos papel usado para el reciclaje Se mantuvo con una frecuencia semanal de un tren por cada sentido hasta su extinción en septiembre de 2011.

Indicaremos, asimismo, que hubo una relación desde principios del año 2011 con Sevilla La Negrilla, con una frecuencia semanal de dos trenes por semana en cada sentido cargados con cajas móviles, si bien, únicamente hasta el mes de junio; fue puesta en marcha por la operadora ferroviaria Eurocargo Rail (EWS-ECR) a instancias del operador logístico Acotral, interproveedor[643] de Mercadona; en sentido contrario los tráficos fueron de Tranfesa.

---

[641] Tercat—Terminal Catalunya S.A.—es un operador de terminales portuarias que ofrece servicios de estiba y consignación de buques, así como, servicios logísticos y transitarios. Desde el año pasado está totalmente integrada en el holding chino Hutchison Port Holdings, HPH, primer operador de terminales portuarias del mundo. Dispone de una terminal de contenedores –Terminal Catalunya— en el Muelle Príncipe de España con 46 Ha y, entre otras, ocho grúas de muelle post panamax, y 0,92 millones de teus manipulados en 2010; también otra terminal en el Muelle Prat, activa desde septiembre de 2012, Terminal Catalunya-Hutchinson con 100 Ha y ocho grúas de muelle Super Post Panamax, entre otras, y una capacidad de manipulación de 2,6 millones de Teus/año. En ambas terminales operan 21 navieras, entre ellas nueve de las 10 más importantes del mundo excepto la primera APM MAERSK.

Para mayor información sobre volúmenes de tráfico de las navieras ver: *Alphaliner Top 100, operated fleets as per 08 september 2012*, http://www.alphaliner.com/top100/index.php.

[642] Mediterranean Shipping Company España ofrece un servicio integral que cubre todas las operaciones de exportación e importación. También un servicio intermodal de transporte integrado tanto por camión como por trenes de contenedores para optimizar los plazos de entrega.

[643] Término acuñado por Mercadona para denominar a aquellos proveedores dispuestos a establecer unos vínculos de cooperación más sólidos con la cadena y una relación de larga duración. La principal condición para alcanzar dicho estatus es poder ofrecer al cliente los productos con la mejor relación calidad-precio del mercado; a cambio, obtienen un **"**contrato de por vida**"** regulado por un Convenio Marco de Buenas Prácticas Comerciales.

Posteriormente, durante unos meses se mantuvo una relación entre Zaragoza Plaza y Huelva, operada por Activa Rail (AR), operadora heredera de Eurocargo Rail.

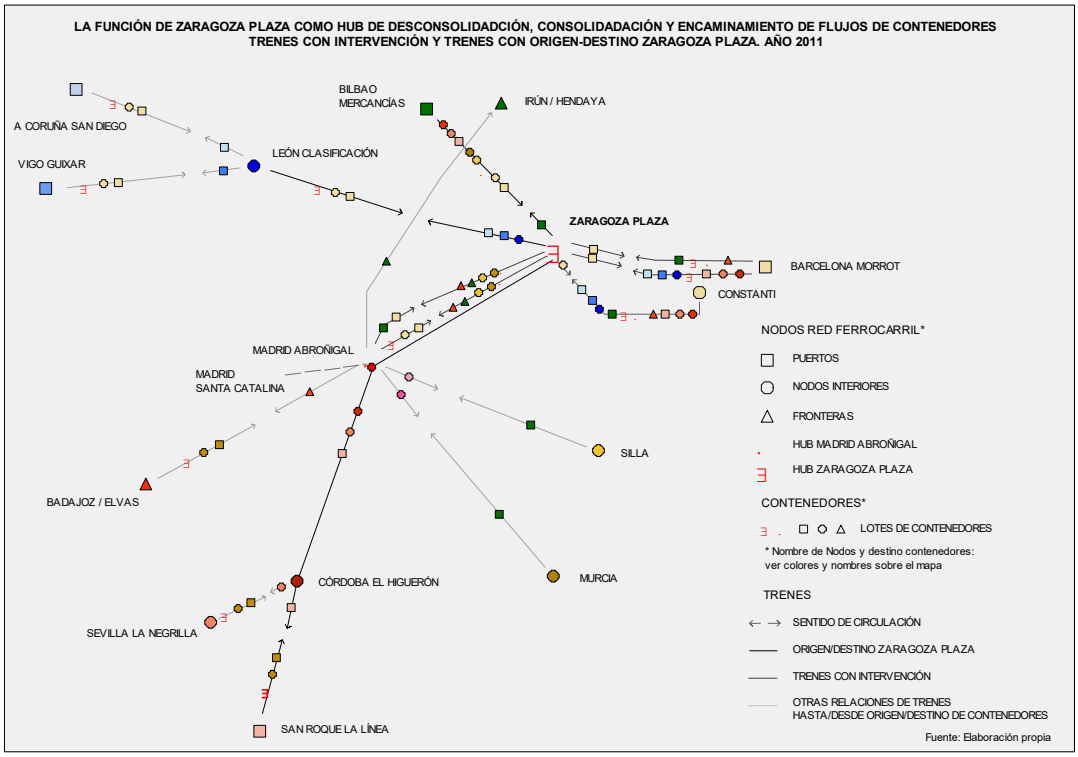
También, el pasado año hubo una conexión intermodal con el puerto seco de Júndiz (Álava), extensión del puerto de Bilbao para la ampliación de su Hinterland, por la que circularon contenedores de la naviera McAndrews[644], con una frecuencia semanal de un tren operado por Renfe. Actualmente no existe. En la modalidad multicliente, las plataformas cargadas con las unidades de cargamento intermodal se agregan y segregan a los trenes, en su totalidad de la operadora Renfe, con operaciones de intervención. Cabe destacar la función de clasificación y, dentro de ella, más concretamente, la de lotificación y distribución de las plataformas, es decir, de *hub* logístico que desarrolla el centro logístico.

Se desagrupan y reagrupan los lotes o plataformas aisladas llegados en trenes de contenedores procedentes de Barcelona Morrot y Barcelona Can Tunis, Bilbao Mercancías, Madrid abroñigal, Algeciras y León, también las generadas en el propio centro logístico y que se encaminan a esos mismos destinos en los trenes de retorno. Puntualizaremos que no se considera el tráfico de trenes que realizan tráficos de contenedores multicliente cuyo origen/destino es Zaragoza Plaza.

Así por ejemplo, en la relación con Valencia operada por Logitren, la terminal no realiza operaciones de distribución para encaminar los contenedores en otros trenes hasta su destino final, puesto que es la propia terminal. Tampoco consideramos los trenes TICAR, porque, si bien, se agregan contenedores y cajas móviles, no son trenes puros de contendores.

Actualmente, los trenes multicliente de contenedores con intervención corresponden en su totalidad a la Red Intermodal multicliente (antigua Red TECO) de Renfe Operadora.

Mapa 6-27. Función de Zaragoza Plaza como Hub concentrador y distribuidor de flujos de contenedores



[644] Naviera integrada en MCA MGM, proveedora de servicios de transporte intermodales puerta a puerta y especializada en short See Shipping entre la Península Ibérica y el Reino Unido

En el mapa puede apreciarse como el nodo de Zaragoza Plaza realiza las funciones de Hub distribuidor de flujos de contenedores multicliente a sus destinos. Los trenes de contenedores llegan y se segregan los contenedores o lotes de contenedores de los trenes con intervención, cuyos destinos no corresponden al destino o recorrido de dichos trenes y se agregan los lotes de contenedores llegados en trenes con otros orígenes, para el encaminamiento a su destino (ver mapa 6-27).

Los contenedores diferidos para destinos distintos a los de los trenes de intervención se encaminan a sus destinos en otros trenes de intervención o en trenes con origen en Zaragoza Plaza. Otra relación con intervención que hay que destacar es la de portbou/Cerbere con origen/destino Alemania, si bien, los trenes proceden/llegan a Grisén con las mercancías de/para la factoría de Opel.

Las operaciones realizadas segregan/agregan lotes de vagones y plataformas cargadas con contenedores para el apartadero de BSH, previamente situados en la zona de clasificación del centro logístico, o se estacionan en dicho apartadero con posterioridad. En las otras relaciones de cargamentos no contenerizados encontramos tanto trenes cargados como los flujos de retorno en vacío. Para este tipo de tráficos la función de estacionamiento de los trenes es la más utilizada y, en menor medida, la de clasificación. Los trenes son estacionados, sin operaciones en su composición, en espera de los distintos surcos, locomotora o maquinista. En otras ocasiones es necesario clasificarlos, desagregando lotes de vagones según su destino, para formar nuevos trenes, o vagones averiados para su reparación en el taller de Integria de Renfe Fabricación y Mantenimiento.

Las relaciones con el noreste peninsular conectan con Tarragona Clasificación, desde la que circulan trenes de vagones cisterna cargados con butano de la refinería de esa ciudad, cuyo propietario es Repsol Butano, para la planta de almacenaje que dicha empresa tiene en María de Huerva; el retorno es en vacío. La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada, Multi, del grupo Renfe Mercancías y aporta los vagones cisterna. También conectan Martorell y Els Monjos con trenes de vagones tolva cargados con cereal cuyos retornos en vacío se encaminan desde Zaragoza Plaza a Canfranc y Briviesca, respectivamente.

El cliente es cererail y la gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada Multi del grupo Renfe Mercancías que aporta los vagones tolva. Con el norte peninsular, desde Muriedas circulan trenes de vagones tolva cargados con mineral[645] de manganeso con destino Monzón Río Cinca—con apartadero particular— y su retorno en vacío, si bien en el año 2011 eran facultativos. Actualmente, hay cuatro frecuencias semanales por cada sentido. La gestión logística de los servicios de transporte para Hidronitro, asimismo, la desarrolla la sociedad mercantil especializada Multi del grupo Renfe Mercancías que aporta los vagones tolva.

También existe una relación con Irún, si bien, de un tren facultativo que transporta vagones abiertos cargados con madera con destino Mora de Rubielos y su retorno en vacío. Al igual que en las anteriores relaciones la gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada Multi, del grupo Renfe Mercancías que aporta los vagones abiertos de bordes.

En cuanto al noroeste peninsular únicamente encontramos la relación con As Gándaras (As Gándaras de Piñeiro-Pontevedra), origen de trenes de plataformas

[645] El mineral de manganeso es utilizado por la planta de Ferroaltántica S.L., que en el año 2000 absorbió Hidronitro Española S. A. Produce ferroaleaciones de manganeso, ferromanganeso y silicomanganeso utilizadas en la fabricación de acero inoxidable y aceros especiales de muy bajo contenido en carbono. En el proceso de producción es utilizada cuarcita para el aporte de silicio.

Su capacidad de producción es de 88.000 t. año de Silicomanganeso, 46.000 t. año de Ferromanganeso y 10.000 t. año de pulverizados.

porta-automóviles cargadas con automóviles de la factoría PSA (Peugeot Citroen) de Vigo con destino Barcelona Can Tunis. La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla Pecovasa, del grupo Renfe Mercancías, sociedad mercantil especializada en el transporte de piezas y componentes, y vehículos terminados; aporta los vagones porta-automóviles.

Por lo que respecta al centro peninsular existe una relación con Jadraque. Es el retorno en vacío de los vagones tolva cargados con cuarcita que circulan entre dicho nodo y Monzón Río Cinca. La última relación la encontramos en el sur, donde encontramos la de Mora de Rubielos (Teruel). Por ella circulan trenes de vagones abiertos cargados con madera, cuyo destino final es una fábrica en Sarrión (Teruel), que produce tablas para encofrados, pallets, muebles, envases de madera, etc.

Los retornos en vacío circulan desde Mora de Rubielos a Teruel y, desde aquí, hasta Zaragoza Plaza. La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada Multi, del grupo Renfe Mercancías, que también aporta los vagones abiertos de bordes. Indicaremos, que los servicios logísticos en tierra, en tren y los de maniobras son prestados por Adif con sus propios recursos materiales.

Los recursos humanos utilizados los aporta Adif, bien los suyos o bien los de otras empresas contratadas por el mencionado administrador, salvo la conducción de la locomotora de maniobras que la realiza el personal de Adif debidamente autorizado. En cuanto al número de frecuencias semanales de trenes, destacaremos que la relación con Barcelona Can Tunis con 33 trenes es la de mayor intensidad. De ellos 30 trenes transportan contenedores—15 en cada sentido—, de los cuales, 20 tienen origen/destino Zaragoza Plaza y 10 tienen o han tenido intervención[646] en Zaragoza Plaza ya que circulan con origen/destino Madrid Abroñigal/Barcelona Can Tunis. Las otras tres frecuencias corresponden a trenes con automóviles procedentes de As Gándaras.

Le sigue la relación con Madrid Abroñigal, con 21 trenes, todos ellos cargados con contendores; de ellos, en ambos sentidos, tienen o han tenido intervención 20 trenes y uno tiene como destino Zaragoza Plaza. A continuación, la relación con Bilbao con 18 trenes en ambos sentidos, todos ellos de contendedores. Por lo que respecta a la relación con Cerbere indicaremos, que son 13 trenes cargados con piezas y componentes de automóvil, de los cuales, 11 tienen origen/destino Grisén y tienen o han tenido intervención; los otros 2 tienen destino Zaragoza Plaza. La anterior relación tiene total correspondencia con la de Grisén; por ella circulan 10 trenes, 9 con intervención con origen/destino Cerbere y 1 con origen en Zaragoza Plaza.

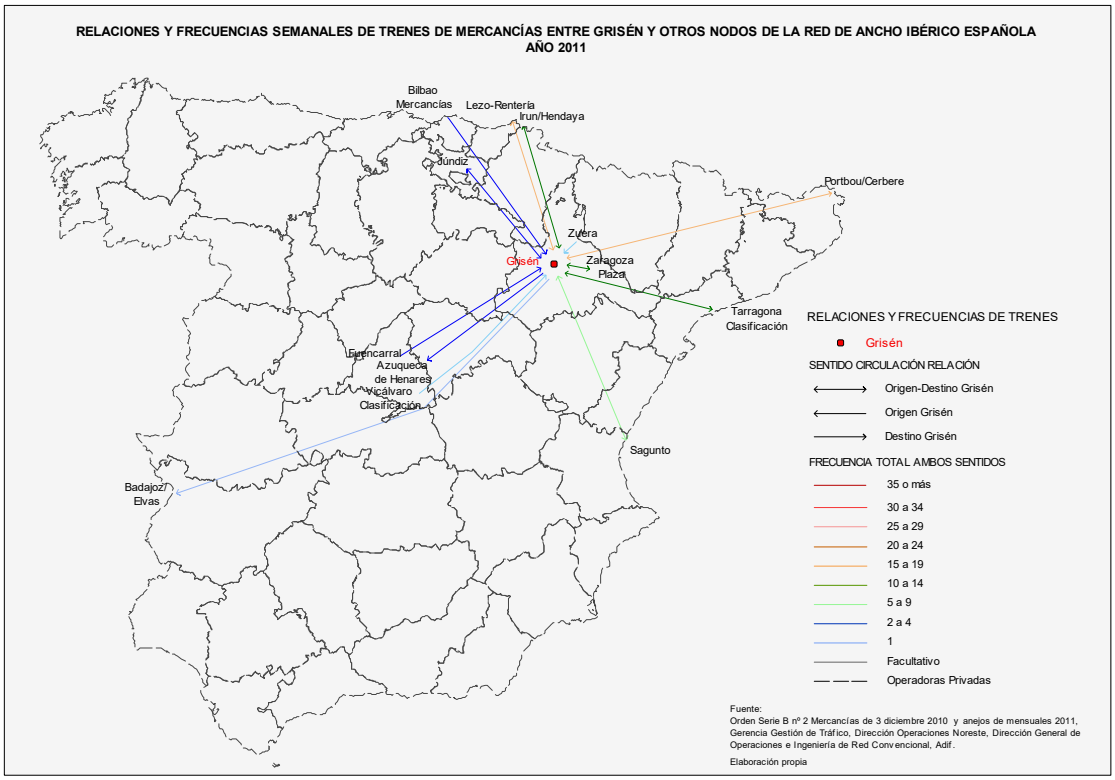
Por último destacaremos, la relación con Barcelona Morrot por la que circulan 10 trenes cargados con contenedores— 5 en cada sentido—; todos ellos tienen o han tenido intervención, puesto que, su origen/destino es Madrid Abroñigal. Subrayaremos la relación de Barcelona Morrot con Córdoba El Higueron.

En el mapa siguiente (mapa 6-28), se muestran las relaciones, todas ellas operadas por Renfe, que tuvo la terminal de Grisén en el año 2011 con otros nodos de la red española de ancho ibérico. Puntualizaremos, que en Zaragoza Plaza y en Grisén se han incluido los trenes con intervención. Señalaremos, como ya se dijo, al hablar de dicha terminal que todos los flujos de mercancías emitidos y recibidos están relacionados con la factoría de Opel. También que la mayor parte de su producción –automóviles— se exporta, principalmente a países europeos; asimismo, recibe de Alemania piezas y componentes para su producción y/o ensamblaje.

---

[646] En los trenes de intervención con origen/destino Barcelona Can Tunis o Morrot/Madrid Abroñigal y con origen/destino Grisén/Cerbere se ha considerado una relación entre Zaragoza Plaza con su Origen y otra relación con origen en Zaragoza Plaza con su destino. Es decir, para cada tren con intervención, aun siendo el mismo tren, se consideran dos relaciones, una con el origen—tienen intervención— y otra con el destino—han tenido intervención—.

Mapa 6-28. Relaciones y Frecuencias semanales de trenes de mercancías entre Grisén y otros nodos de la red española de ancho ibérico



Los flujos de vehículos de exportación se encaminan hacia el puerto de Pasajes (Lezo) y, en menor medida, hacia el de Tarragona, a través de la cadena de transporte intermodal ferrocarril-marítimo especializada en la logística del automóvil[647].

Desde el puerto de Pasajes, con destino al Reino unido, Irlanda, Holanda y Bélgica; desde el de Tarragona a Italia. Los retornos en vacío vuelven a Grisén para iniciar un nuevo ciclo de transporte. Asimismo, atraviesan la frontera de Irún/Hendaya trenes

[647] Opel tiene externalizados los servicios logísticos y de transporte. En el eslabón ferroviario de la cadena intermodal de transporte, los servicios de transporte los presta Renfe Operadora y los servicios logísticos del automóvil para transportes ferroviarios internacionales, el Pool Hispanauto y, para transportes ferroviarios en España, el Pool Ibérico Ferroviario. También presta servicios de transporte y logísticos Capsa (Compañía Aragonesa de Portacoches, S.A), para envíos de automóviles por carretera en España y otros países Europeos, complementando, asimismo, al ferrocarril en la distribución final. Todas ellas pertenecen a Transfesa.

La capacidad de cada una de las plataformas portautos está en función de su longitud y de los pisos, uno o dos; también de las dimensiones de los vehículos, especialmente la longitud y su altura. Así, en el caso de los vehículos opel corsa y opel meriva, en las plataformas de 17,14 m. con un solo piso, oscila de cuatro a seis vehículos, dependiendo del número de cada uno de los dos tipos cargados; de la misma manera, en las de 26, 5 m. (piso inferior) y 25,26 (piso superior) la capacidad es de once o doce vehículos.

A bordo de los buques CCP (*Pure Car Carrier y Carrier Pure Car Truck*) la capacidad de carga se mide en unidades RT o RT43, basadas en un Toyota modelo 1966, de dimensiones 4,125 m x 1, 55 m x 1, 42 m, o por unidades equivalentes de coches (CEU), correspondiendo, esta última, a un turismo de 850 kg de peso y un tamaño del motor, aproximadamente, de 1,6 litros. http://www.uecc.com/Home.aspx

Un consignatario de buques o agente naviero como, representante de una línea naviera, es un mandatario del transportista.

cargados de vehículos con destino a Francia y Alemania. Los retornos, con trenes cargados de vehículos, tienen como destino Vicálvaro clasificación y Zuera, desde donde vuelven en vacío a Grisén para iniciar el ciclo. Hubo también en el año 2011 una relación con la frontera portuguesa de Badajoz/Elvás, desde donde los trenes de portautos retornaban en vacío a Vicálvaro clasificación.

Por la frontera de Portbou/Cerbere los flujos de exportación/importación son bidireccionales, es decir, circulan trenes TICAR cargados con piezas y componentes, cuyo origen/destino es la factoría de Opel en Eisenach, situada en el centro de Alemania (Turingia). La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada Pecovasa del grupo Renfe Mercancías. La logística en tierra y las plataformas porta-automóviles son aportadas por cada empresa en cuestión, sea tráfico internacional o nacional, Pool Ibérico Ferroviario e Hispanauto, respectivamente. Sin embargo, como consecuencia de la crisis las ventas de automóviles y su producción han sufrido un fuerte descenso. Las exportaciones han disminuido y con ello los flujos de transporte.

Otros flujos recibidos y emitidos están destinados a la producción de la empresa. Así, desde Sagunto se provee de bobinas de acero laminado en frío galvanizado para la producción y los vagones vacíos retornan a Sagunto. La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada Iron del grupo Renfe Mercancías, que también aporta los vagones porta-bobinas. La chatarra generada se envía para su reciclaje a Júndiz (Álava); los retornos en vacío vuelven a Grisén. Asimismo, con Irún existe una relación bidireccional de productos siderúrgicos por la que circulan trenes de Algetren Logística S. A. del grupo Aleposa que realiza los servicios logísticos de apoyo.

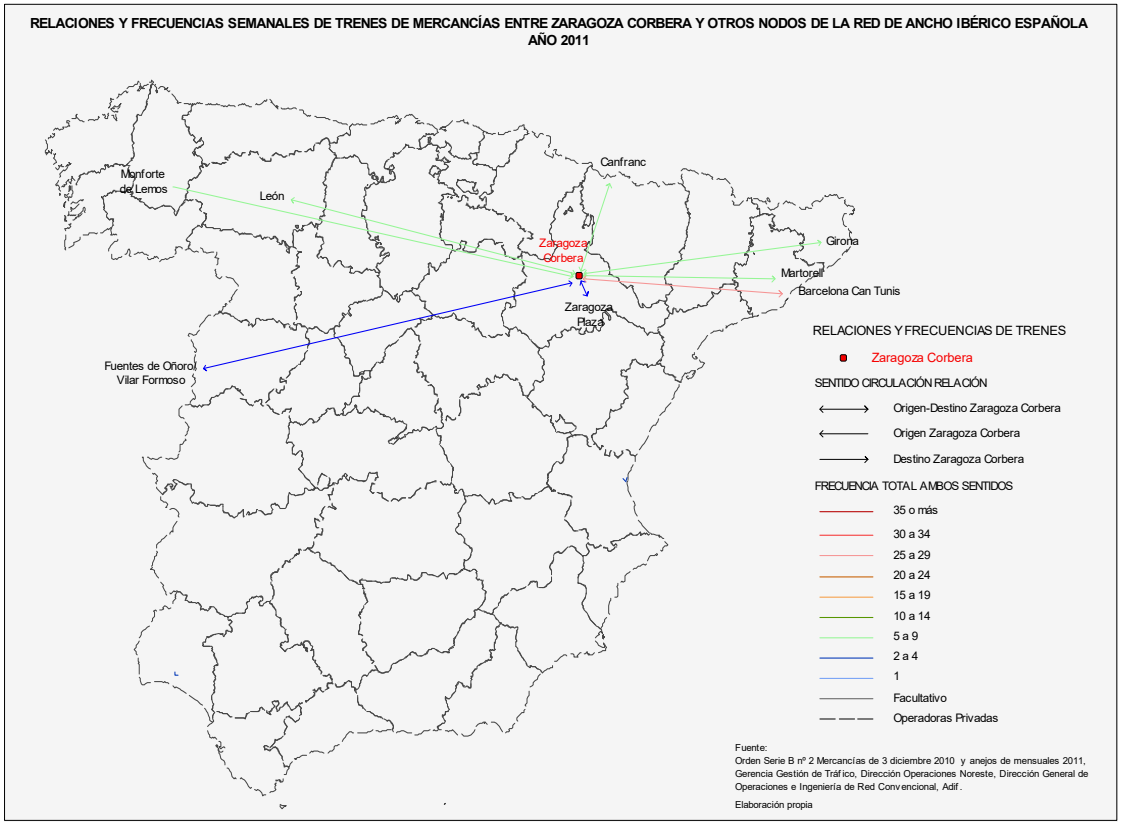
Indicaremos, por último, que la relación con Azuqueca es una continuidad de la de Bilbao. Los trenes de bobinas de papel procedentes de Bilbao, de la consignataria Toro y Betolaza S. A., realizan una parada técnica de unas pocas horas para el cambio de maquinista y en espera de surco para su circulación. La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada Multi, del grupo Renfe Mercancías que también aporta los vagones cerrados de paredes deslizantes.

Notaremos que las frecuencias del núcleo de cercanías de Madrid en horario punta son elevadas por su carácter estratégico; el corredor del Henares no es una excepción. La maniobra de entrada al apartadero particular que Toro y Betolaza tiene en este nodo que da acceso al Puerto Seco ha de interrumpir momentáneamente las vías generales y, por lo tanto, se hace necesaria la circulación del mencionado tren de papel en un surco que llegue en una hora valle para no interfir la circulación de los trenes de cercanías. Los servicios logísticos en tierra, así como los de maniobras en la Terminal de Grisén, son prestados por Adif con sus propios recursos materiales y humanos.

El mapa 6-29 muestra las relaciones de la terminal de Zaragoza Corbera Alta que, como ya se dijo, atiende a los apartaderos particulares del puerto seco de TMZ, de Torras Papel, Saica I y Vehizasa, estos dos últimos sin actividad en el año 2011. La relación que soporta los mayores flujos bidireccionales en la terminal de Zaragoza Corbera Alta corresponde a la de Barcelona Can Tunis; dichos flujos son generados por la Terminal Marítima de Zaragoza (TMZ). Los trenes que circulan por esta relación son trenes cliente completos hasta/desde la terminal que TCB—el cliente— tiene en el puerto de Barcelona[648].

[648] TCB—Terminal de Contenidors de Barcelona S. L.—, pertenece al Grupo TCB, pionero de la contenerización en España y primer operador marítimo español de terminales portuarias, servicios de ingeniería y consultoría marítima. Ofrece servicios de estiba, consignación de buques, gestión de terminales portuarias, proyectos globales de estudio y desarrollo de terminales portuarias. Asimismo, participa también en la gestión de terminales ferroviarias o puertos secos en puntos interiores de aquellos puertos y su hinterland, en los que está

Mapa 6-29. Relaciones y Frecuencias semanales de trenes de mercancías entre Zaragoza Corbera Alta y otros nodos de la red española de ancho ibérico



De estos trenes, destacaremos los que transportan alfalfa cargada en contenedores con destino a los Emiratos Árabes Unidos. La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada Contren del grupo Renfe Mercancías, que también aporta los vagones plataforma para el transporte de los contenedores. Los trenes son comercializados por la TCB Rail Transport filial del grupo TCB.

---

presente. Su estrategia es ser operador y accionista de referencia en cada una de las terminales en las que interviene, tanto desde la fase inicial de proyecto como en la gestión diaria del tráfico intermodal. En nuestro caso la Terminal Marítima de Zaragoza TMZ.

Para ello, el mencionado grupo, creó en 2006 dos empresas— TCB Railway Transport y TCV Railway Transport— la primera en el puerto de Barcelona y la segunda en el Valencia. Los objetivos fueron desarrollar el tráfico de mercancías contenerizadas por ferrocarril y potenciar los tráficos de/hacia sus propias terminales, ofrecer un servicio añadido para fidelizar a las navieras y clientes finales, y aumentar el área de influencia para mantener o captar nuevos tráficos.

La terminal del puerto de Barcelona, situada en el Muelle Sur, tiene una extensión de 54 Ha con una capacidad de 1,3 millones de teus/año, que se ampliará en 2013 a 81 Ha y una capacidad de 2,2 millones de Teus/año. Dispone, entre otras, de 3 grujas de muelle super post panamax y 5 post panamax. En el año 2010, en la terminal se manipularon 0,96 millones de Teus.

En la terminal operan 48 navieras entre ellas ocho de las 10 más importantes del mundo excepto MSC (Mediterranean Shipping Company) y CSCL (China Shipping Container Lines), segunda y novena, respectivamente.

En cuanto a las mercancías no contenerizadas, en la Terminal de Zaragoza Corbera Alta encontramos el tráfico de cereal (maíz) procedente de Canfranc[649] y su posterior encaminamiento a Martorell. La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada Multi, del grupo Renfe Mercancías; las tolvas son del cliente—Cererail—del grupo Transfesa. También existen dos relaciones por la que circulan trenes cargados con madera, materia prima para la producción de pasta de celulosa en la factoría de Torras Papel, situada en el barrio zaragozano de Montañana.

La primera relación, entre/desde Zaragoza Corbera y Portugal por la frontera de Fuentes de Oñoro/Vilar Formoso. La segunda, entre/desde Zaragoza Corbera y Monforte de Lemos (Lugo) o León según el día de circulación de los trenes. La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada Multiproducto del grupo Renfe Mercancías; los vagones abiertos de bordes máximos son aportados, igualmente, por dicha sociedad mercantil.

Por último, la relación entre/desde Zaragoza Corbera con Gerona, por la que circulan trenes con pasta de papel para el centro de producción que Torras tiene en Sarriá de Ter (Gerona)[650]. La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada Multiproducto, del grupo Renfe Mercancías; los vagones cerrados de paredes deslizantes son aportados, igualmente, por dicha sociedad mercantil.

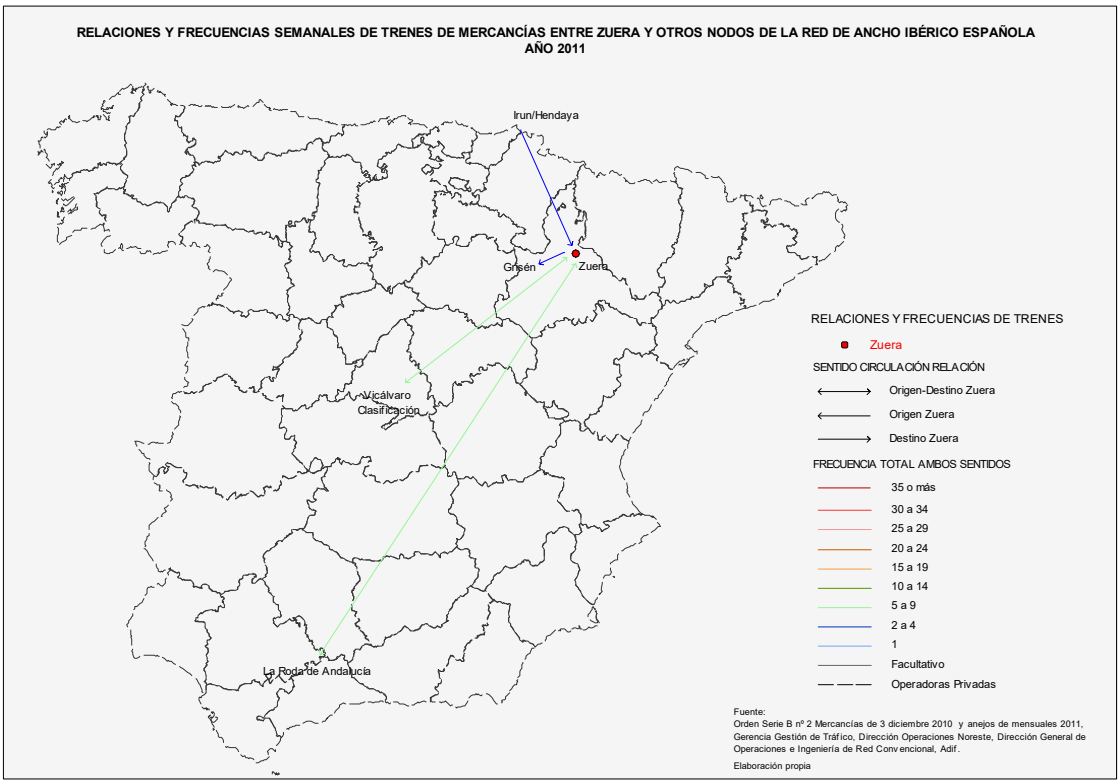
Puntualizaremos, que todos los tráficos desde los mencionados destinos, tienen su retorno en vacío. En el siguiente mapa (ver mapa 6-30) se muestran las relaciones de la Terminal de Zuera. Como se ha dicho con anterioridad, los tráficos son trenes de automóviles, plataformas porta-automóviles vacías y propano.

Con respecto a los automóviles, indicaremos que la campa de automóviles existente en la terminal desarrolla la función de centro logístico de distribución de vehículos, entre otras funciones, que añaden valor al proceso producción-distribución. Desde/hasta Zuera apreciamos dos relaciones, una con la frontera francesa de Irún/Hendaya y otra—La Roda de Andalucía—con el sur peninsular. El primero, corresponde, junto con los que acceden a los puertos, a uno de los principales corredores de exportación/importación por el que circulan flujos de automóviles (nuevos y usados), piezas y componentes de automóviles. El segundo, a uno de los corredores por el que fluyen los tráficos interiores peninsulares, si bien, el principal de ellos, recorre la zona centro, el corredor del Ebro y el Mediterráneo norte.

[649] Maíz procedente de la Región geográfica del Béarn, antigua provincia francesa, en el sur del Departamento de Pirineos Atlánticos de la Región administrativa de Aquitania en Francia. Dicha región, tiene extensas áreas dedicadas al cultivo del maíz para la exportación a España. El cereal llega a la estación de Canfranc por la carretera RN-134 en camiones que ascienden por el valle de Aspe y entran en España a través del puerto de Somport. El maíz se almacena en el silo de la estación para su carga en los vagones tolva.

[650] En esta planta se fabrican distintas gamas de papel no estucado especial y soporte, para aplicaciones multiuso y producción editorial. Tiene una capacidad de producción de 62.000 Tm/año.

Mapa 6-30. Relaciones y Frecuencias semanales de trenes de mercancías entre Zuera y otros nodos de la red española de ancho ibérico



La relación entre Hendaya y Zuera corresponde a los retornos de los trenes de automóviles para la exportación enviados desde Grisén; el tráfico de automóviles de importación procede de las factorías de Opel en Alemania, desde Zuera vuelven en vacío a Grisén para iniciar el ciclo.

Por su parte, en la relación con La Roda de Andalucía[651] circulan trenes cargados de automóviles desde Zuera hasta la campa de vehículos, allí situada, para la distribución de vehículos en el sur de España y Portugal; los trenes retornan a Zuera en vacío.

La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada automoción del grupo Renfe Mercancías; las plataformas portautos son aportados, como se ha dicho, al hablar de la terminal de Grisén, para los trenes que provienen de Europa por el Pool Hispanauto y para los trenes a/desde La Roda de Andalucía por el Pool Ibérico Ferroviario

Por último, en la relación con Vicálvaro Clasificación circulan trenes con propano para la planta de envasado y distribución de este gas a granel; procede de la refinería de Huelva, si bien, no es un tren directo desde dicha refinería, además, entra en Zaragoza Plaza para cambiar de locomotora (diesel). El retorno de los vagones cisterna es en vacío, entra en Zaragoza Plaza a cambiar de locomotora (eléctrica) y continúa hasta Vicálvaro Clasificación, desde donde continuará hasta Huelva en otro tren. La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada graneles del grupo Renfe Mercancías; los vagones cisterna son aportados por esta sociedad.

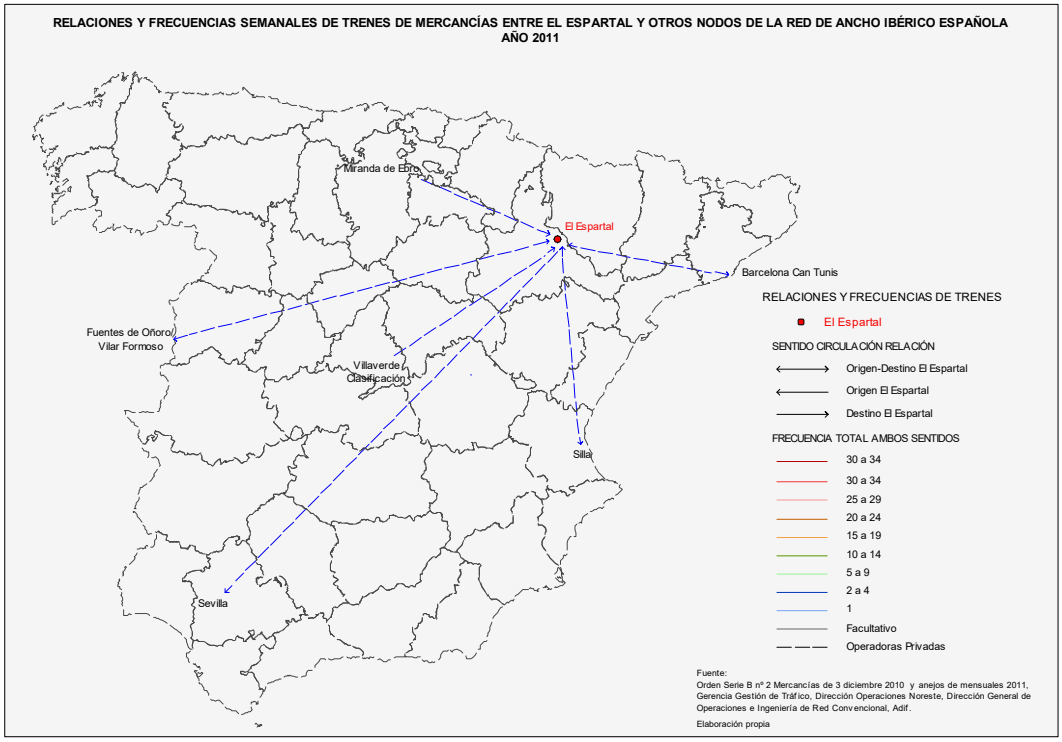
En el mapa siguiente (ver mapa 6-31), se muestran las relaciones del apartadero de El Espartal que da servicio a la factoría de SAICA II. Los trenes con origen en El Espartal

[651] Las principales capitales andaluzas se encuentran dentro de un radio de este municipio de 100 km.

van cargados con bobinas de papel y los trenes recibidos vienen cargados con papel reciclado para la fabricación de las mencionadas bobinas. Durante los primeros meses de 2011 hubo dos operadores, Renfe Operadora y Comsa Rail Transport, que prestaron sus servicios de transporte en el mencionado apartadero. Sin embargo, a partir de dicho mes únicamente los prestó la operadora Comsa Rail Transport en todas las relaciones.

Así, hasta mayo la relación con Vicálvaro Clasificación, con dos frecuencias semanales en cada sentido, fue operada por la sociedad mercantil especializada graneles del grupo Renfe Mercancías; los vagones cerrados de paredes deslizantes los aportó dicha sociedad. En febrero, se estableció una relación con Villeverde Clasificación, con un tren en cada sentido y semana, cuyos servicios de transporte los prestó la operadora Comsa Rail Transport, aportando la tracción y las plataformas porta-contenedores.

Mapa 6-31. Relaciones y Frecuencias semanales de trenes de mercancías entre El Espartal y otros nodos de la red española de ancho ibérico



Destacaremos la relación con Fuentes de Oñoro/Vilar Formoso (Logroño-Medina del Campo-Salamanca) con dos frecuencias semanales en cada sentido, operada por la sociedad Ibercargo Rail, resultado de la alianza entre las operadoras Comsa Rail Transport y la portuguesa Takargo. También, la relación con Sevilla La Negrilla; si bien ésta, por la relación de colaboración entre SAICA y transportes Sesé. Dicha relación se estableció para la distribución por carretera a los clientes finales de Saica Pack Sevilla de las mercancías transportados por Comsa Rail Transport desde la planta de producción de Saica II. Se trató, en su mayoría, de viajes de corta distancia en el ámbito geográfico de Andalucía.

Por último, indicaremos que SAICA II en el año 2011 culminó un profundo cambio en la operativa logística de la empresa. Sustituyo la modalidad de transporte de mercancía no contenerizada en vagones cerrados por la de mercancía contenerizada en vagones plataforma porta-contenedores incorporando la intermodalidad a su operativa. Se trató de una estrategia empresarial para, entre otros objetivos, mejorar la asignación de los recursos en las plantas de producción y ahorrar en costes logísticos y de transporte.

La razón podemos encontrarla en las ventajas de la intermodalidad, en la optimización del almacenaje y manipulación de la mercancía, la gran movilidad de los contenedores para el posicionamiento y en la protección de la propia mercancía contenerizada.

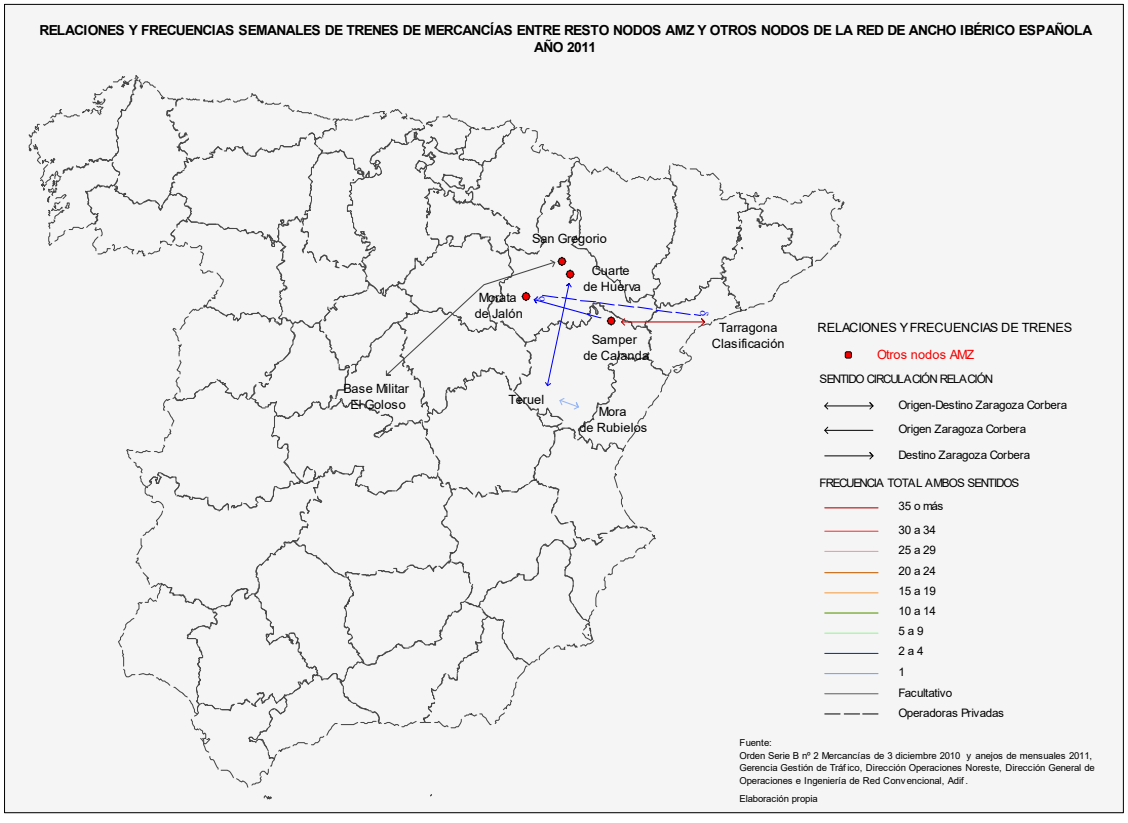
Para finalizar este punto, en el último mapa (ver mapa 6-32) se han figurado las relaciones del resto de terminales de nuestra área de estudio, Morata de Jalón, Cuarte de Huerva y San Gregorio.

Hemos añadido las relaciones con origen y destino en/a Samper de Calanda, si bien, estrictamente, este nodo no formaría parte del área de estudio; primero, porque no cumple el criterio de tener más de cien empleados en el sector industrial y, segundo, porque no es un punto de consumo, sino una escala técnica para abastecer el consumo de materia prima en la central térmica de Andorra.

No obstante lo anterior, al hacer referencia al ámbito funcional de nuestro territorio en relación con transporte de mercancías por ferrocarril, como ya se dijo, se hará referencia a este nodo pero sin considerarlo incluido en el área metropolitana de Zaragoza. Así pues, señalaremos que la relación con mayor número de frecuencias es la establecida entre los nodos de Samper de Calanda y Tarragona Clasificación. Destacaremos, que esta relación con 35 trenes semanales en cada sentido es la que soporta el mayor número de trenes con origen/destino en/a nuestra área de estudio.

Procedentes del puerto de tarragona los trenes con tolvas abiertas cargadas con carbón llegan a Samper; aquí, cambian de locomotora (diesel) y son remolcados por el ramal privado de Endesa hasta la central térmica de Andorra donde se estacionan para su descarga. El retorno es un tren con una composición vacía de tolvas hasta Samper, desde donde, previo cambio de locomotora (eléctrica) son remolcados hasta el puerto de Tarragona para iniciar el ciclo.

Mapa 6-32. Relaciones y Frecuencias semanales de trenes de mercancías entre los restantes nodos del AMZ y otros nodos de la red española de ancho ibérico



Desde la terminal de Samper de Calanda encontramos también la relación con Morata de jalón. Por ella circulan trenes cargados con cenizas procedentes de la combustión del carbón en la central térmica de Andorra; son remolcadas por el ramal con locomotora diesel hasta la terminal de Samper y, desde aquí, con locomotora eléctrica circulan hasta la terminal de Morata. Las cenizas son utilizadas en el proceso de producción de cemento en la fábrica que Cemex tiene en Morata. El material vacío retorna a Samper de Calanda para reiniciar el ciclo.

La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada Multi del grupo Renfe Mercancías; los vagones tolva (cerrada) que son aportados por transfesa son vagones particulares. Otra relación es la de Morata de jalón con Tarragona clasificación, desde donde circulan trenes con vagones tolva (abierta) cargados de Clinker para el proceso de producción de cemento. Los retornos desde Morata hasta Tarragona son en vacío para comenzar el ciclo.

En el mapa, así mismo, podemos apreciar la relación entre Cuarte de Huerva y Teruel. Circulan trenes con vagones tolva (abiertas) cargados con arena para el proceso productivo de vidrio en la fábrica de Vicasa. El retorno de las composiciones de tolvas vacías vuelve a Teruel para iniciar el ciclo. La gestión logística de los servicios de transporte la desarrolla la sociedad mercantil especializada Multi del grupo Renfe Mercancías; los vagones tolva (abierta) son aportados también por esta sociedad.

Por último, se ha reflejado en el mapa la relación entre la terminal del Ministerio de Defensa de San Gregorio y la base militar de El Goloso en Madrid. Puntualizaremos que se trata de una relación por la que circulan trenes facultativos sin días predeterminados de circulación, es decir, en este caso solo lo hacen cuando se realizan maniobras militares en el campo de maniobras de San Gregorio que implican a la citada base militar.

Los trenes, con tracción eléctrica, acceden al ramal que llega a la mencionada terminal desde la Estación de San Juan de Mozarrifar. Esos mismos trenes son los que retornan a su base cuando finalizan las maniobras militares. Una vez vistas las relaciones de transporte en nuestra área de estudio durante el año 2011 reflejadas en el Horario de Servicio del administrador de infraestructuras, es posible realizar el cálculo de la producción teórica de transporte que resulta de la oferta de trenes. Puntualizaremos, que la oferta de trenes por parte de los operadores de transporte es la respuesta a una demanda de transporte. Podrá estar en equilibrio con dicha demanda, por debajo o excedida, según los recursos y/o las estrategias de los mencionados operadores.

Asimismo, también podría ocurrir que surgiese un incremento de la demanda real o bien la posibilidad o el interés en captar nuevos tráficos, es decir, una demanda potencial. En estos casos habrían de ponerse nuevos trenes en circulación, lo que haría necesario regresar a subsistemas en niveles inferiores del subsistema servicio de trenes para el análisis de viabilidad de los nuevos tráficos, su planificación, en caso de ser factibles, etc.

Por ello, matizaremos que los ajustes mensuales del Horario de Servicio buscan el reequilibrio entre la oferta y la demanda de los operadores. Señalaremos que la oferta de trenes del Horario de Servicio es la producción planificada o teórica de transporte de los operadores de transporte. Está sujeta a modificaciones no planificadas, como pueden ser los trenes que no están incluidos en el mencionado plan y son puestos en circulación—trenes especiales—, o los trenes suprimidos, que debieran circular según el plan de transporte de los operadores y no lo hacen.

En el primer caso, los trenes especiales son solicitados por los operadores por causas excepcionales, son los denominados surcos inmediatos. En el segundo, se trata de trenes figurados en los planes de transporte que aunque anunciadas sus frecuencias semanales de circulación no son puestos en circulación, es decir, la frecuencia real de circulación es menor. En tal caso, puede ser una circunstancia puntual, cuando no se utiliza el surco por falta de locomotora o maquinista, material cargado o vacío, etc., o bien, dilatarse más en el tiempo por factores estacionales o estratégicos.

No obstante lo anterior, con los datos de los trenes reflejados en Horario de Servicio es posible un sencillo cálculo para la obtención de la producción planificada de transporte ferroviario—la oferta transporte—de los operadores que, si bien, aunque de forma ideal puede constituir un indicador de la magnitud de las interacciones del área metropolitana de Zaragoza con otros nodos o áreas del territorio peninsular. Matizaremos, que las medidas absolutas como el número de trenes— las relaciones presentadas en los mapas anteriores— o el de toneladas no son adecuadas para medir la producción de transporte.

Esto es por su falta de referencia a la distancia recorrida; aunque, en nuestra opinión, pueden ser indicadoras de las mencionadas interacciones y de su magnitud. En consecuencia, las unidades en que se medirá la producción teórica de transporte para los tráficos de mercancías serán los números índices, kilómetros-tren y las toneladas-kilómetro.

Sin embargo, no ha podido disponer de datos desagregados por origen y destino de los trenes del Plan de Transporte de cada operador que realmente han circulado, ni de los datos diferenciados de los trenes de dicho Plan que, por un motivo u otro, han circulado como trenes especiales o no lo han hecho. Tampoco se dispone de datos de la estructura de los flujos de las mercancías reales transportadas, es decir, de la naturaleza de las mercancías y de sus toneladas netas, puesto que, para calcular los dos índices mencionados lo idóneo sería conocer la estructura de esos flujos.

Por ello, realizaremos una estimación de las toneladas netas tomando como base la masa bruta máxima del tren, que está en función de la locomotora asignada a cada tren en los planes de transporte de las operadoras. Una vez obtenida esta variable se calculan las toneladas netas kilómetro (TNK) mediante el producto entre las mismas y los kilómetros de recorrido de cada tren. Los kilómetros-tren, por su parte, serán el resultado del número de frecuencias multiplicado por los kilómetros de recorrido de cada tren. Los resultados agrupados por CC.AA. y provincias se muestran jerarquizados de mayor a menor en la tabla según una gama de colores que oscila de cálidos a fríos en función de los valores de las variables (ver tabla 6-55).

Para el cálculo de las toneladas netas teóricas a partir de las toneladas brutas de los planes de transporte se ha utilizado como factor corrector el índice obtenido por el cociente entre las taras medias de las categorías de vagones usados en cada tráfico y las masas máximas medias de cada una de dichas categorías. Podría haberse utilizado un índice de aprovechamiento como un segundo factor corrector tal que, las toneladas netas/toneladas brutas o las toneladas kilómetro netas/toneladas kilómetro brutas; si bien, al no disponer de datos completos y desagregados se ha optado por no aplicarlo, puesto que, un valor medio no es aplicable por igual a los distintos tipos de trenes y a las diferentes situaciones de operadores y clientes en los diversos orígenes y destinos.

Tabla 6-55. Producción y consumo teórico de transporte por ferrocarril en el área metropolitana de Zaragoza en el año 2011

CC.AA. DESTINO	PROVINCIA DESTINO	Nº TRENES	TONELADAS BRUTAS	TONELADAS NETAS	KILÓMETROS TREN	TONELADAS KILÓMETRO BRUTAS	TONELADAS KILÓMETRO NETAS
Cataluña	Barcelona	1.300	1.745.640	1.291.774	518.960	698.959.560	517.230.074
Cataluña	Girona	728	606.840	390.130	408.564	332.433.920	215.014.363
Cataluña	Tarragona	312	249.600	119.539	105.976	84.780.800	40.501.026
País Vasco	Vizcaya	468	567.320	419.817	169.416	205.369.840	151.973.682
País Vasco	Guipuzcoa	1.196	842.400	387.504	367.068	258.772.800	119.035.488
País Vasco	Alava	156	158.080	113.859	41.756	42.352.960	30.536.230
Andalucía	Sevilla	208	195.520	124.301	193.440	181.733.760	115.485.094
Andalucía	Cadiz	104	135.200	100.048	112.840	146.692.000	108.552.080
Andalucía	Huelva	52	52.000	38.480	51.532	51.532.000	51.532.000
Castilla y León	Leon	156	246.480	182.395	83.772	132.359.760	97.946.222
Castilla y León	Salamanca	156	150.904	111.669	111.748	107.992.040	79.914.110
Comunidad Valenci	Valencia	156	157.560	116.594	122.720	120.122.080	88.890.339
Galicia	A Coruña	52	48.880	36.192	49.972	46.973.680	34.760.523
Extremadura	Badajoz	52	36.400	16.744	40.092	28.064.400	12.909.624
TOTAL		**5.096**	**5.192.824**	**3.449.046**	**2.377.856**	**2.438.139.600**	**1.664.280.856**
CC.AA. ORIGEN	**PROVINCIA ORIGEN**	**Nº TRENES**	**TONELADAS BRUTAS**	**TONELADAS NETAS**	**KILÓMETROS TREN**	**TONELADAS KILÓMETRO BRUTAS**	**TONELADAS KILÓMETRO NETAS**
Cataluña	Barcelona	416	469.040	347.090	144.820	163.059.000	120.663.660
Cataluña	Girona	520	370.240	248.061	282.568	200.611.840	134.409.933
Cataluña	Tarragona	156	150.800	95.784	47.008	45.952.400	29.347.656
País Vasco	Vizcaya	468	486.720	360.173	169.416	176.192.640	130.382.554
País Vasco	Guipuzcoa	156	171.600	125.268	48.828	53.710.800	39.208.884
Andalucía	Cadiz	104	135.200	100.048	112.840	146.692.000	108.552.080
Andalucía	Huelva	52	49.400	36.556	51.532	48.955.400	36.226.996
Castilla y León	Leon	156	246.480	182.395	83.772	132.359.760	97.946.222
Castilla y León	Salamanca	104	130.884	96.854	74.568	93.844.140	69.444.664
Castilla y León	Burgos	52	65.364	48.369	13.572	17.060.004	12.624.403
Comunidad Valenci	Valencia	416	440.960	324.126	184.184	195.059.280	143.225.659
Galicia	Lugo	312	530.400	376.584	249.600	424.320.000	301.267.200
Galicia	A Coruña	52	49.920	36.941	49.972	47.973.120	35.500.109
Comunidad de Mad	Madrid	208	216.840	147.794	76.024	79.014.520	53.543.204
Aragón	Teruel	156	124.800	87.360	25.636	20.508.800	14.334.528
TOTAL		**3.328**	**3.638.648**	**2.613.404**	**1.614.340**	**1.845.313.704**	**1.326.677.751**

Fuente: Orden Serie B nº 2 Mercancías de 3 de diciembre de 2010 y anejos mensuales de 2011, Gerencia de Gestión de Tráfico, Dirección de Operaciones Noreste, Dirección General de Operaciones e Ingeniería de Red Convencional, Adif
Plan de Transportes Mercancías de 6 de marzo de 2011 y de 4 de septiembre de 2011, Gerencia de Planificación y Análisis, Dirección de Servicios Productivos y Terminales, Renfe Mercancías.
Hojas de Ruta de distintos trenes, Aplicación MALLAS, Adif
Distancia comercial entre estaciones, Aplicación SACIM, Renfe Mercancías.
Elaboración propia

Se han eliminado los trenes que circulan en vacío y los que no se producen o consumen en el área metropolitana de Zaragoza, es decir, los que aún teniendo este origen o destino y figuran en los planes de transporte únicamente utilizan los nodos de dicha área como una escala intermedia para cambios de locomotora, de maquinista o para continuar en otro surco a su destino final.

Tampoco se han figurado aquellos trenes, como por ejemplo los TECOS (Tren Expreso de Contenedores), que tienen intervención para segregar o agregar vagones pero su origen y destino no es el área metropolitana de Zaragoza.

Los cálculos de todas las variables se han realizado para el año 2011 agregando sus valores diarios por semana y los totales para las 52 semanas del año. Los resultados podían haberse ajustado a 45 o 46 semanas (-13%) descontando los periodos

vacacionales, pero, dado que no son datos reales se ha decidido mantener esos valores para ceñirnos a los datos teóricos.

Así, según los datos del Instituto Aragonés de Estadística en el año 2011 las toneladas netas con origen en Zaragoza fueron 1.180.458, frente a las 3.449.046 estimadas (+292 %) y, con destino Zaragoza, 984.404, frente a las 2.613.044 estimadas (+265 %). Si corregimos las toneladas estimadas descontando los periodos vacacionales—siete semanas—, el desajuste en el exceso de la oferta estimada se mantiene: las toneladas con origen en Zaragoza serían 2.984.751 (+253 %) y las toneladas con destino Zaragoza 2.261.288 (+230 %).

Estas diferencias se ponen de manifiesto al comparar las toneladas netas/tren—uno de los parámetros de producción—para el total real de trenes entrados y salidos en el conjunto de terminales del área metropolitana de Zaragoza, con las toneladas netas/tren estimadas a partir del plan de transporte. En el año 2011 fueron 325 y 720, respectivamente, es decir un 222% más estimado.

En cualquier caso, se constata que la producción y el consumo real de transporte difieren sustancialmente de los resultados obtenidos, lo que sugiere diferencias importantes entre la oferta y la demanda de transporte. La falta de datos reales impide conocer la estructura de la demanda y en que nodos se produce el exceso o defecto de oferta en los planes de transporte.

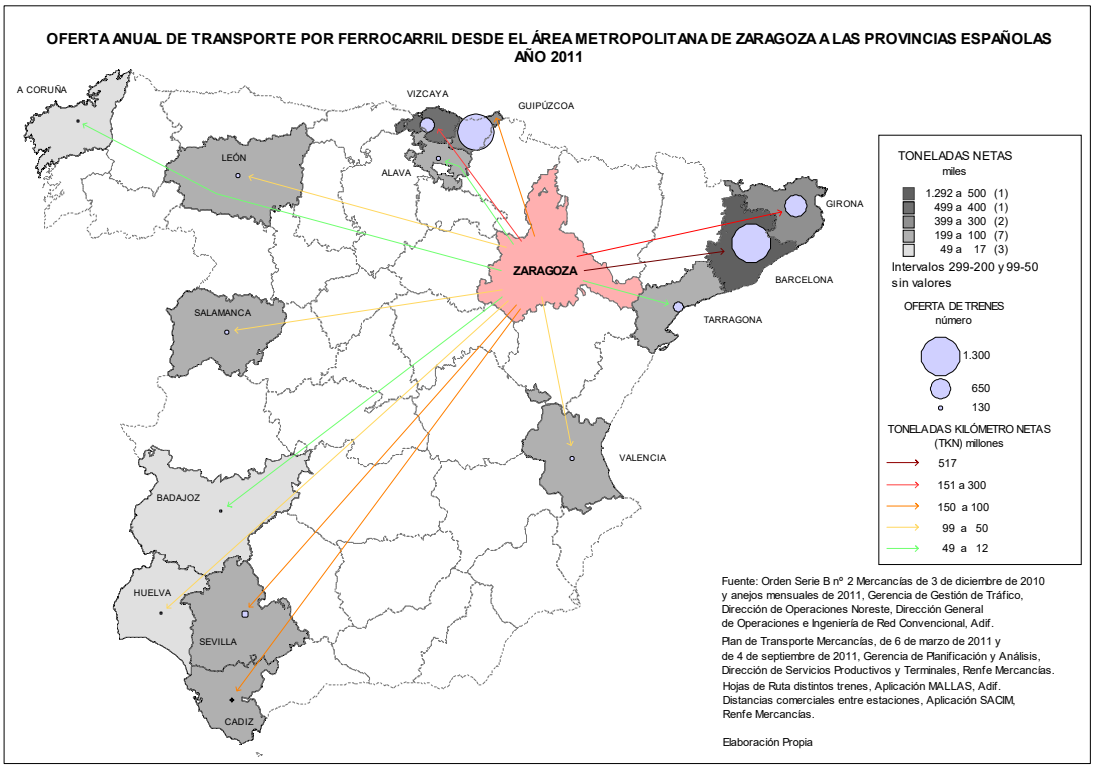
Si bien, como ya hemos comentado el mencionado desequilibrio tiene que ver con la supresión de trenes programados y la puesta en circulación de trenes no programados; también con la circulación de vagones con factores de carga nulos—vacíos— o muy bajos, a la circulación de trenes con vagones cargados y vacíos en el mismo tren, a la contabilización de trenes puros en vacío en las estadísticas de las terminales, etc.

No obstante, a pesar de lo anterior, con los resultados se han confeccionado los dos mapas siguientes en los que se muestran las toneladas netas sin correcciones, el número de frecuencias y las toneladas netas-kilómetro. Se pretende reflejar las interacciones y la intensidad de éstas producidas entre el área de estudio y otros territorios peninsulares a través del modo ferrocarril durante al año 2011, si bien, como se ha puesto de manifiesto, serán menos intensas que las presentadas en dichos mapas.

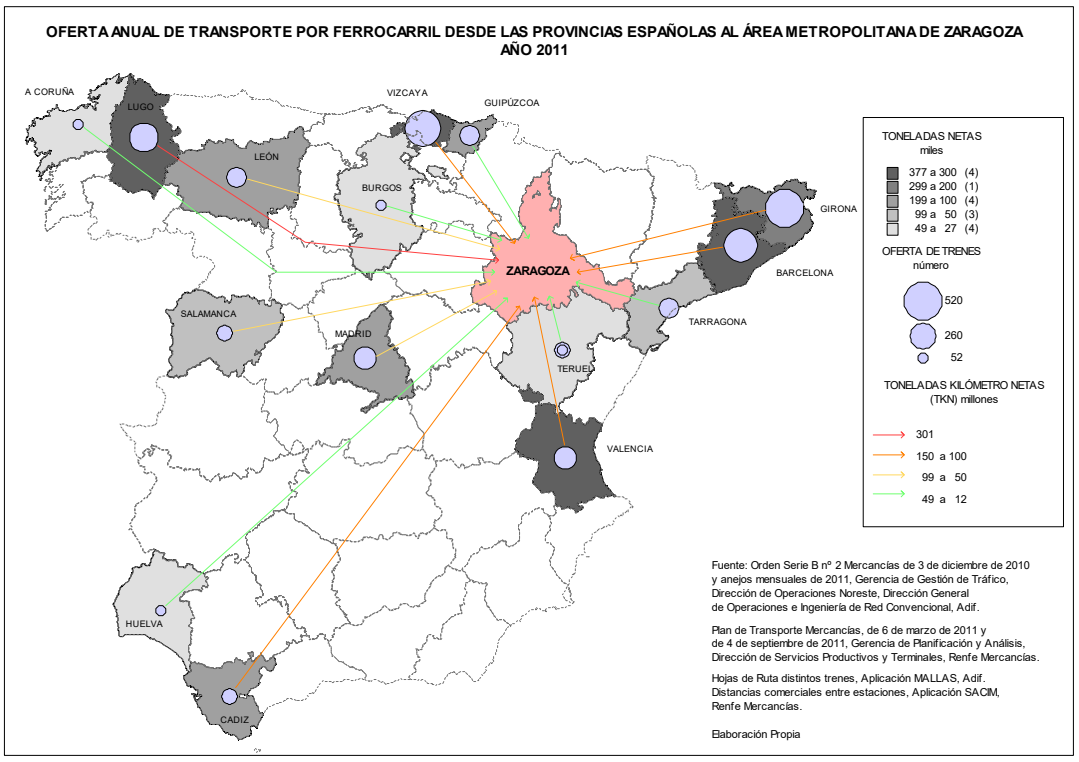
Los flujos bidireccionales entre el nodo de Zaragoza y los otros nodos peninsulares se han agrupado por provincias para resaltar el aspecto espacial de los mismos. Precisaremos, que en la actualidad los nodos productores y consumidores de transporte por ferrocarril en el área metropolitana de Zaragoza, como se ha visto con anterioridad, están todos situados en la provincia de Zaragoza.

En el primer mapa (ver mapa 6-33) se presentan las provincias receptoras de los flujos emitidos por Zaragoza. Resaltaremos, en primer lugar, las relaciones establecidas con los puertos españoles más importantes. En segundo lugar, las relaciones con las fronteras de Francia y Portugal. Ambas relaciones denotan los tráficos de exportación.

Mapa 6-33. Producción teórica de transporte en el área metropolitana de Zaragoza para el consumo en los nodos de la red ferroviaria convencional en el año 2011



Mapa 6-34. Consumo teórico de transporte en el área metropolitana de Zaragoza producido en los nodos de la red ferroviaria convencional en el año 2011



A los puertos, que cuentan con terminal ferro-portuaria y en algunos casos también red ferroviaria interior, se encaminan 2.465.253 toneladas netas totalizando el 71% de las toneladas netas emitidas por el área metropolitana; destaca el puerto de Barcelona con el 37 % del total de las toneladas generadas y el 52 % de los flujos ferro-portuarios. Le sigue el puerto de Bilbao con el 12 % del total (17% ferro-portuarios) y el de Pasajes con el 11% del total (ver tabla 6-55 anterior).

Exceptuando el puerto de Tarragona, especializado en graneles, y el de Pasajes, especializado en automóviles, en el resto de puertos los tráficos son de mercancías contenerizadas. Sobre el puerto de Pasajes matizaremos que el valor de las toneladas netas no se corresponde con la realidad.

Se han considerado las masas máximas permitidas de los vagones, como se ha visto con anterioridad y, en este caso, al tratarse de automóviles su factor de carga es bajo y el de estiba es elevado. En cuanto a los tráficos fronterizos, con 482.852 toneladas netas enviadas señalaremos que suponen un 14% del total de toneladas con origen en el área metropolitana de Zaragoza de las cuales corresponde un 73% a Francia y un 27% a Portugal.

El encaminamiento de trenes a Francia se realiza por los pasos fronterizos de Portbou/Cerbere, con el 6 % de las toneladas totales enviadas y el 46% de los tráficos fronterizos, y por Irún/Hendaya, con el 4 % de las toneladas totales enviadas y el 27% de los tráficos fronterizos; por ambas los tráficos son mercancías contenerizadas y por la segunda también automóviles.

A Portugal el encaminamiento se realiza por la frontera de Fuentes de Oñoro/Vilar formoso con el 3% del total de de las toneladas enviadas y el 23% del tráfico internacional, y por Badajoz/Elvas, con el 0,5 de las toneladas totales enviadas; por ambas son tráficos contenerizados y por la segunda también automóviles.

Con respecto a los otros tráficos, indicaremos, que se trata de tráficos interiores de mercancías contenerizadas con León y con Júndiz (Vitoria) en la provincia de Álava; ambos tráficos tienen continuidad el de León con A Coruña y el de Júndiz con Bilbao. El primer destino supone el 5% y el segundo el 3% de las toneladas netas totales con origen en el área metropolitana de Zaragoza. Puntualizaremos que en Júndiz se encuentra el polígono industrial más grande del País Vasco y que dispone de un puerto seco que amplía el Hinterland del puerto de Bilbao.

En el segundo mapa (ver mapa 6-34), encontramos que desaparecen los tráficos con destino al área metropolitana de Zaragoza desde Júndiz, en la provincia de Álava, y desde Badajoz. En el primer caso, posiblemente por la falta de generación de una masa crítica para poner en circulación los trenes y, en el segundo, por los retornos en vacío que lo hacen a Madrid.

Sin embargo se añaden los tráficos interiores desde Lugo, Madrid y Miranda de Ebro. El tráfico procedente de Lugo encamina la materia prima—madera—para la producción de papel en la fábrica de la Montañanesa, cuyo apartadero es servido desde la terminal de Corbera Alta. Son 376.584 toneladas netas, el principal tráfico con destino al área metropolitana que supone el 14% del total.

En cuanto a los tráficos procedentes de Madrid, 216.840 toneladas netas—el 6% del total—, encontramos papel para reciclar en la factoría de SAICA en el Espartal que proviene de la terminal de Villaverde Clasificación, supone el 54% de los tráficos procedentes de Madrid; con destino al centro logístico de Zaragoza Plaza se transportan desde el centro logístico de Madrid Abroñigal mercancías contenerizadas, el 25% del tráfico que procede de Madrid; por último, indicaremos, que Vicalvaro Clasificación es el origen del propano con destino a la derivación particular de CEPSA ELF atendida desde la terminal de Zuera.

Por su parte, el tráfico procedente de Miranda de Ebro—65.364 toneladas netas—supone el 3% del tráfico con destino a nuestra área de estudio; dicho tráfico es papel

para reciclar en la factoría de SAICA en el Espartal y es transportado en contenedores. Sobre los tráficos procedentes de los puertos indicaremos, que las 1.300.718 toneladas netas suponen el 50% del total de toneladas con destino al área metropolitana.

Destacan, los puertos de Bilbao, Barcelona y Valencia con el 28 %, 27 % y 25%, respectivamente, del total del tráfico ferroportuario. Con respecto a las fronteras, indicaremos que proceden 470.183 toneladas netas—el 18% del total—, de ellas, el 53% por Cerbere/Portbou, el 27% por Hendaya/ Irún y el 20% por Vilar Formoso/Fuentes de Oñoro.

En cuanto al resto de los orígenes, indicaremos, que suponen el 10% del total de las toneladas con destino al área metropolitana de Zaragoza. Para finalizar el subsistema operador de transporte, señalaremos que no se desarrolla el subsistema servicios logísticos—N(-8)/5— por su redundancia con la parte, ya vista, en que se analiza el subsistema**.**

Únicamente señalaremos que los servicios ofertados, como la prestación personalizada, los servicios de acarreos la atención al cliente y alianzas y participaciones, etc., son fundamentales para responder a una demanda creciente de soluciones logísticas completas y poder participar en cualquier cadena integral de suministros y distribución. Las interacciones y relaciones que se establecen entre el subsistema servicios logísticos con el subsistema servicio de trenes puede producir reajustes de este último de la misma forma que ocurre con la interacción del subsistema servicio de trenes con el de vehículos.

Las salidas de todos ellos son las entradas al subsistema operador de transportes y las salidas de este son los trenes, sus características, itinerarios, frecuencias, operaciones planificadas en las terminales, etc.; sin embargo, son eso mismo, solo trenes estáticos, un concepto potencial. Para poder desarrollar ese potencial, es necesario conceptualizar su capacidad cinética que se muestra en toda su extensión interrelacionándose e interactuando con el subsistema infraestructuras línea. De la misma forma, no es posible desarrollar completamente el concepto de producción de transporte si no se cumplen los objetivos para los que está diseñado, es decir, la movilidad de las mercancías—flujos—entre dos puntos del territorio para su consumo.

Ello requiere la interrelación y la interacción del subsistema operador de transporte—los trenes—con el subsistema infraestructuras terminales. Es donde se realizan las operaciones que permiten la carga y descarga de las mercancías para su consumo final. Además, en muchos casos, para que se produzca dicho consumo. Es en este subsistema donde se produce la interacción del subsistema ferrocarril con otros subsistemas modales de transporte, es decir, donde se configura uno de los subsistemas del subsistema intermodal.

De esta forma y en ente caso—las mercancías—, las interacciones e interrelaciones entre los subsistemas administrador de infraestructuras N(-7)/1 y operador de transporte N(-7)/2 ofrecen como salida del subsistema de mercancías por ferrocarril una producción de transporte—los trenes—, como veremos a continuación y que permiten la interacción entre los distintos puntos del territorio.

6.2.2. Salidas -outputs- del subsistema del transporte de mercancías por ferrocarril

- **Ferrocarril—N(-6)/ 1**. Sobre la producción y consumo real de transporte por ferrocarril en el área metropolitana de Zaragoza ya se ha comentado que no se dispone de datos desagregados por origen y destino ni por la naturaleza de las mercancías, salvo el tráfico de contenedores. No obstante, sí que se dispone de los datos de trenes entrados y salidos en las terminales cuyo modelo de gestión no es la auto-prestación.

Matizaremos, que en las estadísticas manejadas se contabilizan todos los trenes recibidos y expedidos, es decir, composiciones con material vacío, trenes para cambio

de locomotora, trenes con intervención y trenes en espera de su surco para circular. Así pues, no son contabilizados exclusivamente los trenes *sensu stricto* producidos y consumidos en el área metropolitana de Zaragoza sino también los producidos en otros orígenes y consumidos en otros destinos.

Por esta razón, dicho modo de contabilizar multiplican[652] por 2, aproximadamente, los parámetros reales del transporte producido, como el número de trenes, el de vagones, metros, toneladas netas, etc.; aunque no ocurre lo mismo con las unidades de transporte intermodal ni con los vagones de materias peligrosas, ya que, únicamente, son contabilizados los orígenes y destinos reales.

Sin embargo, las operaciones anteriormente citadas también son parte del proceso de producción de transporte por ferrocarril y para su realización requiere una serie de insumos o factores de producción. Sin ellas, no sería posible realizar el proceso productivo y completar la cadena de transportes en su totalidad.

Dicho lo anterior y a pesar de ello, con los datos disponibles aunque deficientes, si que es posible, en nuestra opinión, situar en el marco del transporte por ferrocarril en España el área metropolitana de Zaragoza y, en su interior, contextualizar las terminales según los volúmenes de producción. También se podrán apreciar los parámetros de producción de los trenes, tales como su longitud y carga media, así como, extraer algunas conclusiones para mejorar el subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril.

Hemos pretendido contextualizar la magnitud de la producción de transporte (salidas) y de su consumo (entradas) en el área de estudio (ver tabla 6-56). Para ello, hemos considerado incorporar, además de los datos referentes al área metropolitana, los totales de la Gerencia de Servicios Logísticos Noreste—en la que se incluye funcionalmente— y de la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG).

Así, en las tablas 6-56 y 6-57 se muestran los valores absolutos y relativos de la producción de transporte, por operadores de transporte, en el área metropolitana de Zaragoza, en la Gerencia de Servicios Logísticos Noreste y en la Red Ferroviaria de Interés General.

Destacamos, que en el periodo considerado, desde al año 2007 hasta el año 2011, se produce un descenso tanto en la producción como en el consumo de transporte en las tres zonas consideradas, con excepción de las Unidades de Transporte Intermodal y las TEU (*Twenty-foot Equivalent Unit*)[653]; en el área metropolitana de Zaragoza y en la Gerencia Noreste es menos acusado que en el conjunto de la Red Ferroviaria de Interés General. Matizaremos, que no están incluidos los datos de los TEUs[654] de TMZ, para no desvirtuar el conjunto, dado que no se dispone de los datos de las UTIs.

---

[652] El índice se ha calculado por el cociente entre el total de las toneladas netas entradas y salidas en el conjunto de las terminales de Adif en la Red Ferroviaria de Interés General—RFIG—para los años 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011 y el total de toneladas netas transportadas por Renfe Mercancías sumadas a las transportadas por las Operadoras privadas, para esos mismos años.

Fuente: http://www.fomento.gob.es/BE/?nivel=2&orden=07000000 y OFE (2012), Informe 2011, p.139, http://www.observatorioferrocarril.es/archivos/Ofe2011/ObservatorioFerrocarril_2011.pdf

[653] Unidad Equivalente a Veinte Pies: unidad estadística marítima de volumen de carga de un contenedor de 20 pies normalizado (ISO). También se utiliza la *Forty-foot Equivalent Unit,* para el caso de contenedores de 40 pies (2 TEU o 1 FEU).

[654] El número total de TEUs producidos y consumidos en TMZ, son: 2007, 2.290; 2008, 6.553; 2009, 23.863; 2010, 39.400; 2011, 53.546. (no se dispone de datos desagregados de la producción y el consumo).

Tabla 6-56. Producción de Transporte en el área metropolitana de Zaragoza, en la Gerencia de Servicios Logísticos Noreste y en la Red Ferroviaria de Interés General. Años 2007 a 2011

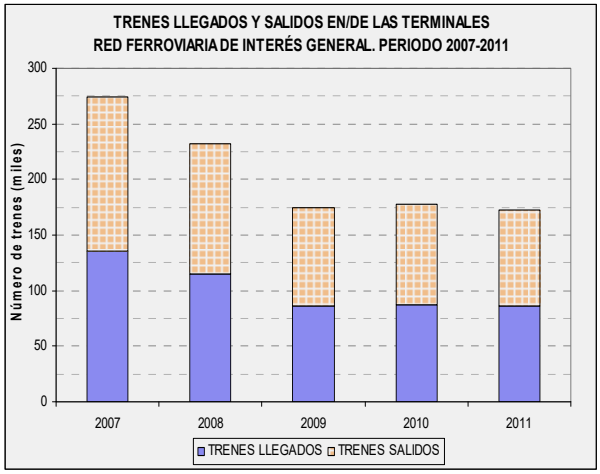
PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE TRANSPORTE POR FERROCARRIL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA, GERENCIA DE SERVICIOS LOGÍSTICOS NORESTE Y RED FERROVIARIA DE INTERÉS GENERAL. PERIODO 2007 A 2011																
AÑO	ZONA	OPERADOR Y TOTALES	LLEGADOS							SALIDOS						
			Entrados	Toneladas	Vagones	Materias Peligrosas		Contenedores y cajas móv.		Salidos	Toneladas	Vagones	Materias Peligrosas		Contenedores y cajas móv.	
						Cargados	Vacíos	Uti	Teu				Cargados	Vacíos	Uti	Teu
2007	AMZ	COMSA RAIL TRANSPORT	2		36					2	267	36				
2007	AMZ	RENFE OPERADORA	8.052	2.448.557	134.456	1.263	644	973	995	7.929	2.309.538	135.818	642	1.256	956	975
2007	**AMZ**	**TOTAL**	**8.054**	**2.448.557**	**134.492**	**1.263**	**644**	**973**	**995**	**7.931**	**2.309.805**	**135.854**	**642**	**1.256**	**956**	**975**
2007	G. NORESTE	COMSA RAIL TRANSPORT	2		36					4	853	53				
2007	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	32.436	8.709.699	460.056	30.071	12.784	129.597	183.657	30.669	7.470.782	441.623	28.329	13.615	124.734	175.050
2007	**G. NORESTE**	**TOTAL**	**32.438**	**8.709.699**	**460.092**	**30.071**	**12.784**	**129.597**	**183.657**	**30.673**	**7.471.635**	**441.676**	**28.329**	**13.615**	**124.734**	**175.050**
2007	RFIG	COMSA RAIL TRANSPORT	32	3.786	259			108	108	38	5.549	331			60	60
2007	RFIG	RENFE OPERADORA	135.365	58.267.557	1.905.368	99.426	63.664	392.352	596.836	137.783	57.551.879	1.906.402	93.604	70.691	404.368	617.127
2007	**RFIG**	**TOTAL**	**135.679**	**58.400.964**	**1.910.680**	**99.427**	**63.664**	**393.336**	**598.680**	**138.288**	**57.738.818**	**1.915.195**	**93.605**	**70.691**	**405.238**	**618.790**
2008	AMZ	EURO CARGO RAIL	2	240	24			24	48	2	1.078	24			48	72
2008	AMZ	RENFE OPERADORA	6.735	1.867.806	112.060	1.601	705	3.600	5.629	6.587	1.714.429	111.886	1.286	1.125	3.922	6.017
2008	**AMZ**	**TOTAL**	**6.737**	**1.868.046**	**112.084**	**1.601**	**705**	**3.624**	**5.677**	**6.589**	**1.715.507**	**111.910**	**1.286**	**1.125**	**3.970**	**6.089**
2008	G. NORESTE	EURO CARGO RAIL	6	240	72			24	48	5	1.078	60			48	72
2008	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	28.595	7.208.677	405.971	27.294	11.539	120.565	170.284	27.229	6.005.022	389.162	26.036	11.923	120.203	168.910
2008	**G. NORESTE**	**TOTAL**	**28.852**	**7.321.316**	**408.325**	**27.294**	**11.541**	**120.589**	**170.332**	**27.427**	**6.065.853**	**391.434**	**26.036**	**11.926**	**120.251**	**168.982**
2008	RFIG	EURO CARGO RAIL	46	32.734	506			24	48	49	20.922	519			48	72
2008	RFIG	RENFE OPERADORA	113.857	47.504.467	1.596.538	90.057	54.304	383.479	590.982	115.433	46.763.900	1.604.154	84.056	61.199	400.341	619.182
2008	**RFIG**	**TOTAL**	**115.408**	**48.659.732**	**1.618.995**	**90.057**	**54.306**	**393.205**	**604.099**	**117.147**	**47.547.633**	**1.630.919**	**84.070**	**61.202**	**409.759**	**631.842**
2009	AMZ	COMSA RAIL TRANSPORT	7	827	108			48	49	6	1.508	107			67	123
2009	AMZ	CONTINENTAL RAIL	7	1.295	162			70	140	7	919	151				
2009	AMZ	EURO CARGO RAIL	61	9.695	914			1.470	2.961	63	44.449	946	2		1.572	3.003
2009	AMZ	RENFE OPERADORA	6.084	1.639.877	107.127	1.701	1.255	11.491	19.831	5.987	1.619.930	106.837	1.746	1.419	12.379	20.981
2009	**AMZ**	**TOTAL**	**6.159**	**1.651.694**	**108.311**	**1.701**	**1.255**	**13.079**	**22.981**	**6.063**	**1.666.806**	**108.041**	**1.748**	**1.419**	**14.018**	**24.107**
2009	G. NORESTE	COMSA RAIL TRANSPORT	224	827	2.105	2	7	1.022	1.810	211	1.508	2.065		13	1.033	1.896
2009	G. NORESTE	CONTINENTAL RAIL	7	1.295	162			70	140	8	919	179				
2009	G. NORESTE	EURO CARGO RAIL	244	48.471	3.530			3.793	7.771	237	106.456	3.472	2		3.905	7.781
2009	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	23.203	5.557.657	324.427	22.292	10.258	112.658	161.246	22.389	4.957.255	316.968	22.804	9.023	114.189	163.573
2009	**G. NORESTE**	**TOTAL**	**24.119**	**5.835.776**	**335.135**	**22.295**	**10.265**	**117.692**	**171.265**	**23.228**	**5.235.284**	**327.529**	**22.806**	**9.036**	**119.238**	**173.425**
2009	RFIG	COMSA RAIL TRANSPORT	1.177	712.968	17.896	9	7	3.380	4.691	1.198	747.669	18.047	15	13	4.094	4.670
2009	RFIG	CONTINENTAL RAIL	626	500.749	16.430			6.693	10.952	933	605.634	21.606	9		8.383	14.140
2009	RFIG	EURO CARGO RAIL	254	55.203	3.652			4.033	8.275	250	116.935	3.622	2		4.205	7.832
2009	RFIG	RENFE OPERADORA	83.313	32.209.345	1.155.567	78.044	49.060	313.045	487.678	84.104	33.335.465	1.165.328	73.567	53.647	324.724	506.101
2009	**RFIG**	**TOTAL**	**86.674**	**34.383.499**	**1.209.240**	**78.054**	**49.067**	**331.473**	**517.293**	**87.660**	**35.343.083**	**1.224.152**	**73.593**	**53.660**	**345.511**	**539.828**
2010	AMZ	COMSA RAIL TRANSPORT	4	1.124	55			3	7	5	1.378	66			17	34
2010	AMZ	CONTINENTAL RAIL	90	18.123	2.470			2.353	4.396	91	58.549	2.500		30	2.532	4.626
2010	AMZ	EURO CARGO RAIL	24	6.084	388			695	1.359	23	16.056	347			705	1.324
2010	AMZ	LOGITREN FERROVIARIA	55	12.501	1.310			1.014	1.926	55	15.514	1.306			1.080	1.981
2010	AMZ	RENFE OPERADORA	6.550	1.999.786	118.400	1.712	1.102	12.148	20.265	6.500	2.133.182	117.977	1.660	1.455	12.222	20.356
2010	**AMZ**	**TOTAL**	**6.723**	**2.037.618**	**122.623**	**1.712**	**1.102**	**16.213**	**27.953**	**6.674**	**2.224.679**	**122.196**	**1.660**	**1.485**	**16.556**	**28.321**
2010	G. NORESTE	COMSA RAIL TRANSPORT	351	11.592	5.806	3	33	3.848	8.084	352	2.043	5.764	2	47	3.742	8.187
2010	G. NORESTE	CONTINENTAL RAIL	408	65.647	11.456			6.251	9.917	406	85.483	11.413		30	7.152	11.014
2010	G. NORESTE	EURO CARGO RAIL	396	115.231	5.492	11		6.399	13.288	404	117.273	5.562	39	14	6.668	13.543
2010	G. NORESTE	LOGITREN FERROVIARIA	55	12.501	1.310			1.014	1.926	55	15.514	1.306			1.080	1.981
2010	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	22.203	5.560.031	330.108	20.621	10.943	109.579	155.415	22.384	5.268.754	334.491	23.352	9.152	112.517	160.267
2010	**G. NORESTE**	**TOTAL**	**23.938**	**6.086.410**	**359.910**	**20.635**	**10.976**	**127.091**	**188.630**	**24.074**	**5.746.030**	**364.270**	**23.393**	**9.243**	**131.159**	**194.992**
2010	RFIG	COMSA RAIL TRANSPORT	2.040	1.256.888	31.174	12	33	6.445	12.129	2.104	1.355.686	31.107	11	47	6.456	12.367
2010	RFIG	CONTINENTAL RAIL	1.216	641.491	27.686	4		11.597	18.719	1.578	861.049	33.955		30	11.295	17.913
2010	RFIG	EURO CARGO RAIL	884	509.393	12.775	14	1	15.950	30.553	886	533.270	12.713	121	15	15.748	30.057
2010	RFIG	LOGITREN FERROVIARIA	237	107.313	5.098			1.014	1.926	245	108.064	5.125			1.080	1.981
2010	RFIG	RENFE OPERADORA	81.780	35.468.721	1.210.275	80.481	51.704	329.076	509.850	83.194	35.926.321	1.232.840	76.426	56.969	343.806	534.317
2010	**RFIG**	**TOTAL**	**87.780**	**39.256.226**	**1.308.739**	**80.511**	**51.738**	**373.870**	**586.976**	**89.559**	**39.657.463**	**1.337.470**	**76.561**	**57.061**	**387.829**	**610.106**
2011	AMZ	ACTIVA RAIL	116	60.341	1.334	1		847	1.766	113	37.204	1.290			923	1.894
2011	AMZ	COMSA RAIL TRANSPORT	11	1.655	132		6	25	50	10	727	138		6		
2011	AMZ	CONTINENTAL RAIL	35	8.094	473			572	1.115	33	13.412	462			658	1.264
2011	AMZ	EURO CARGO RAIL	30	11.803	383			391	823	28	11.403	368	4		359	744
2011	AMZ	LOGITREN FERROVIARIA	100	33.862	2.675			2.303	4.417	100	44.637	2.686			2.281	4.274
2011	AMZ	RENFE OPERADORA	6.875	2.091.919	127.630	771	1.079	18.890	34.082	6.890	2.343.943	129.666	1.564	769	18.416	33.205
2011	**AMZ**	**TOTAL**	**7.167**	**2.207.674**	**132.627**	**772**	**1.085**	**23.028**	**42.253**	**7.174**	**2.451.326**	**134.610**	**1.568**	**775**	**22.637**	**41.381**
2011	G. NORESTE	ACTIVA RAIL	277	60.341	3.727	1		4.222	9.372	273	37.204	3.682			4.137	9.187
2011	G. NORESTE	COMSA RAIL TRANSPORT	2.617	364.839	27.612	17	26	4.384	9.853	2.611	313.719	27.455		30	4.243	9.638
2011	G. NORESTE	CONTINENTAL RAIL	132	29.133	2.222			1.902	2.883	131	22.125	2.197	3		2.208	3.290
2011	G. NORESTE	EURO CARGO RAIL	95	11.803	1.462			1.884	4.197	90	11.403	1.412			1.829	4.067
2011	G. NORESTE	LOGITREN FERROVIARIA	112	33.862	2.855			2.638	5.022	113	44.637	2.884			2.647	5.022
2011	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	23.247	6.671.911	382.052	21.964	10.042	123.721	177.858	22.318	6.373.902	371.542	23.337	9.027	125.991	181.211
2011	**G. NORESTE**	**TOTAL**	**27.198**	**7.525.520**	**426.562**	**21.982**	**10.068**	**138.752**	**209.186**	**26.166**	**7.078.063**	**415.710**	**23.340**	**9.057**	**141.055**	**212.415**
2011	RFIG	ACTIVA RAIL	1.029	654.475	17.760	11	26	12.874	27.395	1.028	628.580	17.769	48		12.007	25.649
2011	RFIG	COMSA RAIL TRANSPORT	4.480	1.515.407	54.825	17	42	8.957	16.910	4.600	1.767.485	54.438	4	52	8.172	15.514
2011	RFIG	CONTINENTAL RAIL	1.343	951.739	29.972	25		10.578	17.715	1.581	1.111.663	36.269	39		9.361	15.639
2011	RFIG	EURO CARGO RAIL	374	250.943	6.857	52		5.736	11.401	369	261.216	6.826	64		5.553	10.971
2011	RFIG	LOGITREN FERROVIARIA	479	295.373	10.440			5.333	9.447	503	304.268	10.464			4.976	8.959
2011	RFIG	RENFE OPERADORA	76.164	34.140.003	1.180.844	83.163	50.135	314.750	484.177	76.238	34.511.111	1.187.572	76.790	56.386	333.829	515.417
2011	**RFIG**	**TOTAL**	**85.964**	**39.267.414**	**1.326.638**	**83.268**	**50.203**	**370.713**	**585.087**	**86.244**	**39.668.704**	**1.339.223**	**76.945**	**56.438**	**386.370**	**610.137**

Fuente: Dirección Servicios Logísticos, Adif, intranet Adif.
Elaboración propia

La causa del descenso, ya citada, se relaciona con la disminución de la producción y consumo de bienes a causa de la crisis económica, ya que es conocido el acoplamiento entre crecimiento económico y transporte. De esta manera, podemos esperar que la demanda de transporte en un determinado territorio tenga una fuerte correlación positiva con el crecimiento económico al tratarse de una demanda derivada de la producción y del consumo de bienes. En el gráfico se muestra la evolución del número de trenes en el periodo 2007-2011 para el conjunto de las terminales de mercancías de la Red Ferroviaria de Interés General (ver gráfico 6-4).

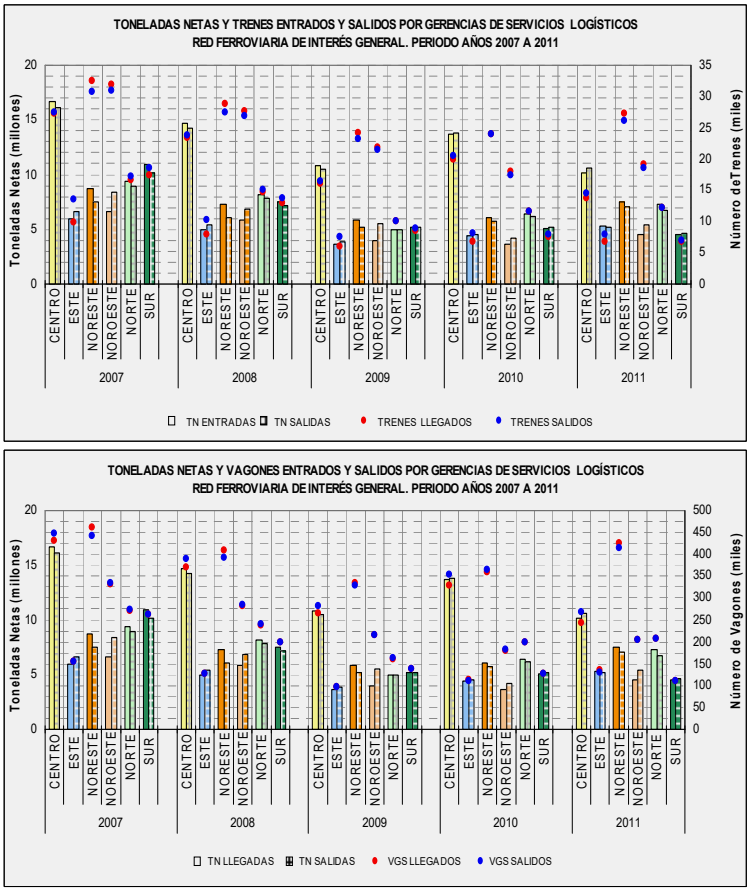
Podemos apreciar como los efectos de la crisis económica se hacen notar en el año 2009. También, que entre el número de trenes entrados y salidos en/de las terminales no hay grandes diferencias.

Gráfico 6-21. Producción de trenes en la RFIG



Fuente: Dirección Servicios Logísticos, Adif, intranet Adif. Elaboración propia

Gráfico 6-22. Evolución del número de trenes y toneladas netas en las Gerencias de Servicios logísticos en el periodo 2007-2011



Fuente: Dirección Servicios Logísticos, Adif, intranet Adif. Elaboración propia

Como complemento a la tabla 6-56, en la tabla 6-57 mostramos los porcentajes de producción de transporte de los distintos operadores, su introducción en el mercado en el año 2007 y su evolución en el periodo de estudio. Hemos considerado únicamente los operadores que prestan sus servicios de transporte en el área metropolita de

Zaragoza. El resto de operadores se han agrupado con el título “otros operadores”, que en el caso de nuestra área de estudio están en blanco al ser todos los que operan.

Tabla 6-57. Porcentajes de Producción de Transporte en el área metropolitana de Zaragoza, en la Gerencia de Servicios Logísticos Noreste y en la Red Ferroviaria de Interés General. Años 2007 a 2011

PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE TRANSPORTE POR FERROCARRIL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA, GERENCIA DE SERVICIOS LOGÍSTICOS NORESTE Y RED FERROVIARIA DE INTERÉS GENERAL PERIODO 2007 A 2011																
AÑO	ZONA	OPERADOR Y TOTALES	LLEGADOS							SALIDOS						
			Entrados	Toneladas	Vagones	Materias Peligrosas		Contenedores y cajas móv.		Salidos	Toneladas	Vagones	Materias Peligrosas		Contenedores y cajas móv.	
						Cargados	Vacíos	Uti	Teu				Cargados	Vacíos	Uti	Teu
2007	AMZ	COMSA RAIL TRANSPORT	0,02		0,02					0,02	0,01	0,02				
2007	AMZ	RENFE OPERADORA	99,98	100,00	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	99,99	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00
2007	**AMZ**	**OTROS OPERADORES**														
2007	G. NORESTE	COMSA RAIL TRANSPORT	0,01		0,01					0,01	0,01	0,01				
2007	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	99,99	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	99,99	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00
2007	**G. NORESTE**	**OTROS OPERADORES**														
2007	RFIG	COMSA RAIL TRANSPORT	0,02	0,01	0,01			0,03	0,02	0,03	0,01	0,02			0,01	0,01
2007	RFIG	RENFE OPERADORA	99,77	99,77	99,72	100,00	100,00	99,75	99,69	99,63	99,68	99,54	100,00	100,00	99,79	99,73
2007	**RFIG**	**OTROS OPERADORES**	0,21	0,22	0,26	0,00		0,22	0,29	0,34	0,31	0,44	0,00		0,20	0,26
2008	AMZ	EURO CARGO RAIL	0,03	0,01	0,02			0,66	0,85	0,03	0,05	0,02			1,21	1,18
2008	AMZ	RENFE OPERADORA	99,97	99,99	99,98	100,00	100,00	99,34	99,15	99,97	99,95	99,98	100,00	100,00	98,79	98,82
2008	**AMZ**	**OTROS OPERADORES**														
2008	G. NORESTE	EURO CARGO RAIL	0,02	0,00	0,02			0,02	0,03	0,02	0,02	0,02			0,04	0,04
2008	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	99,11	98,46	99,42	100,00	99,98	99,98	99,97	99,28	99,00	99,42	100,00	99,97	99,96	99,96
2008	**G. NORESTE**	**OTROS OPERADORES**	0,87	1,54	0,56		0,02			0,70	0,99	0,57		0,03		
2008	RFIG	EURO CARGO RAIL	0,04	0,07	0,03			0,01	0,01	0,04	0,04	0,03			0,01	0,01
2008	RFIG	RENFE OPERADORA	98,66	97,63	98,61	100,00	100,00	97,53	97,83	98,54	98,35	98,36	99,98	100,00	97,70	98,00
2008	**RFIG**	**OTROS OPERADORES**	1,30	2,31	1,36		0,00	2,47	2,16	1,42	1,60	1,61	0,02	0,00	2,29	1,99
2009	AMZ	COMSA RAIL TRANSPORT	0,11	0,04	0,09			0,37	0,21	0,09	0,08	0,09			0,48	0,51
2009	AMZ	CONTINENTAL RAIL	0,11	0,06	0,14			0,54	0,61	0,11	0,05	0,13				
2009	AMZ	EURO CARGO RAIL	0,92	0,48	0,79			11,24	12,88	0,97	2,37	0,82	0,11		11,21	12,46
2009	AMZ	RENFE OPERADORA	98,86	99,41	98,97	100,00	100,00	87,86	86,29	98,83	97,50	98,96	99,89	100,00	88,31	87,03
2009	**AMZ**	**OTROS OPERADORES**														
2009	G. NORESTE	COMSA RAIL TRANSPORT	0,93	0,01	0,63	0,01	0,07	0,87	1,06	0,91	0,03	0,63		0,14	0,87	1,09
2009	G. NORESTE	CONTINENTAL RAIL	0,03	0,02	0,05			0,06	0,08	0,03	0,02	0,05				
2009	G. NORESTE	EURO CARGO RAIL	1,01	0,83	1,05			3,22	4,54	1,02	2,03	1,06	0,01		3,27	4,49
2009	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	96,20	95,23	96,80	99,99	99,93	95,72	94,15	96,39	94,69	96,78	99,99	99,86	95,77	94,32
2009	**G. NORESTE**	**OTROS OPERADORES**	1,83	3,50	1,47	0,00		0,13	0,17	1,65	3,25	1,43			0,09	0,11
2009	RFIG	COMSA RAIL TRANSPORT	1,36	2,07	1,48	0,01	0,01	1,02	0,91	1,37	2,12	1,47	0,02	0,02	1,18	0,87
2009	RFIG	CONTINENTAL RAIL	0,72	1,46	1,36			2,02	2,12	1,06	1,71	1,76	0,01		2,43	2,62
2009	RFIG	EURO CARGO RAIL	0,29	0,16	0,30			1,22	1,60	0,29	0,33	0,30	0,00		1,22	1,45
2009	RFIG	RENFE OPERADORA	96,12	93,68	95,56	99,99	99,99	94,44	94,28	95,94	94,32	95,19	99,96	99,98	93,98	93,75
2009	**RFIG**	**OTROS OPERADORES**	1,50	2,63	1,30	0,00		1,30	1,10	1,34	1,52	1,27			1,19	1,31
2010	AMZ	COMSA RAIL TRANSPORT	0,06	0,48	0,04			0,02	0,03	0,07	0,06	0,05			0,10	0,12
2010	AMZ	CONTINENTAL RAIL	1,27	0,78	1,93			14,51	15,73	1,30	2,46	1,96		2,02	15,29	16,33
2010	AMZ	EURO CARGO RAIL	0,34	0,26	0,30			4,29	4,86	0,33	0,67	0,27			4,26	4,67
2010	AMZ	LOGITREN FERROVIARIA	0,78	0,54	1,02			6,25	6,89	0,78	0,65	1,02			6,52	6,99
2010	AMZ	RENFE OPERADORA	97,55	97,95	96,70	100,00	100,00	74,93	72,50	97,52	96,16	96,70	100,00	97,98	73,82	71,88
2010	**AMZ**	**OTROS OPERADORES**														
2010	G. NORESTE	COMSA RAIL TRANSPORT	1,47	0,19	1,61	0,01	0,30	3,03	4,29	1,46	0,04	1,58	0,01	0,51	2,85	4,20
2010	G. NORESTE	CONTINENTAL RAIL	1,70	1,08	3,18			4,92	5,26	1,69	1,49	3,13		0,32	5,45	5,65
2010	G. NORESTE	EURO CARGO RAIL	1,65	1,89	1,53	0,05		5,03	7,04	1,68	2,04	1,53	0,17	0,15	5,08	6,95
2010	G. NORESTE	LOGITREN FERROVIARIA	0,23	0,21	0,36			0,80	1,02	0,23	0,27	0,36			0,82	1,02
2010	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	92,75	91,35	91,72	99,93	99,70	86,22	82,39	92,98	91,69	91,83	99,82	99,02	85,79	82,19
2010	**G. NORESTE**	**OTROS OPERADORES**	2,19	5,28	1,59					1,96	4,47	1,57				
2010	RFIG	COMSA RAIL TRANSPORT	2,32	3,20	2,38	0,01	0,06	1,72	2,07	2,35	3,42	2,33	0,01	0,08	1,66	2,03
2010	RFIG	CONTINENTAL RAIL	1,39	1,63	2,12	0,00		3,10	3,19	1,76	2,17	2,54		0,05	2,91	2,94
2010	RFIG	EURO CARGO RAIL	1,01	1,30	0,98	0,02	0,00	4,27	5,21	0,99	1,34	0,95	0,16	0,03	4,06	4,93
2010	RFIG	LOGITREN FERROVIARIA	0,27	0,27	0,39			0,27	0,33	0,27	0,27	0,38			0,28	0,32
2010	RFIG	RENFE OPERADORA	93,16	90,35	92,48	99,96	99,93	88,02	86,86	92,80	90,59	92,18	99,82	99,84	88,65	87,58
2010	**RFIG**	**OTROS OPERADORES**	1,85	3,24	1,66			2,82	2,35	1,73	2,20	1,62	0,00		2,44	2,21
2011	AMZ	ACTIVA RAIL	1,37	1,88	0,87	0,13		3,68	4,18	1,34	1,23	0,83			4,08	4,58
2011	AMZ	COMSA RAIL TRANSPORT	0,13	0,05	0,09		0,55	0,11	0,12	0,12	0,02	0,09		0,77		
2011	AMZ	CONTINENTAL RAIL	0,41	0,25	0,31			2,48	2,64	0,39	0,44	0,30			2,91	3,05
2011	AMZ	EURO CARGO RAIL	0,35	0,37	0,25			1,70	1,95	0,33	0,38	0,24	0,25		1,59	1,80
2011	AMZ	LOGITREN FERROVIARIA	1,18	1,06	1,75			10,00	10,45	1,18	1,48	1,74			10,08	10,33
2011	AMZ	RENFE OPERADORA	96,55	96,39	96,73	99,87	99,45	82,03	80,66	96,64	96,45	96,81	99,75	99,23	81,35	80,24
2011	**AMZ**	**OTROS OPERADORES**														
2011	G. NORESTE	ACTIVA RAIL	1,02	0,80	0,87	0,00		3,04	4,48	1,04	0,53	0,89			2,93	4,33
2011	G. NORESTE	COMSA RAIL TRANSPORT	9,62	4,85	6,47	0,08	0,26	3,16	4,71	9,98	4,43	6,60		0,33	3,01	4,54
2011	G. NORESTE	CONTINENTAL RAIL	0,49	0,39	0,52			1,37	1,38	0,50	0,31	0,53	0,01		1,57	1,55
2011	G. NORESTE	EURO CARGO RAIL	0,35	0,16	0,34			1,38	2,01	0,34	0,16	0,34			1,30	1,91
2011	G. NORESTE	LOGITREN FERROVIARIA	0,41	0,45	0,67			1,90	2,40	0,43	0,63	0,69			1,88	2,36
2011	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	85,47	88,66	89,57	99,92	99,74	89,17	85,02	85,29	90,05	89,38	99,99	99,67	89,32	85,31
2011	**G. NORESTE**	**OTROS OPERADORES**	2,64	4,70	1,55			0,00	0,00	2,41	3,89	1,57				
2011	RFIG	ACTIVA RAIL	1,20	1,67	1,34	0,01	0,05	3,47	4,68	1,19	1,58	1,33	0,06		3,11	4,20
2011	RFIG	COMSA RAIL TRANSPORT	5,21	3,86	4,13	0,02	0,08	2,42	2,89	5,33	4,46	4,06	0,01	0,09	2,12	2,54
2011	RFIG	CONTINENTAL RAIL	1,56	2,42	2,26	0,03		2,85	3,03	1,83	2,80	2,71	0,05		2,42	2,56
2011	RFIG	EURO CARGO RAIL	0,44	0,64	0,52	0,06		1,55	1,95	0,43	0,66	0,51	0,08		1,44	1,80
2011	RFIG	LOGITREN FERROVIARIA	0,56	0,75	0,79			1,44	1,61	0,58	0,77	0,78			1,29	1,47
2011	RFIG	RENFE OPERADORA	88,60	86,94	89,01	99,87	99,86	84,90	82,75	88,40	87,00	88,68	99,80	99,91	86,40	84,48
2011	**RFIG**	**OTROS OPERADORES**	2,44	3,72	1,96			3,37	3,08	2,23	2,73	1,93			3,23	2,95

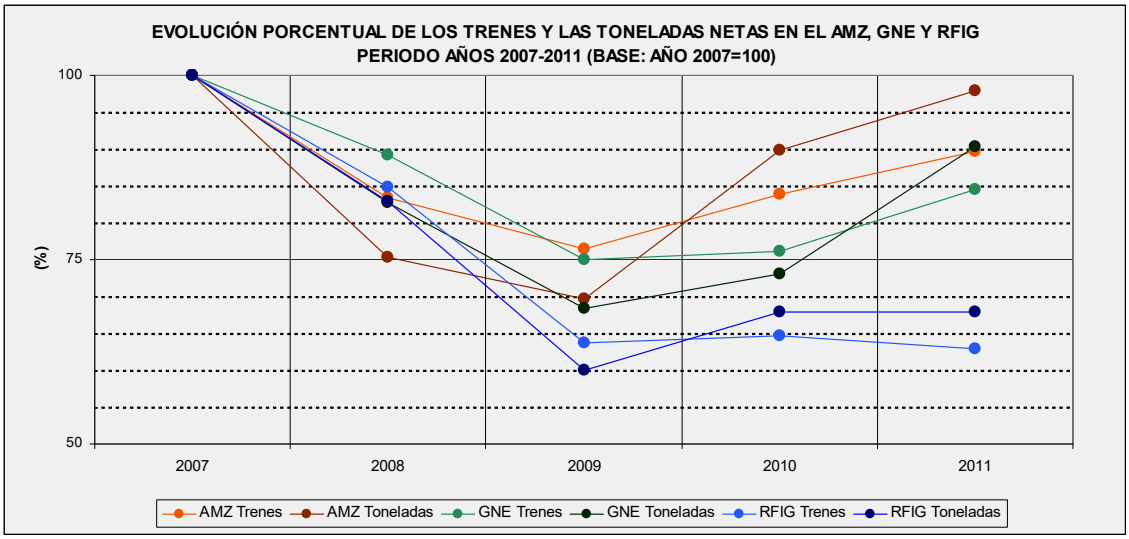
Fuente: Dirección Servicios Logísticos, Adif, intranet Adif.
Elaboración propia

El operador de transporte con mayor cuota de mercado es la del operador público Renfe Operadora, si bien, otras operadas privadas lentamente van ganando a su costa parte de dicha cuota.

Es constatable en el número de trenes, de toneladas y de contenedores; no ocurre con las materias peligrosas en cuyo transporte la operadora pública supera en 99%. Volviendo a los datos de producción reflejados en la tabla anterior (ver tabla 6-57) señalaremos que en el área metropolitana los valores de trenes y toneladas, descienden, respectivamente, hasta el 76,5 y 69,7 % del año de referencia; al igual que en la Gerencia Noreste hasta el 75,0 y 68,4 %, respectivamente.

En la RFIG los descensos son mucho más acusados hasta el 63,6 y el 60%, respectivamente, en el año 2009; más aún, en el año 2011, el número de trenes desciende al 62,9 % en el año 2011, si bien, las toneladas se recuperan levemente hasta el 68 % del año 2007, mejorando las toneladas netas por tren (ver gráfico 6-22).

Gráfico 6-23. Evolución del número de trenes y toneladas en el área metropolitana de Zaragoza, en la Gerencia de Servicios Logísticos Noreste y en la Red Ferroviaria de Interés General. Periodo año 2007 a 2011 (2007=100)



Fuente: tabla 6-57, Elaboración propia

Así mismo, indicaremos que en el año 2009 se encuentra el punto de inflexión en el que comienzan a recuperarse los valores de la producción y el consumo de trenes y toneladas en el área metropolitana, hasta el 89,7 y 97,9 %, respectivamente, y en la Gerencia Noreste hasta el 84,6 y 90,2 %, respectivamente; si bien, como podemos apreciar no se vuelven a alcanzar los niveles del año 2007.

Si consideramos el actual periodo recesivo en sus intervalos interanuales encontramos un incremento destacable en el AMZ, en cuanto a los trenes, en el año 2010 con un 9,6%, seguido del año 2011 con un 7%; en cuanto a las toneladas, el incremento más fuerte corresponde a esos mismos años con un 28,7% y un 9,1, respectivamente.

En la Gerencia Noreste es en el año 2011 cuando se producen los incrementos más elevados, tanto en el número de trenes como en el de toneladas netas con un 11,1 y 23,4%, respectivamente. Por su parte, la Red Ferroviaria de Interés General presenta los mayores incrementos interanuales en el año 2010, tanto en número de trenes, el 1,7%, como de toneladas, el 13,2%; sin embargo, en el año 2011 hay un decremento en el número de trenes del 2,9% y un incremento nulo en las toneladas.

Con respecto a los contenedores, tanto en el número total de unidades intermodales como de unidades equivalentes existe un elevado incremento interanual continuado en el área metropolitana para el periodo considerado. No ocurre lo mismo en la Gerencia Noreste ni en la Red de Interés General.

En el primer caso, tiene que ver con la puesta en servicio del Centro Logístico de Zaragoza Plaza—que conllevó el cierre del Centro Intermodal de Mercancías de Zaragoza (C.I.M)— y de la Terminal Marítima de Zaragoza (TMZ)—, así como, con el crecimiento de las mercancías contenerizadas (si bien, hay un descenso del vagón completo); en el segundo, la razón, como se ha dicho, está relacionada con la crisis económica.

De este modo en el AMZ el incremento en el periodo considerado es del 2.267 % en Unidades intermodales y del 4.145 % en Unidades equivalentes; la relación U/T en el año 2011 es de 1,83, lo que indica un mayor número de contenedores de 40 pies. En este periodo el mayor incremento, con respecto al año anterior, se produce en el año 2010 (9,6 % U y 28,7 % T).

En la Gerencia Noreste, para este periodo, hay un crecimiento moderado (10 % U y 17,5 % T), correspondiendo el mayor incremento al año 2011 (11,1 % U y 23,4 % T); por su parte, en la RFIG desciende el tráfico de contenedores (5,2 % U y de 1,8 % T), si bien, en el año 2010 encontramos un crecimiento del tráfico en la RFIG (1,7 % U y 13,2 % T).

Para poder visualizar con mayor nitidez el peso de la producción de transporte por ferrocarril del área metropolitana en la Gerencia Noreste y en la RFIG, así como de la mencionada gerencia en la RFIG se incorporan también los valores relativos de los parámetros productivos (ver tabla 6-58)

Tabla 6-58. Porcentaje de producción y consumo en el AMZ con respecto a la Gerencia Noreste de Servicios Logísticos Noreste y a la Red Ferroviaria de Interés General. Años 2007-2011

% PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE TRANSPORTE PERIODO 2007-2011															
PRODUCCIÓN: SALIDAS															
AÑO	**ÁREA**	**TRENES**		**TN**		**VAGONES**		**TOTAL MM. PP.**				**CONTENEDORES**			
		AMZ	NE	AMZ	NE	AMZ	NE	AMZ		NE		AMZ		NE	
								C	V	C	V	UTI	TEU	UTI	TEU
2007	NE	25,86		30,91		30,76		2,33	10,71			0,77	0,56		
	REFIG	5,74	22,18	4,00	12,94	7,09	23,06	0,71	2,06	30,26	19,26	0,24	0,16	30,78	28,29
2008	NE	24,02		28,28		28,59		4,94	9,43			3,30	3,60		
	REFIG	5,62	23,41	3,61	12,76	6,86	24,00	1,53	1,84	30,97	19,49	0,97	0,96	29,35	26,74
2009	NE	26,10		31,84		32,99		7,66	15,70			11,76	13,90		
	REFIG	6,92	26,50	4,72	14,81	8,83	26,76	2,38	2,64	30,99	16,84	4,06	4,47	34,51	32,13
2010	NE	27,72		38,72		33,55		7,10	16,07			12,62	14,52		
	REFIG	7,45	26,88	5,61	14,49	9,14	27,24	2,17	2,60	30,55	16,20	4,27	4,64	33,82	31,96
2011	NE	27,42		34,63		32,38		6,72	8,56			16,05	19,48		
	REFIG	8,32	30,34	6,18	17,84	10,05	31,04	2,04	1,37	30,33	16,05	5,86	6,78	36,51	34,81
CONSUMO: ENTRADAS															
AÑO	**ÁREA**	**TRENES**		**TN**		**VAGONES**		**TOTAL MM. PP.**				**CONTENEDORES**			
		AMZ	NE	AMZ	NE	AMZ	NE	AMZ		NE		AMZ		NE	
								C	V	C	V	UTI	TEU	UTI	TEU
2007	NE	24,83		28,11		29,23		4,88	5,24			0,75	0,54		
	REFIG	5,94	23,91	4,19	14,91	7,04	24,08	1,48	1,05	30,24	20,08	0,25	0,17	32,95	30,68
2008	NE	23,35		25,52		27,45		5,87	6,11			3,01	3,33		
	REFIG	5,84	25,00	3,84	15,05	6,92	25,22	1,78	1,30	30,31	21,25	0,92	0,94	30,67	28,20
2009	NE	25,54		28,30		32,32		7,63	12,23			11,11	13,42		
	REFIG	7,11	27,83	4,80	16,97	8,96	27,71	2,18	2,56	28,56	20,92	3,95	4,44	35,51	33,11
2010	NE	28,09		33,64		34,07		8,30	10,04			12,76	14,82		
	REFIG	7,66	27,27	5,22	15,50	9,37	27,50	2,13	2,13	25,63	21,21	4,34	4,76	33,99	32,14
2011	NE	26,35		29,34		31,09		3,51	10,78			16,60	20,20		
	REFIG	8,34	31,64	5,62	19,16	10,00	32,15	0,93	2,16	26,40	20,05	6,21	7,22	37,43	35,75

Fuente: Dirección Servicios Logísticos, Adif, intranet Adif.
Elaboración propia

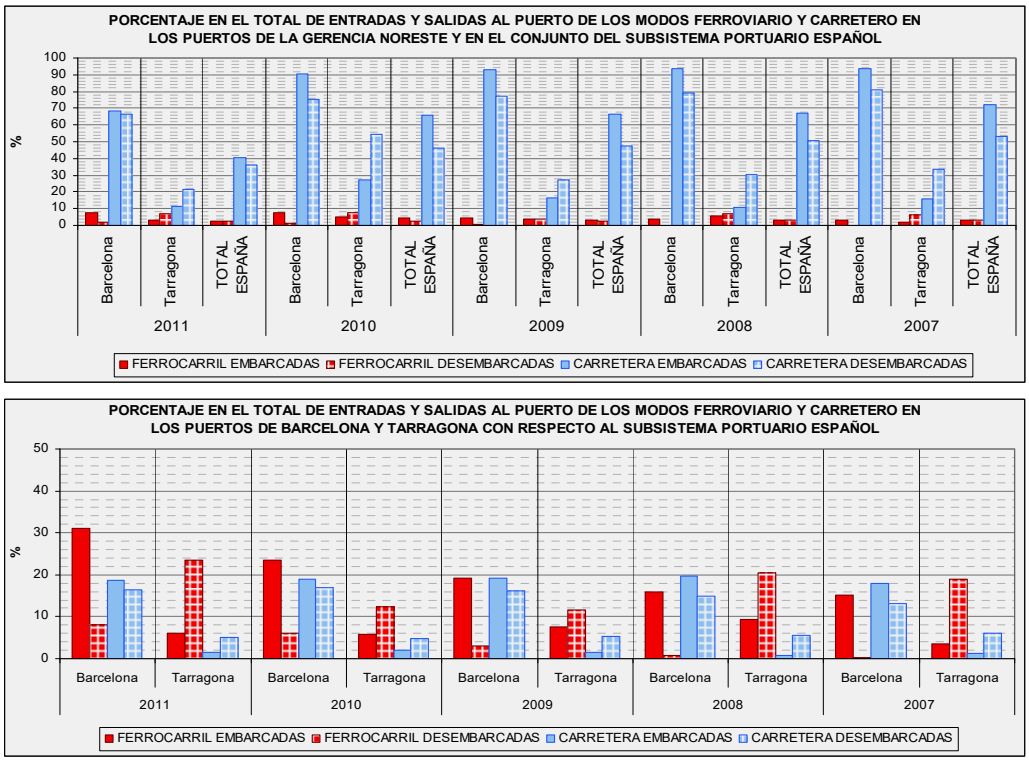
La tabla[655] muestra la tendencia creciente del volumen de la producción y consumo del transporte por ferrocarril en el área metropolitana de Zaragoza, a pesar de estar inmersos en la crisis actual, tanto con respecto a la Gerencia Noreste como a la RFIG.

No obstante, se aprecia un leve descenso en el año 2008 y 2010, excepto en el tráfico de contenedores, con respecto a la mencionada tendencia del periodo. La Gerencia Noreste también incrementa la producción y el consumo de transporte con respecto a

[655] Si incluimos los TEUs ferroviarios de TMZ, los porcentajes del área metropolitana de Zaragoza suben considerablemente con respecto a la Gerencia Noreste en el periodo de estudio: 2007-1,18-; 2008-5,29-; 2009-20,10-; 2010-24,15-; 2011-29,38-. También, con respecto a la Red Ferroviaria de Interés General: 2007-0,35-; 2008-1,47-; 2009-6,67-; 2010-8,37-; 2011-11,19-.

la RFIG, si bien, igualmente, se produce un leve descenso en el año 2010, en relación, al conjunto de la red.

Gráfico 6-24. Evolución del porcentaje en el total de entradas y salidas de los modos ferroviario y carretero en los puertos de Barcelona, Tarragona y en el conjunto del Subsistema Portuario Español. Periodo 2007 a 2011



Fuente: Puertos del Estado (2011), 3.1.16. Clasificación de las mercancías por el medio de transporte de entrada o salida del puerto, 3.1. Tráfico de mercancías, Tráfico Portuario 2011, Anuario Estadístico 2011. [en línea] [fecha de consulta: 05 de marzo de 2013]
http://www.puertos.es/sites/default/files/anuario_estadistico2011/archivos_internos/contenidos/03/030116.html

Puertos del Estado (2007-2008-2009-2010),3.1.16. Clasificación de las mercancías por el medio de transporte de entrada o salida del puerto, Tráfico Portuario, cap. 3, Anuario estadístico 2010.
http://www.puertos.es/estadisticas/anuarios_de_puertos/index.html
Elaboración propia

Dichas apreciaciones indican, como refrendan los datos que el descenso en la producción y en el consumo de transporte se produce en mayor medida en la RFIG, seguida de la Gerencia Noreste y es menos acusada en el área metropolitana de Zaragoza.

En dicha Gerencia llama la atención que, aun con la disminución del número de toneladas embarcadas y desembarcadas en los puertos de Barcelona y Tarragona, los tráficos ferro-portuarios crecen en el periodo considerado (ver gráfico 6-24).

Dichos puertos ocupan el tercer y sexto puesto, respectivamente, en el total de tráficos de cabotaje y exterior de los puertos españoles[656], el de Barcelona con 19.481 Mt

[656] El primer puerto español en tráficos de cabotaje y exterior, en el año 2011, fue el de Algeciras (39.926 Mt), el segundo Valencia (32.667 Mt), el cuarto Las Palmas (11.067 Mt) y el quinto Bilbao (10.664 Mt).

(3.563 Mt cabotaje y 14.695 Mt exterior) y el de Tarragona con 9.079 Mt (3.571 Mt cabotaje y 5.328 Mt exterior); sin embargo en tráfico ferroportuario es el puerto de Barcelona el que ocupa el primer puesto de España con 1.939 Mt, seguido del de Tarragona con 1.803 Mt.

Subrayaremos que el área Metropolitana de Zaragoza contribuye de forma importante a los volúmenes de tráfico ferroportuario de los mencionados puertos, aunque no hay que olvidar los tráficos con los puertos de Bilbao, Valencia, Sevilla (Huelva), Santander, Pasajes y Vigo.

En el caso del transporte marítimo sería necesario tener en cuenta también la función que los puertos secos desarrollan en los territorios interiores no costeros. Puntualizaremos, que en nuestra área las terminales que cumplen esta función son TMZ y el Centro Logístico de Zaragoza Plaza; en el primer caso, de forma especializada y única, y, en el segundo, añadiendo a esta función, si bien con menor especialización, otro conjunto de funciones. Sin embargo, no se dispone de datos desagregados y no es posible conocer estos tráficos ferro-portuarios aunque constituyen un alto porcentaje de la producción y el consumo de transporte en el área metropolitana de Zaragoza.

Subrayaremos que el área Metropolitana de Zaragoza contribuye de forma importante a los volúmenes de tráfico ferro-portuario de los mencionados puertos, aunque no hay que olvidar los tráficos con los puertos de Bilbao, Valencia, Sevilla (Huelva), Santander, Pasajes y Vigo.

Existen, además del número de trenes, toneladas netas o vagones considerados otros indicadores de producción que debemos examinar para valorar y comparar la producción de trenes entre los distintos operadores de transporte o entre las características de la red ferroviaria en los diversos territorios (ver tabla 6-59).

Sobre los indicadores reflejados en la tabla señalaremos, que se han considerado los valores medios anuales de la longitud de los trenes (m/tren), de la carga neta de los trenes (t/tren), del número de vagones y plataformas de los trenes (vgs/tren), de la carga neta de los vagones (t/vagón) y de la longitud del vagón utilizado en los trenes (m/vagón).

Los distintos parámetros de producción como trenes más largos, con mayor carga neta o con vagones más cargados, aportan información sobre la competitividad de los operadores. También sobre su especialización. En cualquier caso, maximizar los parámetros de carga y longitud es fundamental para obtener economías de escala y ser más competitivos.

En el caso de Renfe mercancías, por ejemplo, el transporte cubre todo tipo de tráficos, sin embargo, los operadores privados, en general, están especializados en el tráfico de contenedores; por ello, al tratarse de la media de la producción de transporte, el resultado en el caso de la operadora Renfe será trenes más cortos. También hay que considerar que en el caso de los tráficos de contenedores todos los operadores tratan de minimizar los retornos en vacío, cosa que es difícil de conseguir en otro tipo de tráficos. Al observar la tabla[657], es posible apreciar que los trenes más largos los realizó Continental Rail durante el año 2010 en los trenes consumidos (entradas), con 465 m., en el área metropolitana de Zaragoza; en los trenes producidos (salidas) los realizó en el citado año dicho operador, con 459 m., en esa misma área y en la Gerencia Noreste.

En tráfico ferroportuario a los puertos de Barcelona y Tarragona le siguieron, en dicho año 2011, el puerto de Valencia con 1.747 Mt, el puerto de Gijón con 1.198 Mt y el puerto de Bilbao con 1.126 Mt.

[657] Puntualizaremos, que como consecuencia de truncar o redondear a la unidad los decimales de los valores las variables consideradas (índices) pueden variar en +/- 1.

Tabla 6-59. Parámetros de producción de los trenes producidos y consumidos en el área metropolitana de Zaragoza, en la Gerencia de Servicios Logísticos Noreste y en la Red Ferroviaria de Interés General

PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE TRENES DE TRENES EN EL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA, EN LA GERENCIA DE SERVICIOS LOGÍSTICOS NORESTE Y EN LA RED FERROVIARIA DE INTERÉS GENERAL POR OPERADORES DE TRANSPORTE. PERIODO 2007-2011													
AÑO	ZONA	OPERADOR Y TOTALES	ENTRADAS					SALIDAS				
			m / tren	t / tren	vgs / tren	t / vg	m / vag	m / tren	t / tren	vgs / tren	t / vg	m / vag
2007	AMZ	COMSA RAIL TRANSPORT	356	0	18	0	20	356	134	18	7	20
2007	AMZ	RENFE OPERADORA	303	384	17	23	18	310	317	17	19	18
2007	**AMZ**	**TOTAL**	303	383	17	23	18	310	317	17	19	18
2007	G. NORESTE	COMSA RAIL TRANSPORT	356	0	18	0	20	261	213	13	16	20
2007	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	260	269	14	19	18	264	244	14	17	18
2007	**G. NORESTE**	**TOTAL**	260	269	14	19	18	264	244	14	17	18
2007	RFIG	COMSA RAIL TRANSPORT	134	118	8	15	17	151	146	9	17	17
2007	RFIG	RENFE OPERADORA	244	430	14	31	17	240	418	14	30	17
2007	**RFIG**	**TOTAL**	244	430	14	31	17	240	418	14	30	17
2008	AMZ	EURO CARGO RAIL	373	120	12	10	31	355	539	12	45	30
2008	AMZ	RENFE OPERADORA	305	357	17	22	18	309	288	17	17	18
2008	**AMZ**	**TOTAL**	305	357	17	22	18	309	288	17	17	18
2008	G. NORESTE	EURO CARGO RAIL	370	40	12	3	31	367	216	12	18	31
2008	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	262	252	14	18	18	264	221	14	15	18
2008	**G. NORESTE**	**TOTAL**	261	254	14	18	18	263	221	14	15	18
2008	RFIG	EURO CARGO RAIL	263	712	11	65	24	255	427	11	40	24
2008	RFIG	RENFE OPERADORA	243	417	14	30	17	240	405	14	29	17
2008	**RFIG**	**TOTAL**	243	422	14	30	17	241	406	14	29	17
2009	AMZ	COMSA RAIL TRANSPORT	305	118	15	8	20	350	251	18	14	20
2009	AMZ	CONTINENTAL RAIL	403	185	23	8	17	409	131	22	6	19
2009	AMZ	EURO CARGO RAIL	453	159	15	11	30	451	706	15	47	30
2009	AMZ	RENFE OPERADORA	324	306	17	18	19	328	284	18	16	19
2009	**AMZ**	**TOTAL**	325	305	17	17	19	329	288	18	16	19
2009	G. NORESTE	COMSA RAIL TRANSPORT	184	4	9	0	20	191	7	10	1	19
2009	G. NORESTE	CONTINENTAL RAIL	403	185	23	8	17	426	115	22	5	19
2009	G. NORESTE	EURO CARGO RAIL	436	199	14	14	30	443	449	15	31	30
2009	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	261	240	14	17	19	264	221	14	16	19
2009	**G. NORESTE**	**TOTAL**	261	242	14	17	19	265	225	14	16	19
2009	RFIG	COMSA RAIL TRANSPORT	319	606	15	40	21	317	624	15	41	21
2009	RFIG	CONTINENTAL RAIL	432	800	26	30	16	382	649	23	28	16
2009	RFIG	EURO CARGO RAIL	433	217	14	15	30	438	468	14	32	30
2009	RFIG	RENFE OPERADORA	244	387	14	28	18	243	396	14	29	18
2009	**RFIG**	**TOTAL**	247	397	14	28	18	246	403	14	29	18
2010	AMZ	COMSA RAIL TRANSPORT	260	281	14	20	19	289	276	13	21	22
2010	AMZ	CONTINENTAL RAIL	459	201	27	7	17	465	643	27	23	17
2010	AMZ	EURO CARGO RAIL	440	254	16	16	27	448	698	15	46	30
2010	AMZ	LOGITREN FERROVIARIA	366	227	24	10	15	360	282	24	12	15
2010	AMZ	RENFE OPERADORA	340	332	18	18	19	341	335	18	19	19
2010	**AMZ**	**TOTAL**	342	303	18	18	19	343	339	18	19	19
2010	G. NORESTE	COMSA RAIL TRANSPORT	341	33	17	2	21	339	6	16	0	21
2010	G. NORESTE	CONTINENTAL RAIL	459	161	28	6	16	461	211	28	7	16
2010	G. NORESTE	EURO CARGO RAIL	424	291	14	21	31	423	290	14	21	31
2010	G. NORESTE	LOGITREN FERROVIARIA	366	227	24	10	15	360	282	24	12	15
2010	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	277	250	15	17	19	280	235	15	16	19
2010	**G. NORESTE**	**TOTAL**	281	254	15	17	19	284	239	15	16	19
2010	RFIG	COMSA RAIL TRANSPORT	337	616	15	40	22	326	644	15	44	22
2010	RFIG	CONTINENTAL RAIL	392	528	23	23	17	372	546	22	25	17
2010	RFIG	EURO CARGO RAIL	440	576	14	40	30	438	602	14	42	31
2010	RFIG	LOGITREN FERROVIARIA	328	453	22	21	15	318	441	21	21	15
2010	RFIG	RENFE OPERADORA	261	434	15	29	18	261	432	15	29	18
2010	**RFIG**	**TOTAL**	266	447	15	30	18	267	443	15	30	18
2011	AMZ	ACTIVA RAIL	271	520	12	45	24	271	329	11	29	24
2011	AMZ	COMSA RAIL TRANSPORT	219	150	12	13	18	284	73	14	5	21
2011	AMZ	CONTINENTAL RAIL	390	231	14	17	29	404	406	14	29	29
2011	AMZ	EURO CARGO RAIL	327	393	13	31	26	331	407	13	31	25
2011	AMZ	LOGITREN FERROVIARIA	405	339	27	13	15	406	446	27	17	15
2011	AMZ	RENFE OPERADORA	335	378	18	21	19	339	357	18	19	19
2011	**AMZ**	**TOTAL**	335	379	18	21	19	339	358	18	20	19
2011	G. NORESTE	ACTIVA RAIL	349	218	13	16	26	351	136	13	10	26
2011	G. NORESTE	COMSA RAIL TRANSPORT	210	139	11	13	20	209	120	11	11	20
2011	G. NORESTE	CONTINENTAL RAIL	439	221	17	13	26	440	169	17	10	26
2011	G. NORESTE	EURO CARGO RAIL	384	124	15	8	25	395	127	16	8	25
2011	G. NORESTE	LOGITREN FERROVIARIA	409	302	25	12	16	411	395	26	15	16
2011	G. NORESTE	RENFE OPERADORA	305	287	16	17	19	309	286	17	17	19
2011	**G. NORESTE**	**TOTAL**	293	277	16	18	19	297	271	16	17	19
2011	RFIG	ACTIVA RAIL	431	636	17	37	25	431	611	17	35	25
2011	RFIG	COMSA RAIL TRANSPORT	244	338	12	28	20	236	384	12	32	20
2011	RFIG	CONTINENTAL RAIL	402	709	22	32	18	407	703	23	31	18
2011	RFIG	EURO CARGO RAIL	437	671	18	37	24	441	708	18	38	24
2011	RFIG	LOGITREN FERROVIARIA	399	617	22	28	18	382	605	21	29	18
2011	RFIG	RENFE OPERADORA	275	448	16	29	18	276	453	16	29	18
2011	**RFIG**	**TOTAL**	278	457	15	30	18	278	460	16	30	18

Fuente: Dirección Servicios Logísticos, Adif, intranet Adif.
Elaboración propia

Por su parte, los trenes más pesados consumidos fueron realizados en la RFIG por Continental rail en el año 2009, con 800 t; los producidos los realizó Eurocargo Rail en el año 2011, con 708 t, sobre el conjunto de la RFIG. En cuanto al resto de los parámetros, los trenes con mayor número de vagones los realizó Continental Rail en el año 2010, tanto en producción como en consumo, con 28 vgs., en la Gerencia Noreste. La operadora que más cargó los vagones fue Eurocargo Rail, en 2008 en los trenes consumidos en la RFIG, con 65 t; en los trenes producidos también fue este mismo operador en el año 2009, con 47 t, en la RFIG.

Por último, los vagones con mayor longitud los utilizó, tanto en el consumo como en la producción, Eurocargo Rail, con 31 vgs. en el año 2008, en el área metropolitana de Zaragoza y en la Gerencia Noreste y, en el año 2009, en la Gerencia Noreste y la RFIG. En referencia a la producción y el consumo de transporte en las terminales de nuestra área de estudio, matizaremos, como ya se ha señalado, que se dispone de datos para algunos parámetros. Corresponden a los trenes entrados y salidos en/de los nodos cuyo modelo de gestión no es la autoprestación, sin embargo, no se dispone de datos desagregados por orígenes y destinos. En la tabla 6-60 se presentan los datos disponibles.

La evolución del conjunto del AMZ ya se ha visto en páginas anteriores. Por terminales, se presentan en la tabla anterior los valores absolutos de la producción y el consumo. Hemos añadido la terminal de Samper de Calanda, que si bien, *sensu stricto*, quedaría fuera del ámbito del área metropolitana, no podemos obviarla para poder apreciar la magnitud del consumo de carbón de la central térmica de Andorra (entradas).

Cabe destacar el incremento continuado en el número de trenes, toneladas netas y contenedores en Zaragoza Plaza durante el periodo de estudio, no obstante, recordaremos que no estuvo plenamente operativa hasta bien entrado el año 2008. Hay que tener en cuenta, por una parte, que en el mencionado centro logístico se integro la terminal de La Almozara y el Centro Intermodal de Mercancías de Zaragoza (C.I.M.) y, por otra, que el descenso en la producción y consumo de transporte, con respecto al año 2007, se recupera en el año 2011.

Así, podemos observar como la suma de los indicadores de la producción y el consumo en la Almozara y en C.I.M. en el año 2007 presenta algunas diferencias en relación a la producción y el consumo de Zaragoza Plaza en el año 2011. Con respecto al número de trenes entrados en Zaragoza Plaza hubo un incremento del 5,9 %, así como en la longitud de los mismos un 29%, lo que sugiere un incremento de los trenes de contenedores. Sin embargo, las toneladas netas descendieron un 9,4 %, esto es, la carga neta fue menor, bien por vagones menos cargados o mayor número de vagones vacíos en las composiciones.

Tabla 6-60. Producción y consumo de transporte por ferrocarril en las 8 terminales del área metropolitana de Zaragoza. Período 2007-2011

PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE TRANSPORTE POR FERROCARRIL EN LAS TERMINALES DEL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA EN EL PERIODO 2007-2011

AÑO	TERMINAL	OPERADOR	ENTRADAS								SALIDAS							
			Trenes	Metros	Toneladas	Vagones	Mat.		Contenedores		Trenes	Metros	Toneladas	Vagones	Mat.		Contenedores	
							C	V	Utis	Teus					C	V	Utis	Teus
2007	ALMOZARA	RENFE MERCANCÍAS	1.512	373.538	490.227	24.136	635	644			1.477	380.406	502.234	24.549	604	654		
2007	ZARAGOZA ARRABAL	RENFE MERCANCÍAS	957	246.903	396.879	16.057					972	266.517	260.977	17.152	10			
2007	C.I.M.- ZARAGOZA	RENFE MERCANCÍAS	2.220	699.622	952.253	38.339			973	995	2.226	701.934	941.309	38.392			956	975
2007	C.I.M.- ZARAGOZA	COMSA RAIL TRANSPORT	2	711		36					2	711	267	36				
2007	GRISÉN	RENFE MERCANCÍAS	2.294	796.338	351.617	40.513	19				2.185	795.042	470.588	40.607	28			
2007	Mª DE HUERVA	RENFE MERCANCÍAS	64	11.883	29.801	611	601				64	11.863		611		602		
2007	MORATA DE JALÓN	RENFE MERCANCÍAS	339	71.885	155.882	4.544	8				317	70.212	47.024	4.483				
2007	ZARAGOZA PLAZA	RENFE MERCANCÍAS	28	3.850	358	247					31	1.200	86	68				
2007	ZUERA	RENFE MERCANCÍAS	638	269.988	71.540	10.009					657	268.042	87.320	9.956				
2007	**TOTAL AMZ**		**8.054**	**2.474.718**	**2.448.557**	**134.492**	**1.263**	**644**	**973**	**995**	**7.931**	**2.495.927**	**2.309.805**	**135.854**	**642**	**1.256**	**956**	**975**
2008	ZARAGOZA ARRABAL	RENFE MERCANCÍAS	1.355	363.555	533.594	22.995	60	43			1.344	361.206	338.817	22.924	32	62		
2008	C.I.M. ZARAGOZA	RENFE MERCANCÍAS	717	207.199	240.459	11.635	396	284	313	315	707	207.516	260.112	11.721	485	209	334	352
2008	GRISÉN	RENFE MERCANCÍAS	2.155	729.514	401.983	39.150	1				2.069	725.900	478.737	39.108	35			
2008	Mª DE HUERVA	RENFE MERCANCÍAS	41	7.611	18.860	394	375				39	7.704		398		390		
2008	MORATA DE JALÓN	RENFE MERCANCÍAS	254	43.318	111.498	2.638					216	43.323	21.658	2.643				
2008	ZARAGOZA PLAZA	RENFE MERCANCÍAS	1.698	504.919	496.608	26.756	440	378	3.287	5.314	1.681	497.991	545.721	26.520	686	204	3.588	5.665
2008	ZARAGOZA PLAZA	EUROCARGO RAIL TRANSPORT	2	746	240	24			24	48	2	710	1.078	24			48	72
2008	ZUERA	RENFE MERCANCÍAS	515	214.869	64.804	8.492	329				531	217.251	69.384	8.572	48	260		
2008	**TOTAL AMZ**		**6.737**	**2.071.731**	**1.868.046**	**112.084**	**1.601**	**705**	**3.624**	**5.677**	**6.589**	**2.061.601**	**1.715.507**	**111.910**	**1.286**	**1.125**	**3.970**	**6.089**
2009	ZARAGOZA ARRABAL	RENFE MERCANCÍAS	1.113	359.763	464.523	20.602	27				1.096	359.849	361.229	20.591	99		10	10
2009	ZARAGOZA ARRABAL	CONTINENTAL RAIL	5	2.035	1.050	115					5	2.035	810	104				
2009	ZARAGOZA ARRABAL	ENGLISH WELHS AND SCOTTISH RAIL	4	1.822	1.332	60					4	1.776	3.060	60				
2009	GRISÉN	RENFE MERCANCÍAS	1.897	663.124	328.476	35.506	8				1.837	659.634	440.821	35.156	17			
2009	Mª DE HUERVA	RENFE MERCANCÍAS	52	10.031	25.131	517	517				52	10.031		517		497		
2009	MORATA DE JALÓN	RENFE MERCANCÍAS	189	31.507	72.940	2.152			30	60	166	31.524	18.870	2.165				
2009	ZARAGOZA PLAZA	RENFE MERCANCÍAS	2.475	781.987	705.145	42.349	871	1.255	11.461	19.771	2.479	780.172	749.554	42.437	1.630	644	12.369	20.971
2009	ZARAGOZA PLAZA	COMSA RAIL TRANSPORT	7	2.135	827	108			48	49	6	2.100	1.508	107			67	123
2009	ZARAGOZA PLAZA	CONTINENTAL RAIL	2	786	245	47			70	140	2	826	109	47				
2009	ZARAGOZA PLAZA	ENGLISH WELHS AND SCOTTISH RAIL	57	25.784	8.363	854			1.470	2.961	59	26.664	41.389	886	2		1.572	3.003
2009	ZUERA	RENFE MERCANCÍAS	358	149.330	43.662	6.001	278				357	148.315	49.456	5.971		278		
2009	**TOTAL AMZ**		**6.159**	**2.028.304**	**1.651.694**	**108.311**	**1.701**	**1.255**	**13.079**	**22.981**	**6.063**	**2.022.926**	**1.666.806**	**108.041**	**1.748**	**1.419**	**14.018**	**24.107**
2010	ZARAGOZA ARRABAL	RENFE MERCANCÍAS	1.198	370.217	452.875	22.944	11				1.202	375.542	461.364	23.120	108		16	24
2010	GRISÉN	RENFE MERCANCÍAS	1.694	615.719	292.526	31.524	6				1.700	614.572	428.515	31.428	10			
2010	Mª DE HUERVA	RENFE MERCANCÍAS	53	10.225	25.463	527	527				53	10.226		527		517		
2010	MORATA DE JALÓN	RENFE MERCANCÍAS	85	14.531	26.212	957					83	14.566	25.435	964				
2010	ZARAGOZA PLAZA	RENFE MERCANCÍAS	3.301	1.142.590	1.177.558	58.809	859	1.102	12.148	20.265	3.240	1.130.981	1.186.199	58.269	1.523	648	12.206	20.332
2010	ZARAGOZA PLAZA	LOGITREN FERROVIARIA	55	20.120	12.501	1.310			1.014	1.926	55	19.781	15.514	1.306			1.080	1.981
2010	ZARAGOZA PLAZA	COMSA RAIL TRANSPORT	4	1.039	1.124	55			3	7	5	1.447	1.378	66			17	34
2010	ZARAGOZA PLAZA	CONTINENTAL RAIL	90	41.326	18.123	2.470			2.353	4.396	91	42.271	58.549	2.500		30	2.532	4.626
2010	ZARAGOZA PLAZA	ENGLISH WELHS AND SCOTTISH RAIL	24	10.553	6.084	388			695	1.359	23	10.308	16.056	347			705	1.324
2010	ZUERA	RENFE MERCANCÍAS	219	93.271	25.152	3.639	309				222	93.844	31.669	3.669	19	290		
2010	**TOTAL AMZ**		**6.723**	**2.319.591**	**2.037.618**	**122.623**	**1.712**	**1.102**	**16.213**	**27.953**	**6.674**	**2.313.538**	**2.224.679**	**122.196**	**1.660**	**1.485**	**16.556**	**28.321**
2011	ZARAGOZA ARRABAL	RENFE MERCANCÍAS	1.284	406.077	550.326	25.963	5				1.378	450.411	520.641	28.725	95			
2011	ZARAGOZA ARRABAL	COMSA RAIL TRANSPORT	3	445	800	25					3	555		32		6		
2011	ZARAGOZA ARRABAL	ENGLISH WELHS AND SCOTTISH RAIL	1	301		18					1	22		1				
2011	GRISÉN	COMSA RAIL TRANSPORT	1	206		11					1	206		11				
2011	GRISÉN	RENFE MERCANCÍAS	1.581	565.049	253.805	27.583	6		9	9	1.561	566.223	390.130	27.590	10		9	9
2011	MORATA DE JALÓN	RENFE MERCANCÍAS	57	8.023	30.067	570					59	8.193	29	580				
2011	MORATA DE JALÓN	ENGLISH WELHS AND SCOTTISH RAIL	10	2.375	6.660	122					11	2.539		138				
2011	MORATA DE JALÓN	ACTIVA RAIL	46	10.917	31.471	581					45	10.579		566				
2011	ZARAGOZA PLAZA	RENFE MERCANCÍAS	3.724	1.307.005	1.230.036	70.111	495	1.079	18.881	34.073	3.656	1.296.890	1.404.249	69.338	1.459	530	18.407	33.196
2011	ZARAGOZA PLAZA	LOGITREN FERROVIARIA	100	40.452	33.862	2.675			2.303	4.417	100	40.592	44.637	2.686			2.281	4.274
2011	ZARAGOZA PLAZA	ACTIVA RAIL	70	20.505	28.870	753	1		847	1.766	68	20.069	37.204	724			923	1.894
2011	ZARAGOZA PLAZA	COMSA RAIL TRANSPORT	7	1.753	855	96		6	25	50	6	2.079	727	95				
2011	ZARAGOZA PLAZA	CONTINENTAL RAIL	35	13.634	8.094	473			572	1.115	33	13.335	13.412	462			658	1.264
2011	ZARAGOZA PLAZA	ENGLISH WELHS AND SCOTTISH RAIL	19	7.137	5.143	243			391	823	16	6.710	11.403	229	4		359	744
2011	ZUERA	RENFE MERCANCÍAS	229	89.827	27.685	3.403	265				236	90.580	28.894	3.433		239		
2011	**TOTAL AMZ**		**7.167**	**2.473.706**	**2.207.674**	**132.627**	**772**	**1.085**	**23.028**	**42.253**	**7.174**	**2.508.983**	**2.451.326**	**134.610**	**1.568**	**775**	**22.637**	**41.381**

MRF: RENFE MERCANCÍAS
MCF: COMSA RAIL TRANSPORT
MEC: EURO CARGO RAIL TRANSPORT (EN ESPAÑA EN LA ACTUALIDAD ACTIVA RAIL)
MCT: CONTINETAL RAIL
MEW: ENGLISH WELSH AND SCOTTISH RAIL (POSTERIORMENTE EUCARGO RAIL TRANSPORT, EN LA ACTUALIDAD DB SCHENKER RAIL UK; NO OPERA EN ESPAÑA)
MLG: LOGITREN FERROVIARIA
MAR:ACTIVA RAIL

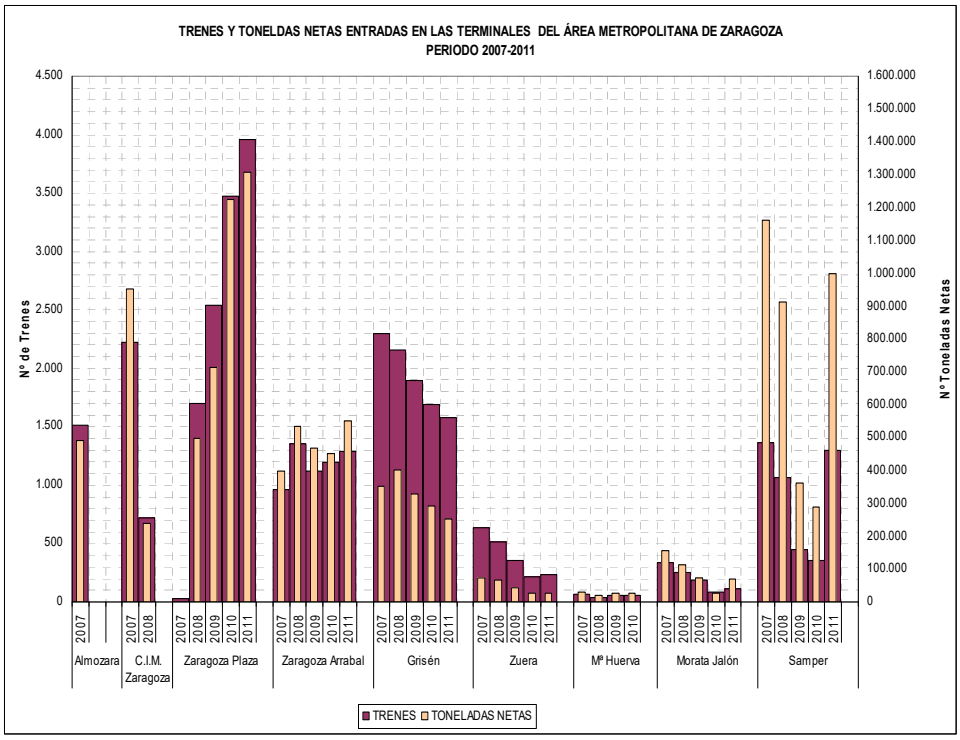
PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE TRANSPORTE POR FERROCARRIL EN LA TERMINAL DE SAMPER DE CALANDA EN EL PERIODO 2007-2011

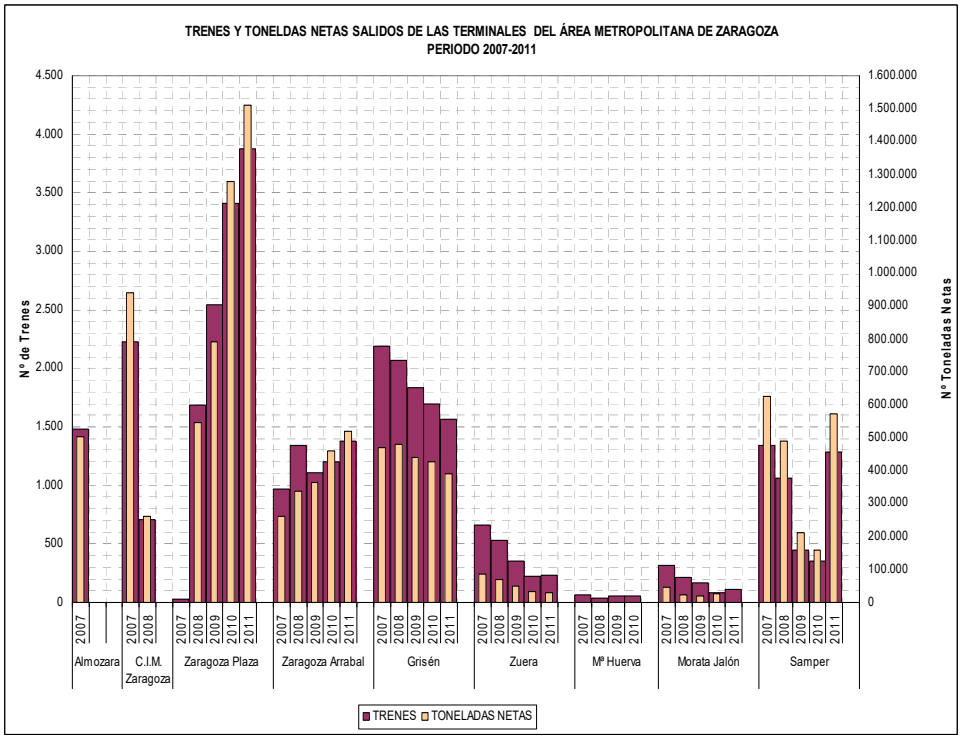
AÑO	TERMINAL	OPERADOR	ENTRADAS								SALIDAS							
			Trenes	Metros	Toneladas	Vagones	Mat.		Contenedores		Trenes	Metros	Toneladas	Vagones	Mat.		Contenedores	
							C	V	Utis	Teus					C	V	Utis	Teus
2007	Samper	MRF	1.360	381.857	1.161.622	21.521					1.343	380.225	625.936	21.451	12			
2008	Samper	MRF	1.067	305.877	914.399	17.244					1.065	306.079	489.018	17.265				
2009	Samper	MRF	447	121.864	360.242	7.165	8				451	121.583	211.680	7.183				
2010	Samper	MRF	351	98.124	288.797	5.512					350	98.409	158.186	5.543	8			
2011	Samper	MRF	1.298	361.433	998.977	20.229	8				1.283	360.777	574.420	20.190	13			

Fuente: Dirección Servicios Logísticos, Adif, intranet Adif.
Elaboración propia

Por su parte, los trenes salidos se incrementaron un 4,7 % y también la longitud un 27 %, asimismo, las toneladas netas crecieron un 4,7 %. Sobre el tráfico de contenedores indicaremos que la diferencia es sustancial, con un fuerte incremento en Zaragoza Plaza en las UTI y en las TEU, tanto de llegada como de salida. También señalaremos, que se aprecia un desequilibrio en las materias peligrosas llegadas cargadas en relación con las salidas vacías que podría indicar tráficos llegados cargados por carretera y salidos en vacío por ferrocarril.

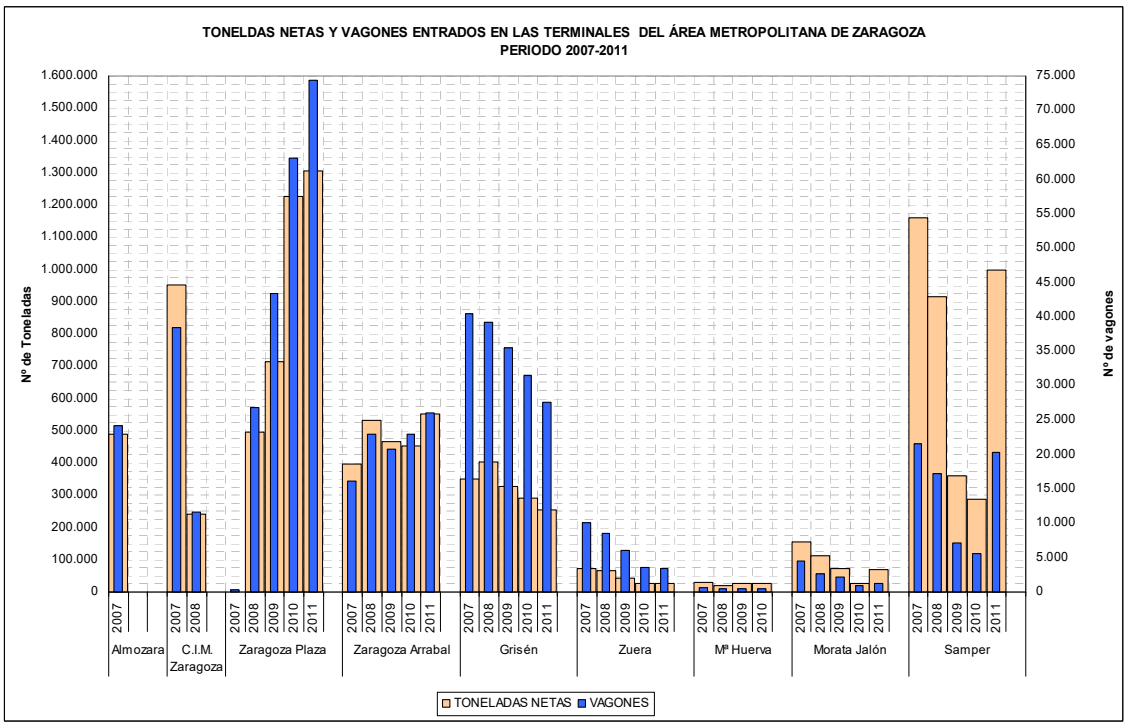
Gráfico 6-25. Consumo y producción de transporte en el área metropolitana de Zaragoza. Trenes y Toneladas netas entradas y salidas en las terminales

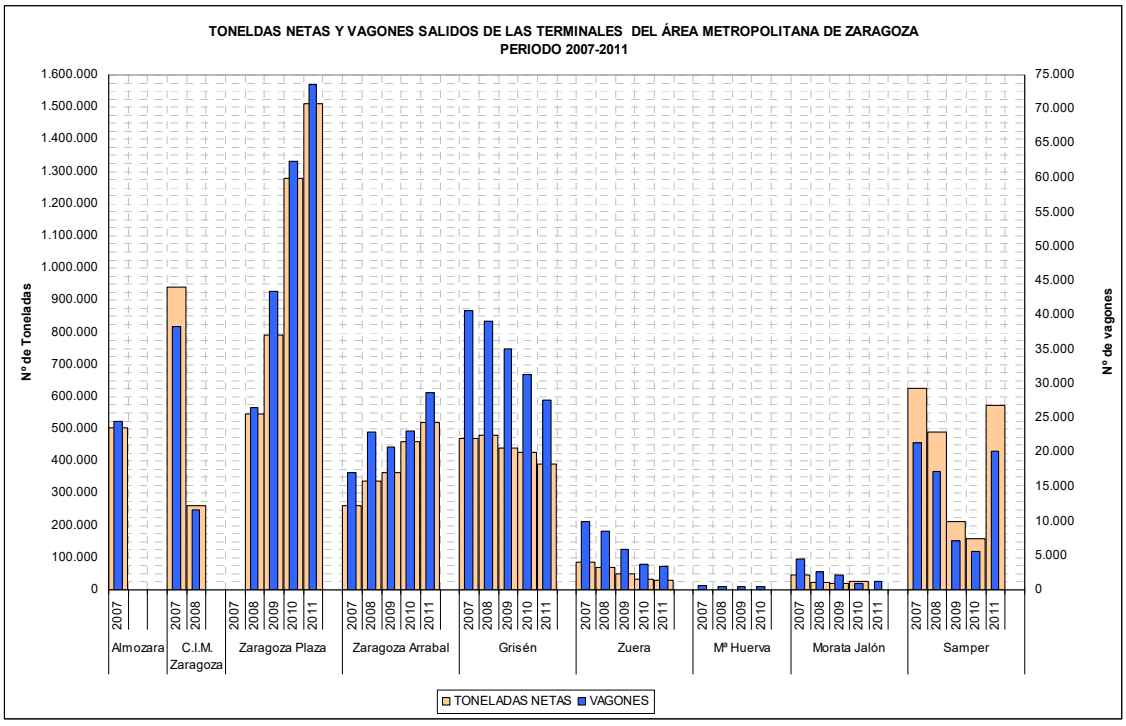




Fuente: Dirección Servicios Logísticos, Adif, intranet Adif.
Elaboración propia

Gráfico 6-26. Consumo y producción de transporte en el área metropolitana de Zaragoza. Toneladas netas y vagones entrados y salidos en las terminales





Fuente: Dirección Servicios Logísticos, Adif, intranet Adif.
Elaboración propia

Puntualizado lo anterior, algunas de las variables de producción y consumo de cada una de las terminales consideradas en el área de estudio se presentan de forma más intuitiva en los siguientes gráficos (gráficos 6-25 y 6-26).

En los gráficos distinguimos, en primer lugar, la evolución de la producción y el consumo superponiendo dos variables en cada uno de los gráficos. En segundo lugar, dicha superposición permite apreciar algunos parámetros productivos de los trenes, como el total y la variación de la carga neta, según el número de trenes, producida y consumida en el total de cada año del periodo de estudio; también el total y la variación de la carga neta, según el número de vagones, producida y consumida en el total de cada año del periodo de estudio.

Además de la variación anual del periodo de estudio en valores absolutos, evidenciada en las tablas 6-59 y 6-60 y los gráficos 6-25 y 6-26, es necesario tener presente la especialización de cada terminal, cuestión ya vista con anterioridad y mayor detenimiento, que fija los tipos de tráficos y, como consecuencia, los parámetros productivos de los trenes.

Así, apreciamos que el centro logístico de Zaragoza Plaza, especializado en el tráfico de contenedores, pero con entradas y salidas de carácter técnico de todo tipo de tráficos, propias de la dinámica de funcionamiento del subsistema ferroviario, tiene los valores más elevados en número de trenes, toneladas netas, y vagones, especialmente en la producción de transporte. También de las UTIs y de los TEUs, si bien, para su comparación, no se dispone de los datos de producción de unidades de transporte intermodal ferroviarias entradas y salidas en/de la terminal de TMZ, pero sí de los TEU (ver gráfico 6-27).

Igualmente, se observa, que dicho centro presenta un crecimiento continuado de las variables mencionadas durante el periodo de estudio. Es una consecuencia del aumento de relaciones de trenes TECO, de la entrada de los operadores privados y de la puesta en servicio del apartadero de BSH. Destacaremos que los parámetros de producción de transporte presentan mejores valores que los de consumo, lo que sugiere un mejor aprovechamiento de la carga neta de los trenes salidos.

Por su parte, Zaragoza Arrabal, presenta ciertas irregularidades en las toneladas netas consumidas (años 2009-2010), que podrían relacionarse con una menor demanda de las distintas mercancías al hacerse sentir la crisis y la suspensión de la circulación de trenes de mercancías por la línea de Canfranc motivada por un descarrilo en el año 2009. También apreciamos un crecimiento continuado de la producción que podemos atribuir al incremento de los tráficos de Alfalfa contenerizada; también a la instalación de nuevas vías[658], al aumento de la superficie de la playa de estocaje de contenedores en la terminal de TMZ y al acceso directo desde la estación de Cogullada a la mencionada terminal.

No obstante, los parámetros de dicha producción son más bajos que los de consumo. Indican el retorno en vacío del cereal con origen en Martorell y destino a Canfranc, así como, el retorno en vacío de la madera con origen en el apartadero de la Montañanesa y destino a Monforte de Lemos y León.

En cuanto a las terminales de Grisén y de Zuera, apreciamos un descenso continuado en todos los parámetros, motivado por la caída de las ventas de automóviles[659] como consecuencia de la crisis económica. También, el bajo índice de carga de los trenes y vagones plataforma por las características del tráfico de automóviles ya comentado con anterioridad.

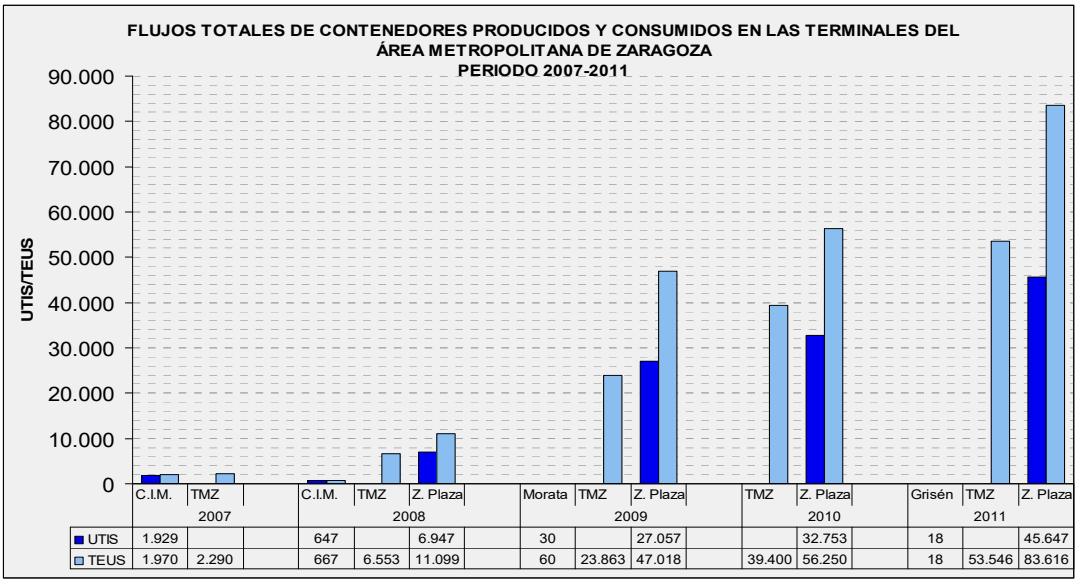
Por la mencionada causa, la crisis económica, en la terminal de Morata de Jalón contemplamos el descenso en el consumo de materias primas para la producción de

[658] Una en 2009 y dos en 2011.

[659] Las matriculaciones de turismos en España durante el periodo de estudio, incluidos los importados, cayeron de manera prácticamente ininterrumpida con respecto al año 2007, base de dicho periodo. Nº de turismos matriculados, en miles: 2007, 1.634; 2008, 1.185 (▼27 %); 2009, 971 (▼41 %); 2010, 993 (▼39 %); 2011, 808 (▼51 %).

cemento[660] y, obviamente, en la producción de transporte de este elemento necesario para la construcción en obra nueva residencial y no residencial así como en obra civil.

Gráfico 6-27. Movimiento total de UTIs y TEUs en el área metropolitana de Zaragoza



Fuente: Dirección Servicios Logísticos, Adif, intranet Adif.
DE LA FUENTE, F. (2012) *Evolución Teus Ferroviarios 2007-2011*, presentación en Jornada sobre Operadores Logísticos Ferroviarios, Zaragoza, 20 abril 2012, diapositiva Nº 9, Terminal Marítima de Zaragoza (TMZ). Elaboración propia

Los altos índices de carga de los trenes de llegada denotan el consumo de materias primas, por el contrario, este índice baja en los trenes y vagones producidos por los retornos del material vacío. Sobre el tráfico de carbón en la terminal de Samper de Calanda durante el periodo de estudio, apreciamos que en los años 2009 y 2010 se produce un fuerte descenso. La causa la encontramos en la caída de la demanda energética, la desventaja del carbón frente a las energías renovables y en la falta de subvenciones al carbón nacional. Estos factores provocaron paros intermitentes de la central térmica de Andorra desde noviembre de 2009, con seis meses continuados en 2010, hasta febrero de 2011[661].

Al igual que en el caso de Morata los índices de carga son más elevados en los trenes y vagones consumidos que en los producidos, por la recepción del carbón para abastecer la central térmica y los retornos en vacío.

Por último, en la terminal de María de Huerva el tráfico de Butano se mantiene estable entre los años 2007 y 2010. En el año 2011, dicha terminal pasa al modelo de gestión denominado auto-prestación, por lo cual, no se dispone de datos para ese año.

---

[660] La producción y consumo de cemento ha caído considerablemente de forma continuada durante el periodo de estudio con respecto al año 2007, base de dicho periodo. **Producción** de cemento en miles de t: 2007, 3.946; 2008, 2.192 (▼44 %); 2009, 1.732 (▼56 %); 2010, 1.595 (▼60 %); 2011, 1.286 (▼67 %). **Consumo** de cemento en miles de t: 2007, 56.081; 2008, 42.660 (▼24 %); 2009, 28.641 (▼49 %); 2010, 24.549 (▼56 %); 2011, 20.244 (▼64 %).

Fuente: Confederación Española de Asociaciones de Fabricantes de Productos de Construcción (CEPCO), http://www.cepco.es/lcategorias.asp?id_cat=245

[661] En este mes se publica en el BOE nº 35 de 2011 la *Resolución de 8 de febrero de 2011, de la Secretaría de Estado de Energía*, por la que se fijan las cantidades de carbón, el volumen máximo de producción y los precios de retribución de la energía, para el año 2011 a aplicar en el proceso de resolución de restricciones por garantía de suministro.

Para completar la información, en la tabla 6-61, se presentan el total de los parámetros de consumo y producción de los trenes en el área metropolitana de Zaragoza.

Tabla 6-61. Parámetros de producción de los trenes producidos y consumidos en el área metropolitana de Zaragoza por operadores

PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE TRENES DE TRENES EN EL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA
PERIODO 2007-2011

AÑO	TERMINAL	OPERADOR	ENTRADAS					SALIDAS				
			m / tren	t / tren	vgs / tren	t / vag	m / vag	m / tren	t / tren	vgs / tren	t /vag	m / vag
2007	ALMOZARA	RENFE MERCANCÍAS	247	324	16	20	15	258	340	17	20	15
2007	ZARAGOZA ARRABAL	RENFE MERCANCÍAS	258	415	17	25	15	274	268	18	15	16
2007	C.I.M.- ZARAGOZA	RENFE MERCANCÍAS	315	429	17	25	18	315	423	17	25	18
2007	C.I.M.- ZARAGOZA	COMSA RAIL TRANSPORT	356		18		20	356	134	18	7	20
2007	GRISÉN	RENFE MERCANCÍAS	347	153	18	9	20	364	215	19	12	20
2007	Mª DE HUERVA	RENFE MERCANCÍAS	186	466	10	49	19	185		10		19
2007	MORATA DE JALÓN	RENFE MERCANCÍAS	212	460	13	34	16	221	148	14	10	16
2007	ZARAGOZA PLAZA	RENFE MERCANCÍAS	138	13	9	1	16	39	3	2	1	18
2007	ZUERA	RENFE MERCANCÍAS	423	112	16	7	27	408	133	15	9	27
2007	**TOTAL AMZ**		307	304	17	18	18	315	291	17	17	18
2008	ZARAGOZA ARRABAL	RENFE MERCANCÍAS	268	394	17	23	16	269	252	17	15	16
2008	C.I.M. ZARAGOZA	RENFE MERCANCÍAS	289	335	16	21	18	294	368	17	22	18
2008	GRISÉN	RENFE MERCANCÍAS	339	187	18	10	19	351	231	19	12	19
2008	Mª DE HUERVA	RENFE MERCANCÍAS	186	460	10	48	19	198		10		19
2008	MORATA DE JALÓN	RENFE MERCANCÍAS	171	439	10	42	16	201	100	12	8	16
2008	ZARAGOZA PLAZA	RENFE MERCANCÍAS	297	292	16	19	19	296	325	16	21	19
2008	ZARAGOZA PLAZA	EUROCARGO RAIL TRANSPORT	373	120	12	10	31	355	539	12	45	30
2008	ZUERA	RENFE MERCANCÍAS	417	126	16	8	25	409	131	16	8	25
2008	**TOTAL AMZ**		308	277	17	17	18	313	260	17	15	18
2009	ZARAGOZA ARRABAL	RENFE MERCANCÍAS	323	417	19	23	17	328	330	19	18	17
2009	ZARAGOZA ARRABAL	CONTINENTAL RAIL	407	210	23	9	18	407	162	21	8	20
2009	ZARAGOZA ARRABAL	ENGLISH WELHS AND SCOTTISH RAIL	456	333	15	22	30	444	765	15	51	30
2009	GRISÉN	RENFE MERCANCÍAS	350	173	19	9	19	359	240	19	13	19
2009	Mª DE HUERVA	RENFE MERCANCÍAS	193	483	10	49	19	193		10		19
2009	MORATA DE JALÓN	RENFE MERCANCÍAS	167	386	11	34	15	190	114	13	9	15
2009	ZARAGOZA PLAZA	RENFE MERCANCÍAS	316	285	17	17	18	315	302	17	18	18
2009	ZARAGOZA PLAZA	COMSA RAIL TRANSPORT	305	118	15	8	20	350	251	18	14	20
2009	ZARAGOZA PLAZA	CONTINENTAL RAIL	393	123	24	5	17	413	55	24	2	18
2009	ZARAGOZA PLAZA	ENGLISH WELHS AND SCOTTISH RAIL	452	147	15	10	30	452	702	15	47	30
2009	ZUERA	RENFE MERCANCÍAS	417	122	17	7	25	415	139	17	8	25
2009	**TOTAL AMZ**		329	268	18	15	19	334	275	18	15	19
2010	ZARAGOZA ARRABAL	RENFE MERCANCÍAS	309	378	19	20	16	312	384	19	20	16
2010	GRISÉN	RENFE MERCANCÍAS	363	173	19	9	20	362	252	18	14	20
2010	Mª DE HUERVA	RENFE MERCANCÍAS	193	480	10	48	19	193		10		19
2010	MORATA DE JALÓN	RENFE MERCANCÍAS	171	308	11	27	15	175	306	12	26	15
2010	ZARAGOZA PLAZA	RENFE MERCANCÍAS	346	357	18	20	19	349	366	18	20	19
2010	ZARAGOZA PLAZA	LOGITREN FERROVIARIA	366	227	24	10	15	360	282	24	12	15
2010	ZARAGOZA PLAZA	COMSA RAIL TRANSPORT	260	281	14	20	19	289	276	13	21	22
2010	ZARAGOZA PLAZA	CONTINENTAL RAIL	459	201	27	7	17	465	643	27	23	17
2010	ZARAGOZA PLAZA	ENGLISH WELHS AND SCOTTISH RAIL	440	254	16	16	27	448	698	15	46	30
2010	ZUERA	RENFE MERCANCÍAS	426	115	17	7	26	423	143	17	9	26
2010	**TOTAL AMZ**		345	303	18	17	19	347	333	18	18	19
2011	ZARAGOZA ARRABAL	RENFE MERCANCÍAS	316	429	20	21	16	327	378	21	18	16
2011	ZARAGOZA ARRABAL	COMSA RAIL TRANSPORT	148	267	8	32	18	185		11		17
2011	ZARAGOZA ARRABAL	ENGLISH WELHS AND SCOTTISH RAIL	301		18		17	22		1		22
2011	GRISÉN	COMSA RAIL TRANSPORT	206		11		19	206		11		19
2011	GRISÉN	RENFE MERCANCÍAS	357	161	17	9	20	363	250	18	14	21
2011	MORATA DE JALÓN	RENFE MERCANCÍAS	141	527	10	53	14	139	0	10	0	14
2011	MORATA DE JALÓN	ENGLISH WELHS AND SCOTTISH RAIL	238	666	12	55	19	231		13		18
2011	MORATA DE JALÓN	ACTIVA RAIL	237	684	13	54	19	235		13		19
2011	ZARAGOZA PLAZA	RENFE MERCANCÍAS	351	330	19	18	19	355	384	19	20	19
2011	ZARAGOZA PLAZA	LOGITREN FERROVIARIA	405	339	27	13	15	406	446	27	17	15
2011	ZARAGOZA PLAZA	ACTIVA RAIL	293	412	11	38	27	295	547	11	51	28
2011	ZARAGOZA PLAZA	COMSA RAIL TRANSPORT	250	122	14	9	18	347	121	16	8	22
2011	ZARAGOZA PLAZA	CONTINENTAL RAIL	390	231	14	17	29	404	406	14	29	29
2011	ZARAGOZA PLAZA	ENGLISH WELHS AND SCOTTISH RAIL	376	271	13	21	29	419	713	14	50	29
2011	ZUERA	RENFE MERCANCÍAS	392	121	15	8	26	384	122	15	8	26
2011	**TOTAL AMZ**		345	308	19	17	19	350	342	19	18	19

PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE TRENES DE TRENES EN LA TERMINAL DE SAMPER DE CALANDA
PERIODO 2007-2011

AÑO	TERMINAL	OPERADOR	ENTRADAS					SALIDAS				
			m / tren	t / tren	vgs / tren	t /vag	m / vag	m / tren	t / tren	vgs / tren	t /vag	m / vag
2007	SAMPER	RENFE MERCANCÍAS	281	854	16	54	18	283	466	16	29	18
2008	SAMPER	RENFE MERCANCÍAS	287	857	16	53	18	287	459	16	28	18
2009	SAMPER	RENFE MERCANCÍAS	273	806	16	50	17	270	469	16	29	17
2010	SAMPER	RENFE MERCANCÍAS	280	823	16	52	18	281	452	16	29	18
2011	SAMPER	RENFE MERCANCÍAS	278	770	16	49	18	281	448	16	28	18

Fuente: Dirección Servicios Logísticos, Adif, intranet Adif.
Elaboración propia

En la tabla, también podemos comparar los indicadores de producción entre las distintas terminales del área metropolitana de Zaragoza así como evidenciar su especialización. Cuando se han examinado los indicadores de producción entre el AMZ, la Gerencia Noreste y la Red Ferroviaria de Interés General se han realizado algunos comentarios que también tienen validez para nuestras terminales.

Los trenes más largos, consumidos y producidos, con 459 m y 465 m, respectivamente, fueron trenes de contenedores y se realizaron en el año 2010 en Zaragoza Plaza; los puso en circulación la operadora Continental Rail. Los trenes que sobrepasaron los 400 m fueron trenes de contendores de las operadoras privadas en Zaragoza Plaza y Zaragoza Arrabal (TMZ) en los años 2009 a 2011; también los trenes de automóviles de la operadora Renfe con origen y destino Zuera.

Los trenes más pesados, con 684 t netas, correspondieron a los tráficos de carbón y clinker consumidos por la cementera en Morata de Jalón durante el año 2011 que fueron realizados por Activa Rail; los producidos, trenes de contenedores con 765 t, se realizaron en Zaragoza Arrabal en el año 2009 por EWS. Los trenes más pesados consumidos correspondieron a los tráficos de carbón y clinker en Morata de Jalón y al butano en María de Huerva; los más pesados, con más de 500 t, fueron producidos por EWS, continental, Eurocargo y Activa fueron los trenes de contenedores en Zaragoza Plaza desde el año 2008 a 2011.

En cuanto a los trenes con mayor número de vagones—trenes de contenedores—, con 27, fueron consumidos y producidos en el año 2010 y 2011 en Zaragoza Plaza y puestos en circulación por Continental y Logitren. Los trenes con más de 23 vagones, tanto consumidos como producidos, correspondieron al tráfico de contenedores de los distintos operadores privados. Matizaremos que los trenes de contenedores de la operadora Renfe también alcanzan los 27 vagones pero al tratarse de la media total de todos los tráficos dicha media desciende.

Los vagones con mayor carga neta corresponden a los tráficos de Carbón y Clinker consumidos en Morata de Jalón, con 55 t, durante el año 2011 de EWS y Activa; además con 53 t se consumió en la mencionada terminal y en el mismo año ceniza procedente de la central térmica de Andorra encaminada por Renfe. También los tráficos de butano consumidos en María de Huerva, con 49 t, transportados por Renfe entre los años 2007 a 2010.

Por lo que respecta a la producción, con 51 t, los vagones forman parte de los trenes con origen en Zaragoza Plaza y Zaragoza Arrabal; corresponden a Activa en el año 2011 y a EWS en el año 2009. Los mayores índices de carga corresponden a vagones plataforma de contenedores desde el año 2008 a 2011, trenes mayoritariamente producidos en Zaragoza Plaza por distintos operadores privados.

Por último, para finalizar este punto y el apartado, indicaremos que los vagones con mayor longitud, tanto consumidos como producidos, con 30 m, son los mencionados porta-contenedores utilizados en los trenes de contenedores con destino y origen Zaragoza Plaza y Zaragoza Arrabal (TMZ) que pusieron en circulación los distintos operadores privados desde los años 2008 a 2011.

Además, su interacción con el subsistema operador logístico N(-7)/3, es decir, la integración del subsistema de transporte N(-4)/1 y del subsistema logístico N(-4)/2 forma un subsistema muy complejo cuyas salidas interactúan con otros subsistemas del subsistema económico N(0)/2, uno de los motores del subsistema territorial.

Pero como ya sabemos, el eslabón del subsistema ferrocarril se integra en un subsistema más amplio: la cadena de transporte. A su vez, está cadena se relaciona e interactúa con distintos subsistemas logísticos conformando subsistemas más complejos. El resultado, las salidas de estos subsistemas, son múltiples canales de distribución.

Por otra parte, hemos considerado para finalizar las salidas del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril en el área metropolitana de Zaragoza hacer una comparativa del reparto modal entre el área de estudio y la totalidad del territorio español.

Tabla 6-62. Producción y Consumo de Transporte en el AMZ, en España y Reparto Modal (tN). Año 2011

PRODUCCIÓN, CONSUMO DE TRANPORTE Y REPARTO MODAL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA Y EN ESPAÑA EN EL AÑO 2011													
MODO	ORIGEN	ZARAGOZA			ESPAÑA			% ZARAGOZA			% ESPAÑA		
		Nacional	Internacional	Total	Nacional	Internacional	Total	Nacional	Internacional	Total	Nacional	Internacional	Total
Ferrocarril[1]		1.310.325	293.348	1.603.673	20.756.243	1.901.662	22.657.905	6,64	15,26	7,40	5,80	1,22	4,42
Carretera[2]		18.430.183	1.593.921	20.024.104	295.207.000	31.679.000	326.886.000	93,36	82,90	92,43	82,55	20,40	63,73
Aéreo[3]		158	35.388	35.546	60.031	252.703	312.734	0,00	1,84	0,16	0,02	0,16	0,06
Maritimo[4]					41.567.768	121.482.358	163.050.126	0,00	0,00	0,00	11,62	78,22	31,79
Transporte Terrestre		19.740.508	1.887.269	21.627.777	315.963.243	33.580.662	349.543.905	100,00	98,16	99,84	88,36	21,62	68,15
TOTAL TRANSPORTE		**19.740.666**	**1.922.657**	**21.663.323**	**357.591.042**	**155.315.723**	**512.906.765**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**
MODO	DESTINO	ZARAGOZA			ESPAÑA			% ZARAGOZA			% ESPAÑA		
		Nacional	Internacional	Total	Nacional	Internacional	Total	Nacional	Internacional	Total	Nacional	Internacional	Total
Ferrocarril[1]		852.143	132.983	985.126	20.756.243	1.378.124	22.134.367	4,44	7,98	4,72	5,80	0,52	3,56
Carretera[2]		18.359.582	1.497.572	19.857.154	295.207.000	23.349.000	318.556.000	95,56	89,89	95,11	82,50	8,87	51,28
Aéreo[3]		158	35.388	35.546	60.031	252.703	312.734	0,00	2,12	0,17	0,02	0,10	0,05
Maritimo[4]					41.796.234	238.393.217	280.189.451	0,00	0,00	0,00	11,68	90,52	45,11
Transporte Terrestre		19.211.725	1.630.555	20.842.280	315.963.243	24.727.124	340.690.367	100,00	97,88	99,83	88,30	9,39	54,84
TOTAL TRANSPORTE		**19.211.883**	**1.665.943**	**20.877.826**	**357.819.508**	**263.373.044**	**621.192.552**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**	**100,00**

(1) Se utilizan los datos del OFE 2011 porque incluyen a las operadoras privadas.
(2) Los datos del ministerio de Fomento alcanzan únicamente una desagregación a escala de CC.AA., no a escala provincial. Por ello,se ha utilizado como premisa la fuerte correlación positiva entre transporte y, producción y consumo, para aproximarnos a las toneladas netas con O-D Zaragoza transportadas por carretera, a partir de los datos agregados de Aragón. Desde la distribución provincial del P.I.B. p.m. y tomando los valores de las divisiones 10-33 y 45-63 (NACE rev 2, 2008), se ha calculado su porcentaje de participación en el P.I.B. provincial. A partir de ahí, se ha aplicado el porcentaje obtenido al total de las toneladas netas con O-D Aragón transportadas por carretera. Por otra parte, dado que en la Contabilidad Regional de España la desagregación en divisiones solo alcanza hasta el año 2010, se han obtenido los valores para el año 2011 a partir de de la evolución del P.I.B. total provincial entre los años 2010 y 2011, ya que es un dato conocido. Si bien, puntualizaremos, que aún tratándose de un método poco ortodoxo, en nuestra opinión para aproximarnos a la distribución modal en Zaragoza puede resultar válido. También, es necesario tener en cuenta, que se trataría del dato provincial, pero como la delimitación del área metropolitana alcanza a todas las cabeceras comarcales podemos suponer que quedan incluidos la mayor parte de los tráficos carreteros interregionales con O-D Zaragoza (no se han tenido en cuenta los intermunicipales).
(3) Los datos del tráfico aéreo que se han obtenido son los totales O-D del aeropuerto de Zaragoza, no están desagregados. Hemos tomado la mitad O y la mitad D.
(4) Se ha considerado como tráfico nacional el tráfico de cabotaje (local) y como internacional el tráfico exterior.

Fuente: Informe 2011, documento de trabajo diciembre 2012, pp. 199-215, Observatorio del Ferrocarril en España.
Encuesta Permanente de Transporte de Mercancías por Carretera 2011, D.G. de Programación Económica y Presupuestos, Ministerio de Fomento.
Tráfico Aéreo, Tráfico de Mercancías Aragón, años 2002-2012, Instituto Aragonés de Estadística.
Estadísticas de Tráfico, Informe 2011, Aena Aeropuertos.
Tráfico Portuario 2011, Tráfico de Mercancías embarcadas y desembarcadas, Puertos del Estado.
Contabilidad Regional de España, Cuentas Económicas, Economía, INEbase, INE.
Contabilidad Nacional de España, Cuentas Económicas, Economía, INEbase, INE.
Elaboración Propia

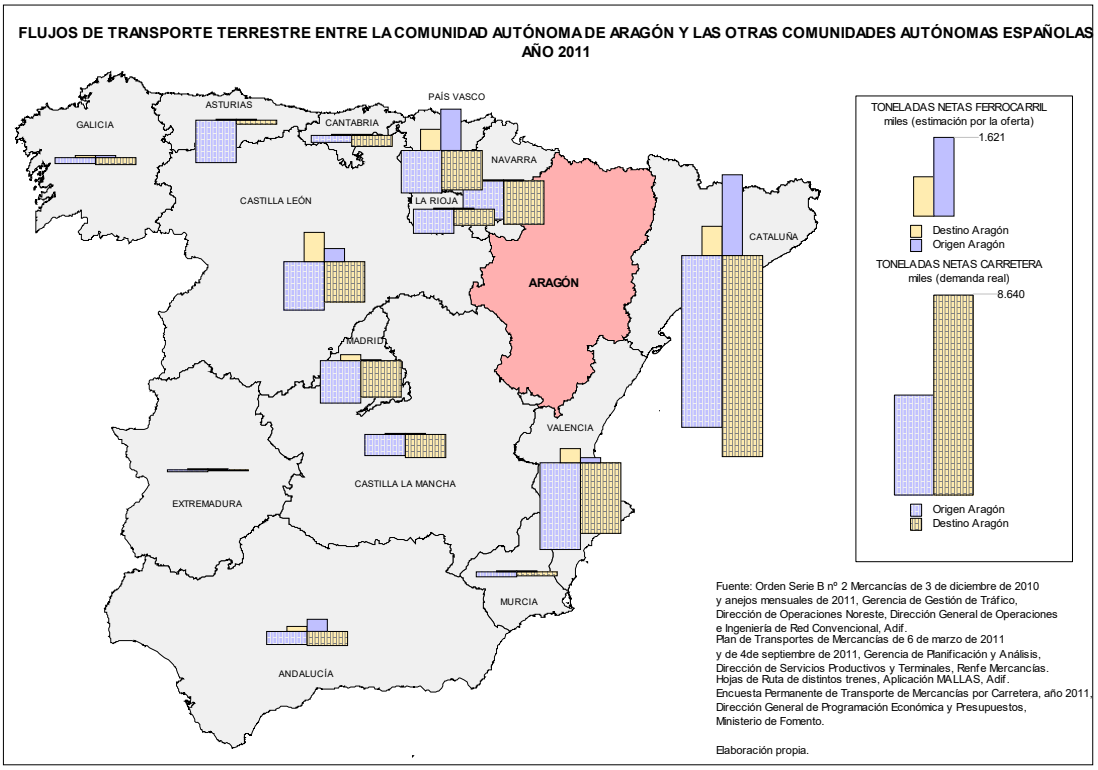
Puntualizaremos, que el AMZ alcanza hasta la ciudad de Huesca, pero no existe tráfico de mercancías por ferrocarril; tampoco tráfico aéreo en el aeropuerto de Monflorite. En cuanto al transporte por carretera, no se ha considerado en dicha ciudad por la dificultad en la desagregación de los datos. En cualquier caso, como se ha considerado toda la provincia de Zaragoza, podría estar más o menos compensado. Podemos apreciar en la tabla 56 el peso relativo del modo ferrocarril en la provincia de Zaragoza con respecto a la media española. Asimismo, del modo carretera, si bien, en nuestra área de estudio no tenemos puertos marítimos al encontrarse en el interior peninsular.

Por lo tanto, en nuestro caso es claro el reparto modal[662] entre el ferrocarril, 6,06%, y la carretera, 93,82%, dado que el transporte aéreo es poco significativo (0,02%). Indicaremos que de la producción de transporte por ferrocarril (origen Zaragoza) es mayor que el consumo (destino Zaragoza), 7,40% y 4,72%, respectivamente; sin embargo, ocurre lo contrario con el transporte por carretera, 92,43% y 95,11%, respectivamente. Ello indica la mayor participación en el consumo del modo carretera.

En el mapa siguiente (ver mapa 6-35) podemos visualizar los flujos de tráfico de los modos ferrocarril y carretera o lo que es lo mismo, en nuestra área de estudio, la estructura modal del transporte terrestre en las relaciones territoriales de transporte entre Aragón y el resto de España.

[662] No se considera el transporte por tubería.

Mapa 6-35. Intercambios de flujos de transporte terrestre por modos entre Aragón y las otras Comunidades Autónomas en el año 2011



Al no disponer de los datos de tráfico por carretera desagregados a escala provincial, se han tomado los existentes a escala regional por Comunidades Autónomas. Como consecuencia los datos del transporte teórico por ferrocarril, vistos en los párrafos anteriores, se han agrupado por Comunidades Autónomas.

En el mapa podemos apreciar como las relaciones establecidas en el año 2011 en la producción y consumo real de transporte por carretera en Aragón, que incluyen el transporte intermodal con el modo marítimo, son fundamentalmente con Cataluña y la Comunidad Valenciana en el Arco Mediterráneo.

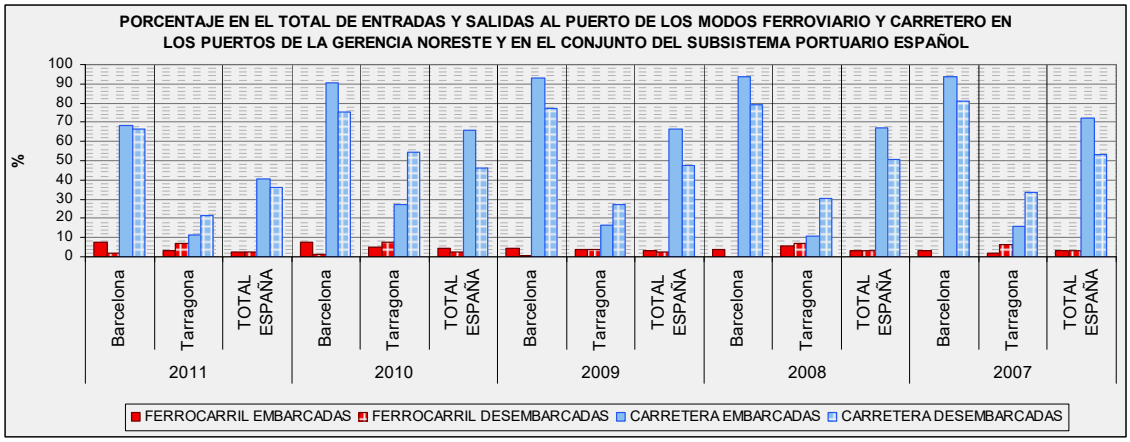
En un segundo nivel con el norte de la España Interior y el País Vasco. La balanza interregional en la producción (origen) y consumo (destino) del transporte por carretera en Aragón está, prácticamente, en equilibrio con un ligero saldo positivo (85.000 toneladas). Del total de toneladas producidas—22,19 millones—, el 33,4% tuvo como destino Cataluña y del total de toneladas consumidas—22,10 Mt—, el 39,1% tuvo su origen en esta Comunidad. Le sigue la Comunidad Valenciana con el 16,9% y el 13,9%, respectivamente.

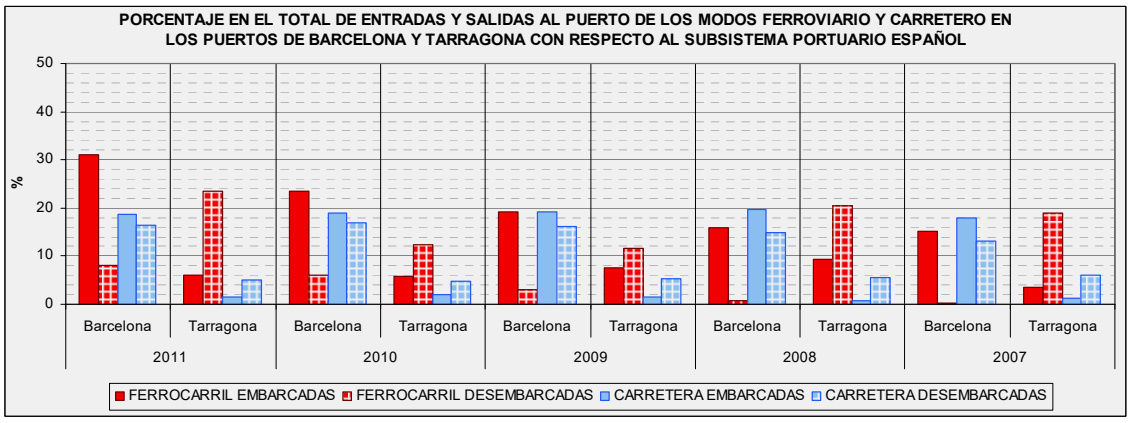
Los principales tráficos restantes corresponden a Castilla León (9,5% P; 7,6% C), Madrid (8,3% P; 7,0%), País Vasco (8,2% P; 7,6% C) y Navarra (7,5 % P; 8,5 C). En cuanto al transporte marítimo, los datos muestran también la fortaleza del modo ferrocarril en nuestra área metropolitana y en la Gerencia Noreste con respecto al territorio nacional. Recordaremos, aunque es sabido, la fuerte correlación positiva que existe entre el transporte, la producción y el consumo. Es decir, la producción industrial y la distribución de bienes, tanto para el consumo de la población, como para la provisión de bienes intermedios, de equipo y materias primas a dicha producción, se basa en el transporte.

En el caso de la Gerencia Noreste llama la atención que aun con la disminución del número de toneladas embarcadas y desembarcadas en los puertos de Barcelona y Tarragona los tráficos ferro-portuarios crecen en el periodo considerado.

Dichos puertos ocupan el tercer y sexto puesto, respectivamente. En el total de tráficos de cabotaje y exterior de los puertos españoles[663], el de Barcelona con 19.481 Mt (3.563 Mt cabotaje y 14.695 Mt exterior) y el de Tarragona con 9.079 Mt (3.571 Mt cabotaje y 5.328 Mt (exterior); sin embargo en tráfico ferro-portuario es el puerto de Barcelona el que ocupa el primer puesto de España con 1.939 Mt seguido del de Tarragona con 1.803 Mt, según podemos apreciar en el gráfico 6-24, pero que reproducimos por las relaciones con el modo ferrocarril.

Gráfico 6-28. Entradas y salidas ferro-portuarias y por carretera en los puertos de Barcelona y Tarragona con respecto al total de los Puertos del Estado en España. Periodo años 2011 a 2007





Fuente: Puertos del Estado (2011), 3.1.16. Clasificación de las mercancías por el medio de transporte de entrada o salida del puerto, 3.1. Tráfico de mercancías, Tráfico Portuario 2011, Anuario Estadístico 2011. [en línea] [fecha de consulta: 05 de marzo de 2013] http://www.puertos.es/sites/default/files/anuario_estadistico2011/archivos_internos/contenidos/03/030116.html

Puertos del Estado (2007-2008-2009-2010),3.1.16. Clasificación de las mercancías por el medio de transporte de entrada o salida del puerto, Tráfico Portuario, cap. 3, Anuario estadístico 2010.
http://www.puertos.es/estadisticas/anuarios_de_puertos/index.html. Elaboración propia

[663] El primer puerto español en tráficos de cabotaje y exterior, en el año 2011, fue el de Algeciras (39.926 Mt), el segundo Valencia (32.667 Mt), el cuarto Las Palmas (11.067 Mt) y el quinto Bilbao (10.664 Mt). En tráfico ferroportuario a los puertos de Barcelona y Tarragona le siguieron, en dicho año 2011, el puerto de Valencia con 1.747 Mt, el puerto de Gijón con 1.198 Mt y el puerto de Bilbao con 1.126 Mt.

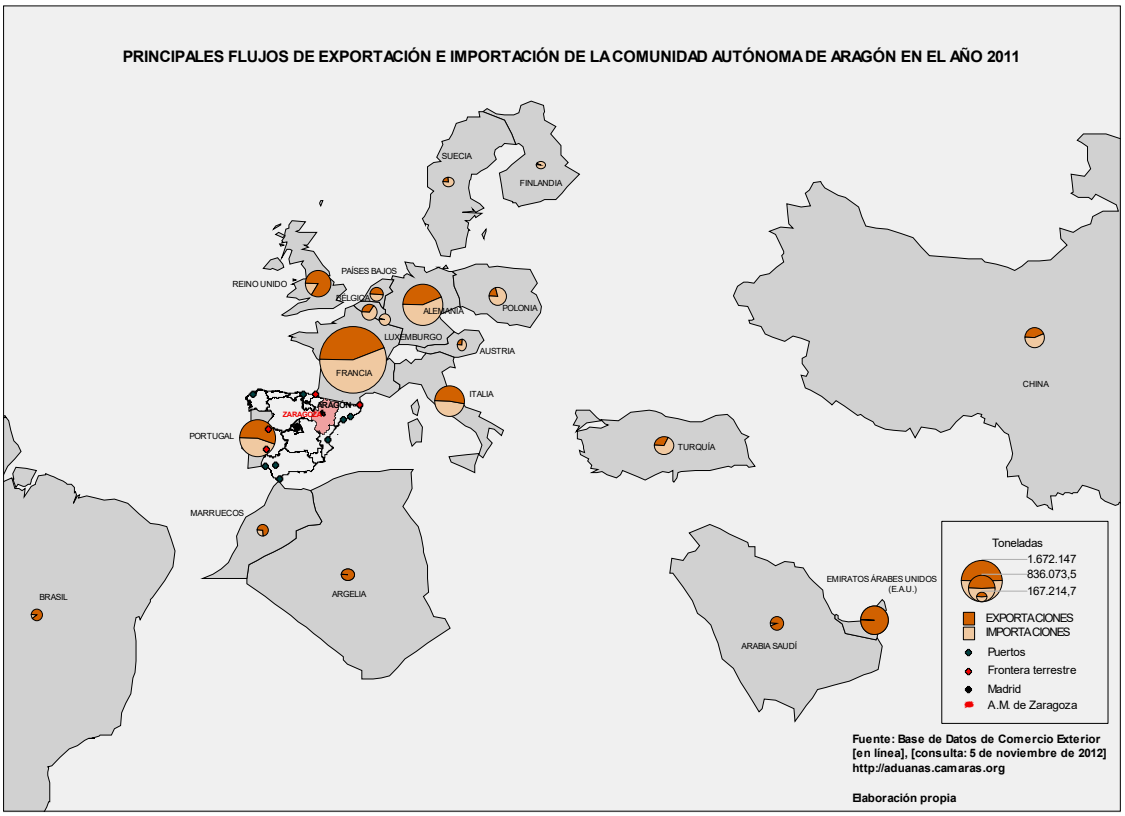
Subrayaremos que el área Metropolitana de Zaragoza contribuye de forma importante a los volúmenes de tráfico ferro-portuario de los mencionados puertos, aunque no hay que olvidar los tráficos con los puertos de Bilbao, Valencia, Sevilla (Huelva), Santander, Pasajes y Vigo.

En el caso del transporte marítimo y ferroviario, sería también necesario tener en cuenta la función que los puertos secos desarrollan en los territorios interiores no costeros.

Recordaremos, que en nuestra área las terminales que cumplen esta función son, TMZ y el Centro Logístico de Zaragoza Plaza; en el primer caso de forma especializada y única, y, en el segundo, añadiendo a esta función, si bien con menor especialización, otro conjunto de funciones. Sin embargo, no se dispone de datos desagregados y no es posible conocer estos tráficos ferro-portuarios.

En el siguiente mapa (ver mapa 6-36) se presentan las importaciones y exportaciones de la Comunidad Autónoma de Aragón en el año 2011. No disponemos de datos sobre la estructura modal de éstos tráficos desagregados para Aragón pero sí sabemos algunos destinos ferro-portuarios aragoneses. Así, por el puerto de Barcelona se exporta la alfalfa del Valle del Ebro a los Emiratos Árabes Unidos, por el puerto de Valencia se exportan electrodomésticos de BSH y por el Puerto de Pasajes automóviles producidos por Opel.

Mapa 6-36. Principales flujos importadores y exportadores de la Comunidad Autónoma de Aragón. Año 2011



Indicaremos, que los flujos corresponden al modo ferroviario, por carretera, marítimo y aéreo. También, que para la selección del volumen de los flujos visualizados en el mapa se ha utilizado como criterio un umbral de un tren semanal con 1000 tN y, cuarenta y cinco semanas al año. Con este criterio se han seleccionado, según las toneladas exportadas e importadas, los países que se muestran en el mapa y en las

dos tablas siguientes. En la primera tabla (tabla 6-63) presentamos los datos en toneladas que hemos utilizado para realizar el mapa anterior.

Hemos utilizado un color diferente para las distintas zonas geográficas. También se han resaltado en color crema las partidas que no cumplen el criterio utilizado, que implicaría 45.000 t/año. No obstante, cada país, bien en importaciones o en exportaciones, si cumplen el criterio; en otros se cumple tanto en importaciones como en exportaciones.

Tabla 6-63. Principales flujos importadores y exportadores de la Comunidad Autónoma de Aragón por zonas geográficas. Año 2011

PAÍS	EXPORTACIONES	IMPORTACIONES	TOTAL
FRANCIA	744.897	927.250	1.672.147
ALEMANIA	306.675	381.473	688.148
PORTUGAL	337.716	276.367	614.083
ITALIA	228.424	197.552	425.976
REINO UNIDO	291.091	59.514	350.604
E. A.U.	329.937	264	330.201
TURQUIA	57.086	117.976	175.062
POLONIA	30.281	111.470	141.751
CHINA	30.830	100.647	131.477
BELGICA	47.012	80.248	127.260
ARABIA SAUDI	104.134	7.663	111.797
PAISES BAJOS	51.124	45.431	96.554
LUXEMBURGO	2.233	86.337	88.570
ARGELIA	81.092	760	81.852
MARRUECOS	56.433	21.688	78.121
AUSTRIA	19.781	47.326	67.107
SUECIA	15.993	47.723	63.716
BRASIL	55.230	7.340	62.570
FINLANDIA	3.235	49.248	52.483
TOTAL	**2.793.203**	**2.566.277**	**5.359.480**
SALDO BALANZA COMERCIAL	**226.926**		

EUROPA		EUROPA-ASIA
ÁFRICA	MAGREB	ASIA CERCANO ORIENTE
AMÉRICA SUR		ASIA EXTREMO ORIENTE

Fuente: Base de datos de Comercio Exterior [en línea], Consejo de Cámaras de Comercio y Agencia Tributaria [consulta marzo 2013], http://aduanas.camaras.org/
Elaboración propia

Nuestros principales socios comerciales se encuentran en Europa. Exportamos e importamos el 75% y 76%, respectivamente. Le sigue el bloque asiático con el 18% y el 4%, El Magreb con el 5 % y el 0,75%, y, por último, Brasil del que importamos un 2% y exportamos el 0,24%. Los 19 países seleccionados cubren el comercio exterior de Aragón en un 99,81% para las exportaciones y en un 81,25% para las importaciones.

En cuanto a la estructura del comercio exterior, en la tabla (ver tabla 6-64) siguiente mostramos las exportaciones e importaciones por productos, agrupados por capítulos de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas, según los países de destino y origen.

Tabla 6-64. Exportaciones e Importaciones por capítulos (CNAE 2011). Provincia de Zaragoza. Año 2011

CAPITULO	EXPORTACIONES	FRANCIA	PORTUGAL	EAU	ALEMANIA	REINO UNIDO	ITALIA	ARABIA SAUDI	ARGELIA	TURQUÍA	MARRUECOS	BRASIL	PAÍSES BAJOS	BELGICA
[02]	CARNE Y DESPOJOS COMESTIBLES													2.442
[04]	LECHE,PRODUCTOS LACTEOS; HUEVOS, MIEL; PRODUCTOS COMESTIBLES DE ORIGEN ANIMAL					8.332								
[08]	FRUTAS,FRUTOS COMESTIBLES; CORTEZAS CÍTRICOS, MELONES O SANDÍAS					14.307								
[10]	CEREALES									5.957				
[11]	PRODUCTOS DE LA MOLINERÍA, MALTA; ALMIDÓN Y FÉCULA; INULINA; GLUTEN DE TRIGO		16.037		8.904		20.502						1.802	2.793
[12]	SEMILLAS Y FRUTOS OLEAGINOSOS, DIVERSOS; PLANTAS INDUSTRIALES; PAJA Y FORRAJE	47.401		323.477				25.863						
[22]	BEBIDAS, LIQUIDOS ALCOHÓLICOS Y VINAGRE				8.666	14.202							2.700	
[25]	SAL; AZUFRE; TIERRAS Y PIEDRAS; YESOS, CALES Y CEMENTOS	63.837							2.231					
[28]	PRODUCTOS QUÍMICOS INORGÁNICOS								17.658	6.526	4.165	49.518		2.661
[39]	PLÁSTICO Y SUS MANUFACTURAS						6.323			3.383	1.562			
[44]	MADERA, CARBÓN VEGETAL Y MANUFACTURAS DE MADERA										2.499			
[48]	PAPEL Y CARTÓN; PASTA DE CELULOSA, DE PAPEL O CARTÓN	231.143	177.446		12.966	100.586	54.285	66.243	4.356					2.587
[70]	VIDRIO Y SUS MANUFACTURAS		8.976				15.326							
[72]	FUNDICIÓN, HIERRO Y ACERO	41.587	32.119	2.239		22.931		1.366	53.117		33.724		11.872	
[73]	MANUFACTURAS DE FUNDICIÓN, DE HIERRO O ACERO	36.514					8.755			3.088				2.373
[74]	COBRE Y SUS MANUFACTURAS												2.342	
[84]	REACTORES, CALDERAS, MÁQUINAS, APARATOS MECÁNICOS				23.872						3.548	1.607	2.867	
[85]	MÁQUINAS, APARATOS Y MATERIAL ELÉCTRICO, DE GRABACIÓN O REPRODUCCIÓN DE SONIDO,DE IMAGEN Y SONIDO EN TELEVISIÓN			1.313	23.559			7.416	1.591	4.325	1.973			
[87]	VEHÍCULOS AUTOMÓVILES, TRACTORES, VELOCÍPEDOS Y DEMÁS VEHÍCULOS TERRESTRES, SUS PARTES Y ACCESORIOS	64.707	12.047		145.314	88.052	62.852			22.277		1.032	17.459	17.797
[99]	RESERVADA PARA CIERTOS USOS ESPECÍFICOS DETERMINADOS POR LAS AUTORIDADES COMUNITARIAS COMPETENTES		11.288											
	5 PRODUCTOS PRINCIPALES	**485.190**	**257.912**	**327.028**	**223.281**	**248.409**	**168.044**	**100.888**	**78.953**	**45.555**	**47.470**	**52.157**	**39.041**	**30.654**
	T O T A L PAÍS	**744.897**	**337.716**	**329.937**	**306.675**	**291.091**	**228.424**	**104.134**	**81.092**	**57.086**	**56.433**	**55.230**	**51.124**	**47.012**

CAPITULO	IMPORTACIONES	FRANCIA	ALEMANIA	PORTUGAL	ITALIA	TURQUÍA	POLONIA	CHINA	LUXEMBURGO	BÉLGICA	REINO UNIDO	FINLANDIA	SUECIA	AUSTRIA	PAÍSES BAJOS
[03]	PESCADOS, CRUSTÁCEOS, MOLUSCOS, INVERTEBRADOS ACUÁTICOS												3.107		
[10]	CEREALES	303.526													
[17]	AZÚCARES Y ARTÍCULOS DE CONFITERÍA									3.220					
[18]	CACAO Y SUS PREPARACIONES														2.725
[21]	PREPARACIONES ALIMENTICIAS DIVERSAS						3.096								
[25]	SAL; AZUFRE; TIERRAS Y PIEDRAS; YESOS, CALES Y CEMENTOS					86.400									
[28]	PRODUCTOS QUÍMICOS INORGÁNICOS									2.960					
[38]	PRODUCTOS DIVERSOS DE LAS INDUSTRIAS QUÍMICAS											1.107		1.216	3.145
[39]	PLÁSTICO Y SUS MANUFACTURAS	17.248	34.713		16.471					11.842					11.992
[40]	CAUCHO Y SUS MANUFACTURAS					1.434					3.455				
[44]	MADERA, CARBÓN VEGETAL Y MANUFACTURAS DE MADERA			29.417								1.144			
[47]	PASTA DE MADERA O DE MATERIAS FIBROSAS CELULÓSICAS; PAPEL O CARTÓN PARA RECICLAR	371.389		154.449	20.276						6.191		29.695		
[48]	PAPEL Y CARTÓN; PASTA DE CELULOSA, DE PAPEL O CARTÓN						25.042				6.480		2.107		
[61]	PRENDAS Y COMPLEMENTOS, DE VESTIR, DE PUNTO					3.438		7.122							
[62]	[62] PRENDAS Y COMPLEMENTOS, DE VESTIR, EXCEPTO PUNTO					4.366									
[70]	VIDRIO Y SUS MANUFACTURAS	23.648		14.103						3.274					
[72]	FUNDICIÓN, HIERRO Y ACERO	19.456	71.893		15.378			7.652	81.523	34.248		44.109	4.739	5.425	
[73]	MANUFACTURAS DE FUNDICIÓN, DE HIERRO O ACERO							8.477							
[76]	ALUMINIO Y SUS MANUFACTURAS			7.229											
[84]	REACTORES, CALDERAS, MÁQUINAS, APARATOS MECÁNICOS		23.853		17.863	14.504	38.045	14.198			6.329		3.359	23.848	2.673
[85]	MÁQUINAS, APARATOS Y MATERIAL ELÉCTRICO, DE GRABACIÓN O REPRODUCCIÓN DE SONIDO,DE IMAGEN Y SONIDO EN TELEVISIÓN		15.635					9.071	3.304						
[87]	VEHÍCULOS AUTOMÓVILES, TRACTORES, VELOCÍPEDOS Y DEMÁS VEHÍCULOS TERRESTRES, SUS PARTES Y ACCESORIOS	9.014	149.533	21.148	21.297		30.538				16.011			9.894	4.556
[94]	MUEBLES; MOBILIARIO MEDICOQUIRÚRGICO; ARTÍCULOS DE CAMA; APARATOS DE ALUMBRADO; ANUNCIOS LUMINOSOS						6.652							1.980	
	5 PRODUCTOS PRINCIPALES	735.266	295.628	226.345	91.285	110.141	103.372	46.519	84.827	55.544	38.461	46.359	43.006	42.363	25.092
	T O T A L PAÍS	**744.280**	**381.473**	**276.367**	**197.552**	**117.976**	**111.470**	**100.647**	**86.337**	**80.248**	**59.514**	**49.248**	**47.723**	**47.326**	**45.431**

Fuente: Base de datos de Comercio Exterior [en línea], Consejo de Cámaras de Comercio y Agencia Tributaria [consulta marzo 2013], http://aduanas.camaras.org/
Elaboración propia

Las principales exportaciones por productos y países en el año 2011 fueron:

- FRANCIA: (cap.48) papel y cartón; pasta de celulosa, de papel o cartón, 31% del total con este país y el 8% del total de exportaciones de la Comunidad.
- PORTUGAL: (cap.48) papel y cartón; pasta de celulosa, de papel o cartón, 52% del total con este país y el 6,4% del total de exportaciones de la Comunidad.
- EAU: (cap.12) semillas y frutos oleaginosos, diversos; plantas industriales; paja y forraje, 98% del total con este país y el 12% del total de exportaciones de la Comunidad.
- ALEMANIA: (cap.87) vehículos automóviles, tractores, velocípedos y demás vehículos terrestres, sus partes y accesorios, 47% del total con este país y el 4% del total de exportaciones de la Comunidad.
- REINO UNIDO: (cap.48) papel y cartón; pasta de celulosa, de papel o cartón, 35% del total con este país y el 3,6% del total de exportaciones de la Comunidad.

Las principales importaciones por productos y países en el año 2011 fueron:

- FRANCIA: (cap.47) pasta de madera o de materias fibrosas celulósicas; papel o cartón para reciclar, 40% del total con este país y el 14% del total de exportaciones de la Comunidad. Señalaremos, que los cereales (cap.10) supusieron el 33% de las importaciones con Francia y el 12% del total de importaciones de la Comunidad.
- ALEMANIA: (cap.87) vehículos automóviles, tractores, velocípedos y demás vehículos terrestres, sus partes y accesorios, 39% del total con este país y el 5,8% del total de las importaciones de la Comunidad.

- PORTUGAL: (cap.47) pasta de madera o de materias fibrosas celulósicas; papel o cartón para reciclar, 56% del total con este país y el 6% del total de las importaciones de la Comunidad.
- ITALIA: (cap.87) vehículos automóviles, tractores, velocípedos y demás vehículos terrestres, sus partes y accesorios ,11%; (cap.47) pasta de madera o de materias fibrosas celulósicas; papel o cartón para reciclar, 10%.
- TURQUÍA: (cap.25) sal, azufre, tierras y piedras, yesos, cales y cementos, 74% del total con este país y el 3,4% del total de las importaciones de la Comunidad.
- LUXEMBURGO: (cap.73) fundición, hierro y acero, 94% del total con este país el 3,2% del total de las importaciones de la Comunidad.

Por otra parte, pero muy relacionada, tenemos la transferencia modal tan señalada en los libros blancos del transporte. Pone en relieve la preocupación de la Unión Europea por el incremento esperado del transporte en función del incremento del PIB -por su acoplamiento- y su interés en conseguir el desacoplamiento.

Esta intentando conseguir, entre otros objetivos, su desacoplamiento y transferir a otros modos, como el ferrocarril o la navegación fluvial, de aquí a 2030[664], el 30 % del transporte de mercancías por carretera, y para 2050, más del 50 %, en distancias superiores a 300 km. Las herramientas, entre otras, se apoyarían en corredores eficientes y ecológicos de tránsito de mercancías. Para cumplir este objetivo también será preciso desarrollar la infraestructura adecuada. Uno de los fines que se persigue es que los 28 países acuerdan un recorte del 40% en las emisiones de CO_2 para 2030 -respecto a los niveles de 1990-

En cuanto a la evolución del transporte y el PIB, en el año 2006, la entonces Comisión Europea (EU-25) pronosticaba un incremento del transporte de mercancías por ferrocarril para el año 2020 del 13% y un crecimiento del PIB del 52%. Otra investigación del año 2009, dentro del programa de investigación DG TREN[665] de la Comisión Europea y tomando como base el año 2005=100, señala un crecimiento para el año 2050 en Europa (EU-27) del PIB del orden de 2,5 veces más y el transporte de mercancías del orden de 2 veces más, en este caso parece que hay un fuerte acoplamiento.

También del incremento pretendido en el año 2010 por el plan del Ministerio de Fomento[666] de alcanzar en España el incremento hasta el 10% de cuota de mercado en el modo ferrocarril para el año 2020. Para finalizar el apartado hemos considerado otros parámetros relacionados con la producción de transporte y poder visualizar cuáles de ellos pueden ayudarnos a inferir el crecimiento de dicha producción.

Hemos seleccionado el consumo de energía primaria, el índice de producción industrial, la demanda interna y la renta nacional disponible por habitante. Pusimos en relación los mencionados parámetros con las toneladas netas transportadas, aunque lo adecuado es utilizar las toneladas netas por kilómetro (TNK), pero no se dispone de datos lo suficientemente depurados en tiempo y forma. Tampoco es ningún objetivo de la tesis, si bien, en posteriores trabajos de investigación, se abundará en dicha relación. En el gráfico se presentan los resultados (ver gráfico 6-29).

---

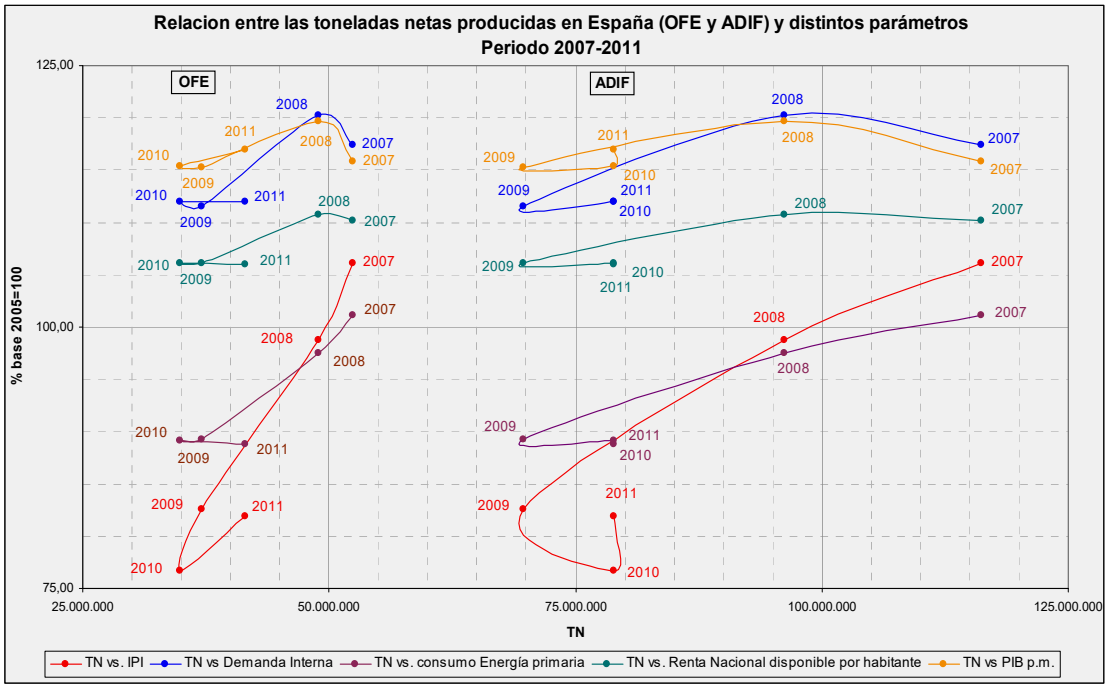
[664] Unión Europea (2011), Libro Blanco del Transporte.

Unión Europea (2011), Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050.

[665] *Report on Transport Scenarios with a 20 and 40 Year Horizon.*

[666] Ministerio de Fomento (2010), Plan Estratégico para el impulso del transporte ferroviario de mercancías en España.

Gráfico 6-29. Relación entre toneladas netas producidas por ferrocarril en el periodo 2007-2011 en España y otros parámetros económicos



Fuente: Estadísticas de producción, Dirección Servicios Logísticos Adif, años 2007 a 2011, intranet Adif.
Informe 2011 (2012), Observatorio del Ferrocarril en España (OFE).
Índice de Producción Industrial. Base 2005. CNAE09, Secciones Nacional (2007-2011), Instituto Nacional de Estadística [en línea].
Síntesis de la Contabilidad Nacional de España, Contabilidad Nacional Trimestral de España (CNTR). BASE 2010. Datos brutos (2007-2011).
Consumo interior bruto de energía primaria. Serie ajustada (2007-2011), Banco de España [en línea].
Elaboración propia.

Se utilizó un gráfico de dispersión en el que se tomó la variable dependiente en el eje de abcisas, en lugar del eje de ordenadas, solo por los resultados más visuales de las curvas, si bien, no es excesivamente ortodoxo.

También se trataron los datos de las variables económicas, se igualaron los distintos años base y se normalizaron los resultados de forma que fuesen homogéneos. También hemos separado los datos obtenidos del Observatorio del ferrocarril en España y los de Adif por las diferentes maneras de contabilizar los parámetros de producción relacionándolos con los parámetros económicos de forma independiente.

En cuanto al ajuste de los datos, indicaremos, que no se ha pretendido forzar su interpretación, únicamente, conocer qué parámetros pueden ser útiles para inferir las fluctuaciones de la producción de transporte en los años venideros según lo haga la economía y buscar soluciones para las transferencias modales y el desacople entre transporte y crecimiento económico. Con ese propósito se han calculado los siguientes coeficientes de determinación (ver tabla 6-65):

Tabla 6-65. Coeficiente de determinación de la relación entre toneladas netas producidas por ferrocarril en España y otros parámetros económicos. 2007-2011

COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN DEL AJUSTE DE DATOS DE LA RELACIÓN ENTRE LAS TONELADAS NETAS TRANSPORTADAS POR FERROCARRIL EN ESPAÑA EN EL PERIODO 2007-2011 Y OTROS PARÁMETROS ECONÓMICOS Y PRODUCTIVOS						
PARÁMETROS	LINEAL		POLINOMIAL GRADO 2		POLINOMIAL GRADO 3	
	OFE	ADIF	OFE	ADIF	OFE	ADIF
Producto Interior Bruto a precios de mercado (PIB p.m.)	0,27	0,07	0,58	0,69	0,99	0,90
Demanda Interna	0,75	0,61	0,75	1	0,97	1
Renta Nacional Disponible por habitante	0,84	0,75	0,86	1	0,97	1
Consumo de Energía Primaria	0,84	0,92	0,98	1	0,99	1
Índice de Producción Industrial (IPI)	0,94	0,85	0,97	0,86	0,97	0,98

Fuente: ver gráfico 6-29
Elaboración propia

Matizaremos, que se muestran en la tabla los valores de los coeficientes obtenidos con una función polinomial de grado 3, pero solo para observar como la variable dependiente se explica en mayor medida. Sin embargo, no sería correcto porque se estaría ajustando el error del modelo[667]. En dichos coeficientes podemos apreciar, como podría esperarse, que el valor del PIB no tiene una correlación fuerte con la variable de producción de transporte tN, cuyo coeficiente llegue al 0,7 -ni lineal ni polinomial de grado 2-.

Dado que la estructura del PIB comprende todos los sectores productivos y la variable se mide en millones de euros parece más probable que hubiese que tomar el VAB del transporte por ferrocarril, en este caso. Además, hay bienes que pueden tener mucho valor y tener un peso relativamente pequeño como puede ser el transporte de automóviles.

También puntualizaremos que al tratarse del transporte por ferrocarril, con una cuota modal modesta, es natural que la correlación tenga menos intensidad que la del conjunto del transporte que incluye todos los modos tanto para las mercancías como para los viajeros. Más adelante volveremos sobre esta variable.

El resto de variables presentan una correlación positiva más fuerte por encima del 0,7. Todas ellas están relacionadas de forma más directa con el transporte. Si aumenta la Renta Nacional Disponible aumenta la Demanda Interna, de la que una parte derivará hacia la adquisición de bienes de consumo (otra al consumo de servicios). Si se incrementa la demanda de bienes es necesario incrementar la producción que queda reflejado en el Índice de Producción Industrial y se incrementa la producción de transporte. Como consecuencia, sube el consumo de energía primaria[668].

El transporte es el sector que más energía consume. Sin embargo, el reparto modal del consumo de energía final evidencia que el ferrocarril es el modo que menos consume. De los 35.889 Ktep consumidos en el año 2011 el ferrocarril consumió 524 Ktep de gasóleo y 208 Ktep de energía eléctrica, un total de 732 Ktep. Por su parte, la carretera consumió 28.383 Ktep, el aéreo 5.753 Ktep, el marítimo 828 Ktep y en el epígrafe “otros usos no especificados” 194 Ktep. Volviendo al PIB como predictor

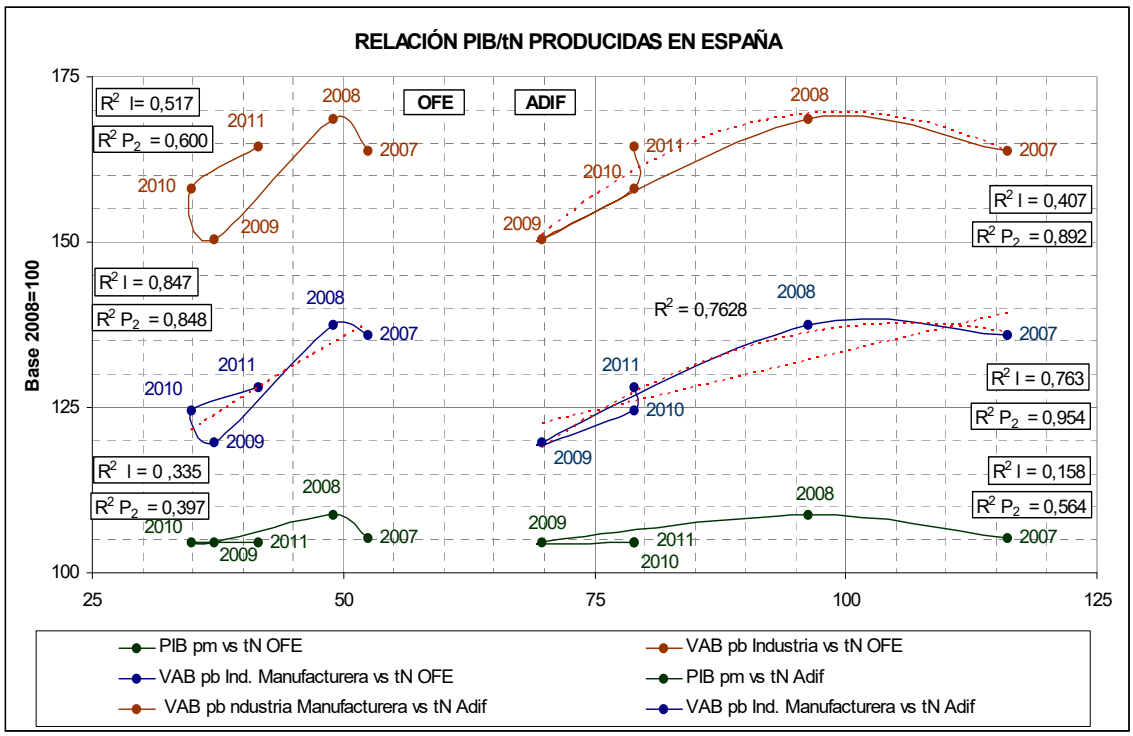
667 Si se utiliza un grado p muy alto se puede conseguir un ajuste muy bueno e incluso un ajuste exacto si p = n-1. Pero esta formulación no es correcta ya que se estaría ajustando el error del modelo. Por ello se recomienda utilizar un valor de p bajo (p < 3) y, en la mayoría de las situaciones, es suficiente utilizar p = 2. Es necesario hacer un análisis de los residuos para determinar si el ajuste es adecuado y se satisfacen las hipótesis básicas.

668 En el año 2011 el consumo final de energía, una vez procesada la energía primaria, fue de 86.450 Ktep –tonedas equivalentes de petróleo-. La industria consumió 21.289 Ktep (24,6%), el transporte 35.889 Ktep (41,5%) y en usos diversos, agricultura, pesca, comercio, residencial, etc. 29.272 Ktep (33,9%). Fuente: IDAE, Balances de energía final 1990-2013, Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

hemos comprobado como de la desagregación del PIB por sectores productivos encontramos parámetros que sí nos aportan información.

Seleccionamos además del PIB pm, el VAB pb de la industria y el VAB pb de la industria manufacturera. El Gráfico siguiente es similar en la estructura del gráfico anterior (ver gráfico 6-30).

Gráfico 6-30. Relación entre toneladas netas producidas por ferrocarril y el PIB desagregado por sectores productivos en España. Periodo 2007-2011



VARIABLE	AÑO				
	2011	2010	2009	2008	2007
PIB pm (M€)	1.046.327	1.045.620	1.046.894	1.087.788	1.053.161
VAB pb Industria (M€)	164.519	158.144	150.348	168.601	163.888
VAB pb Ind. Manufacturera (M€)	128.052	124.483	119.820	137.449	135.993
tN Producidas Adif (tN)	78.936.118	78.913.689	69.726.582	96.207.365	116.139.782

Fuente: Estadísticas de producción, Dirección Servicios Logísticos Adif, años 2007 a 2011, intranet Adif. Informe 2011 (2012), Observatorio del Ferrocarril en España (OFE). Síntesis de la Contabilidad Nacional de España, Contabilidad Nacional Trimestral de España (CNTR). BASE 2010. Datos brutos (2007-2011). Elaboración propia.

Para los ajustes se ha utilizado el mismo criterio que en el anterior, un ajuste lineal y un ajuste polinómico de grado 2 (ver tabla 6-65). Hemos incluido el PIB agregado para que la comparación al desagregarlo sea más clara. Podemos apreciar como ya aparece una correlación lineal y no lineal positiva para el VAB de la industria manufacturera. Es el resultado esperable puesto que es el sector de la industria manufacturera el que demanda la mayor parte de la producción de transporte con el esquema simplificado producción-transporte-consumo.

El VAB del conjunto de la industria no refleja esa fuerza en las correlaciones por comprender capítulos como la producción de energía que no demandan los servicios del transporte. Así pues, parece más razonable utilizar el VAB de la industria manufacturera como predictor del incremento del transporte para los años venideros.

Tabla 6-66. Coeficiente de determinación de la relación entre toneladas netas producidas por ferrocarril en España y otros parámetros económicos. 2007-2011

VARIABLE	Toneladas Netas Producidas OFE		Toneladas Netas Producidas Adif	
	COEF. DETERMINACIÓN R^2		COEF. DETERMINACIÓN R^2	
	Lineal	Polinomial G2	Lineal	Polinomial G2
PIB pm (M€)	0,34	0,40	0,16	0,56
VAB pb Industria (M€)	0,52	0,60	0,41	0,89
VAB pb Ind. Manufacturera (M€)	0,85	0,85	0,76	0,95

Para finalizar, añadiremos que un incremento del transporte por ferrocarril del 10% para el año 2020 que pretende el Ministerio de Fomento o la evolución de este modo según la Comisión Europea en el año 2006 que alcanzaría el 13%, o según el estudio dentro del programa DG TREN para el conjunto del transporte en el año 2050 que se duplicaría, pondría en serias dificultades de capacidad en España para las terminales ferroviarias de mercancías y puertos secos; también para puntos de las líneas de ferrocarril convencional que están saturadas, especialmente, en tramos de vía única.

Si, además, la Unión Europea tiene como objetivo la interoperabilidad y la transferencia modal del 30% en 2030 y del 50% en 2050 del transporte por carretera al ferrocarril, surge un problema que no parece ser menor. Sería muy interesante continuar con esta línea de investigación en el área metropolitana de Zaragoza para valorar la dimensión y los impactos de estas medidas.

7. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN: PROPUESTA DE MEJORAS DEL SUBSISTEMA DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR FERROCARRIL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE ZARAGOZA. APORTACIONES A LA INVESTIGACIÓN

Para que el sistema de transporte de mercancías por ferrocarril sea un factor estratégico para el desarrollo sostenible del territorio, la condición necesaria es que el subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril sea uno de los pilares del crecimiento económico del territorio y de las empresas implantadas sobre él. También del bienestar de la sociedad que lo habita, pero sin hipotecar, desde el punto de vista ambiental y del consumo de recursos, a las generaciones venideras en un planeta globalizado, muy competitivo y con recursos limitados.

Actualmente, inmersos en la realidad de la Unión Europea y del Mercado Único, el sistema de transporte de mercancías adquiere una nueva dimensión en el dinamismo de la actividad económica. Es sabido, que la demanda de transporte de mercancías superará al crecimiento de la economía en términos de Producto Interior Bruto cuando se recupere de la crisis económica.

Sin embargo, al mismo tiempo, la sociedad soporta cada vez menos la congestión y el deterioro del medio ambiente. Como consecuencia se requiere un sistema de transporte de mercancías por ferrocarril moderno, eficaz, eficiente y de calidad que sea, por una parte, sostenible desde el punto de vista económico, social y medioambiental y, por otra, competitivo desde el punto de vista empresarial y territorial.

En cuanto a la actividad del sector industrial y de distribución, los clientes demandantes de servicios de transporte, que hace escasos años eran cautivos de los propios medios, exigen hoy de esos mismos medios la evolución tecnológica necesaria para adaptarse a las necesidades de aprovisionamiento, producción y venta. De la misma forma, precisan de una cadena de suministro en la que todos los eslabones realicen sus funciones con claridad y calidad, es decir, que satisfagan sus requerimientos en un clima de colaboración de todos los actores que participan en la misma.

Uno de los ejes para conseguir los mencionados objetivos es potenciar las capacidades intermodales de cada modo de transporte en función de sus ventajas, especialmente del ferrocarril, utilizando un enfoque comodal. Cuando estén en marcha la red multimodal europea y sus conexiones extracomunitarias -con líneas dedicadas al transporte de mercancías o de tráfico mixto- la innovación tecnológica ferroviaria y la interoperabilidad serán factores fundamentales para el éxito. También los corredores verdes y la logística verde.

Otro de los ejes es la mejora del subsistema ferroviario. Pero el sistema de transporte de mercancías por ferrocarril es un sistema complejo. Forma parte de la estructura de otros sistemas más complejos, como el sistema de transporte, que está incluido en el sistema productivo y este en el sistema económico, elemento estructural del sistema territorial.

Así, el volumen de los flujos de mercancías está condicionado por una serie de factores como pueden ser el nivel y la estructura de las actividades de producción y comerciales en una economía, la distribución de las actividades económicas dentro de un territorio, la intensidad y estructura de las conexiones del comercio exterior, el dinamismo de la economía, las características de los conceptos de la logística de mercancías por parte de las industrias y el comercio, etc.

También por otros factores más propios del sistema de transporte que pueden incrementar los flujos de transporte, la cantidad y calidad de redes de transporte, la cantidad y calidad del parque de vehículos de mercancías, la frecuencia y diversidad de servicios de transporte y el nivel y estructura de los pecios de transporte.

Asimismo, por la estrategia logística que proyecten las industrias y las redes de distribución, cuyo resultado podrá ser un incremento se los tráficos, que en nuestro caso sería por ferrocarril bien como modo único o bien en sus formas intermodales con el modo carretera y/o marítimo.

Sin embargo, la cantidad y calidad de las redes de transporte, del parque de vehículos y de los servicios ofertados, junto con el nivel y la estructura de los pecios de transporte, fijarán el volumen de demanda y, por lo tanto, el de los flujos de transporte.

Para satisfacer las necesidades de producción y consumo de transporte de mercancías del sistema productivo, el propio sistema territorial –sus elementos estructurales- asigna unos recursos, en este caso un capital en infraestructuras ferroviarias, en servicios de transporte por ferrocarril y en servicios logísticos asociados al mismo.

No obstante lo anterior, también es necesario conocer su estado, con cuantos recursos cuenta el sistema, cómo se asignan y sus posibles ineficacias, inefectividades e ineficiencias. Se trata de identificar las deficiencias y/o las posibles mejoras e implementarlas.

Pero en un sistema no es suficiente con mejorar alguno de sus subsistemas y elementos, es necesario la mejora de todos ellos para que se generen las sinergias que incrementen sustancialmente su eficiencia, lo otro serían soluciones parciales, si bien es cierto, que no es posible acometerlas todas simultáneamente.

Así pues, se hace necesario, a medida que se implementan dichas mejoras, realizar análisis iterativos programados del sistema para volver a identificar los elementos más débiles y aplicar las nuevas mejoras a estos elementos, repitiendo el proceso sucesivamente. Es decir, se trata de añadir valor a la cadena de suministro en lo referente a la cadena de transporte.

Hemos planteado en este trabajo el estudio del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril identificando algunas mejoras susceptibles de implementarse. Los resultados se presentan a continuación.

En primer lugar, es necesario saber con exactitud los recursos con los que cuenta el sistema y cómo se asignan. Para lo cual habrá que conocer en profundidad algunas cuestiones del sistema de transportes de mercancías, como pueden ser:

1. Determinar las necesidades y el alcance de los servicios de transporte, en este caso, de las mercancías transportadas por ferrocarril.

- Es imprescindible conocer las necesidades de transporte y logísticas de las empresas que reciben o envían sus mercancías.
- Asimismo, la estructura de la demanda y la oferta de transporte presente –horizonte t_0- y futura - t_1-, de las materias primas, productos semielaborados y productos acabados.
- Igualmente es fundamental conocer los puntos de origen y destino de las mercancías a transportar y las operaciones intermedias si las tienen.
- También es necesario conocer las características de esas mercancías.

2. Conocer los recursos existentes y su asignación.

- Existencia de distintas redes y conexiones entre ellas. Por ejemplo, de la alta velocidad y la de FEVE.

- También de los otros modos de transporte para la intermodalidad.
- Infraestructura y superestructura en cada una de las redes.
- Servicios ofertados en cada una de las redes.
- Operaciones necesarias para el funcionamiento de cada red, tanto en la línea como en las terminales.
- Grado de integración de las distintas redes en el sistema logístico.

Una vez conocidas las necesidades del sistema territorial y los recursos que asigna para su consecución, se podrá verificar la eficacia, efectividad, eficiencia y calidad del sistema de transporte, parámetros que estarán en función de esas necesidades, de las infraestructuras existentes y de los servicios ofertados. También se verá afectada de forma directa y/o indirecta por el entorno operacional.

En general, para el caso de poca eficacia, escasa efectividad, baja eficiencia o mala calidad se adoptarán las medidas identificadas con carácter inmediato para mejorar sus prestaciones y rendimiento, como son:

- La revisión y readecuación de los objetivos del sistema de transportes de mercancías por ferrocarril a las necesidades de movimiento de la sociedad y los clientes, dado que en actualidad los cambios en los elementos y relaciones de los distintos sistemas modales a escala mundial se producen de manera muy rápida.
- Incremento de la efectividad, eficiencia y calidad del sistema de transportes de mercancías por ferrocarril:
    - Mejora de la infraestructura y superestructura de las redes.
    - Mejora del material –locomotoras y vagones- que circula por la red.
    - Mejora de la gestión de la red.
    - Mejora de la operativa de la red.
    - Mejora de la interconexión entre las distintas redes en los interfaces de intercambio en los nodos intermodales y, principalmente, en las *Gateway*.
    - Nuevas infraestructuras en cada red y Nuevos servicios en cada red y entre redes del sistema de transporte.
    - Mejora de la integración de todas las redes de transporte en el sistema logístico y de todos los actores que intervienen.

En una primera fase se muestran con una resolución a microescala. Las mejoras identificadas para el subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril se han recopilado siguiendo la misma estructura utilizada tanto en el análisis del subsistema como en la síntesis. También se muestran los mayores condicionantes que, en nuestra opinión, podemos encontrar y una valoración de los efectos esperados.

En la parte final se muestran una serie de mejoras tomadas para el conjunto del subsistema. Son comunes a los tres agentes implicados, el administrador de infraestructuras y los operadores de transporte y logísticos. Podemos considerar que se trata de la transición que da paso a la segunda fase con una resolución a mesoescala.

La segunda fase muestra de forma articulada, a través de un diagrama de flujos, el conjunto de relaciones que se establecen mediante la aplicación de las mejoras a los subsistemas integrantes de la estructura de los subsistemas de los tres actores implicados que se visualizan de forma conjunta.

Los efectos esperados incidirán de forma positiva o negativa en los otros subsistemas y darán lugar a las salidas del subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril que hemos agrupado en tres subsistemas los impactos de la atracción de tráficos, los impactos espaciales y los impactos medioambientales. Estos subsistemas son la transición a una resolución a macroescala y corresponden a las entradas de retroalimentación al propio sistema territorial.

La tercera fase muestra, con otro diagrama de flujos, los efectos de las mejoras en la eficiencia y calidad del subsistema ferroviario que producirán un incremento en la demanda y en la oferta de producción de transporte –flujos-. También los efectos del incremento de los flujos de transporte sobre el medioambiente y sobre otros elementos del subsistema costes externos, que disminuirán con las mejoras implementadas. Por último, los efectos espaciales que causará el incremento de los flujos –de la producción de transporte- en el subsistema territorial.

7.1. MICROESCALA

Siguiendo las mejoras identificadas y propuestas, en el que se reflejan también los condicionantes más relevantes para su implementación, haremos referencia a algunos aspectos de los efectos esperados, es decir, a los impactos que pueden tener sobre los elementos de la estructura del sistema.

Puntualizaremos que con esta escala se ha tratado los aspectos más técnicos y más concretos del sistema ferroviario, por su alta resolución. También, que aún podíamos haber llegado a niveles más altos, pero como ya se ha dicho, se realizará en un próximo trabajo de investigación.

7.1.1. Administrador (N-7)/1

Infraestructuras e instalaciones (n-8)/4

LÍNEA (N-9)1

ESTRUCTURA DE VÍA (N-10)/TRAZADO (N-12)/1

PERFIL EN PLANTA (N-13)/1

- VELOCIDAD: el incremento de la velocidad de los trenes tiene como resultado una reducción de los tiempos de transporte. Sin embargo, la eficacia de esta medida puede no ser la más adecuada por su incidencia en el resultado. Habría que recabar más datos a los clientes sobre su importancia tanto para el abastecimiento a sus procesos de producción como para la entrega del producto acabado. El cálculo realizado para el itinerario Madrid Abroñigal- Zaragoza CIM para un tren tipo a 120 km/h comparado con un tren tipo 100 a 100 km/h no da como resultado ahorros importantes de tiempo; ronda los 40 minutos.

También por el aumento del consumo energético a pesar del freno regenerativo y de los costes de mantenimiento de la infraestructura y del material rodante, así como, de la disminución de la vida útil de los materiales por el mayor esfuerzo y distancia de frenado. Además, habría que revisar los peraltes y los radios de las curvas para apreciar el comportamiento del incremento de las fuerzas longitudinales y transversales.

- CARGA MÁXIMA: es un factor importante para que el trasporte por ferrocarril resulte competitivo. Las economías de escala serían mayores y como consecuencia disminuirían los costes de transporte. Los principales problemas para aumentar la carga/eje a 25 t los encontramos en la capacidad portante de la vía y en las rampas características.

En el primer caso, requeriría el análisis del trazado y fuertes inversiones para la adecuación de la infraestructura. En el segundo, es de difícil solución ante la

imposibilidad de modificar los trazados heredados del pasado en ciertos puntos sujetos a la orografía.

Entre estos, tenemos la línea de Zaragoza a Sagunto con el 24‰, la de Tardienta a Canfranc con la misma rampa y la Ronda Sur en sentido Madrid con el 18‰. La modificación requeriría trazados alternativos con fuertes inversiones.

PERFIL LONGITUDINAL (N-13)/2

- CARGA MÁXIMA LOCOMOTORA: es un factor importante como se ha dicho en el perfil en planta. Requeriría tramos con menores rampas características y tramos en curva de poca longitud en esas rampas. Podría conseguirse con locomotoras más potentes y con mayor peso/eje para incrementar su adherencia.

Los condicionantes los encontramos en las rampas y en los tramos en curva en ellas, agravados por su combinación y más aún en las paradas en estos tramos. Así mismo en la humedad del carril, especialmente en túneles, márgenes de ríos y vaguadas y por el tiempo atmosférico. La suciedad del carril también influye, especialmente si están engrasados.

Podría superarse el obstáculo utilizando la tracción múltiple, pero en el caso de la red española convencional, salvo alguna excepción, solo se permite la circulación de dos locomotoras en cabeza traccionando.

- ESFUERZO TRACCIÓN: es un factor de cierta relevancia para el inicio del movimiento, especialmente en las situaciones anteriores. Se requiere mayor esfuerzo tractor en arranque lo que, a su vez está condicionado por las características técnicas de la locomotora como pueden ser, la potencia, la adherencia, el peso/eje, el diámetro y la conicidad de la rueda, etc. También por la capacidad de esfuerzo de los ganchos de tracción de los vagones que son de 850 kN, aunque se están instalando de 1350 kN.

OBRAS DE FÁBRICA (N-12)/2

- CONSTRUCCIÓN Y MODIFICACIÓN: En la Ronda Sur se encuentra el viaducto de Río Huerva, cuyo trazado es en vía única. Ello genera un cuello de botella importante considerándose un cantón crítico en determinadas horas del día.

Se trata de un grave problema de planificación que será necesario subsanar con la construcción de otro viaducto anexo que albergue una segunda vía, la cuestión es el volumen de la inversión.

- AMPLIACIÓN GÁLIBO CINEMÁTICO: es uno de los factores más importantes para la competividad del transporte y el ahorro en costes. Se incrementa la carga máxima de las unidades de transporte al aumentar las dimensiones en anchura y altura de contenedores, cajas móviles y vagones para el transporte de semirremolques.

En Zaragoza Plaza y TMZ es considerable el tráfico de contenedores. El problema lo encontramos en los túneles, en vía doble, y en las trincheras. Es de gran dificultad por el perfil del trazado heredado. Requeriría de muy fuertes inversiones y espacio físico; en algunos casos no sería posible.

En el caso de líneas sin electrificar el ahorro en costes sería muy significativo si se pudiese incrementar el gálibo. De esta forma sería posible el transporte de contenedores en doble apilamiento en altura (*double-stack*).

SUPERESTRUCTURA (N-11)/2

VÍA (N-12)/3

CARRIL (N-13)/8, TRAVIESAS (N-13)/9, BALASTO (-13)/10

- VELOCIDAD: en el incremento de la velocidad visto anteriormente también influye el carril, las traviesas y el balasto, y los parámetros geométricos del diseño de vía. La inercia del carril (peso/m), que ha de ser UIC de 60 t/m, de las traviesas, que han de

ser polivalentes, la superficie, el peso y el tipo de sujeción que ha de ser flexible y en el balasto, el tipo, el espesor de la capa y tipo de suelo para la plataforma sobre la que se instala la baqueta.

En Aragón encontramos distintos tipos de carril y de traviesas. En la línea de Canfranc todavía persiste algún pequeño tramo con carril de 45 t/m y traviesas de madera.

INSTALACIONES (N-12)/4

SEÑALES, COMUNICACIONES, SEGURIDAD (N-13)/11 A 14

- ETRMS (Sistema Europeo de Gestión de Tráfico Ferroviario): la implementación de este sistema en la red de ancho ibérico puede significar ahorros muy importantes en tiempos de transporte y de producción al incrementarse la capacidad de las líneas y con ello las frecuencias. Asimismo, la eliminación de parte de los cuellos de botella que están también en función de la disposición de espacio y el aumento de la seguridad.

El mayor problema es el ancho ibérico de la red que condiciona la interoperabilidad del sistema. La existencia de vagones con la posibilidad de disponer de diferentes anchos de ejes no parece que sea competitivo por el aumento de las taras de los vagones.

El tercer carril, ya en funcionamiento en la red AVE entre el puerto de Barcelona y la frontera francesa para el transporte de mercancías, no sería eficaz en la línea convencional para la circulación de trenes pesados. Para trenes ligeros con mercancías de alto valor añadido solucionaría el problema en parte, pero seguirían existiendo problemas de congestión en los pasos fronterizos de Portbou e Irún.

ELECTRIFICACIÓN (N-13)/15

- ELECTRIFICAR TODAS LAS LÍNEAS: el efecto sería la potenciación del ferrocarril como medio sostenible respetuoso con el medio ambiente. Sin embargo la debilidad de los tráficos en las líneas no electrificadas como la de Zaragoza a Sagunto y de Tardienta a Canfranc hace que la inversión no sea realista.

►TERMINALES (N-9)/2

ESTRUCTURA DE VÍA (N-10)

INFRAESTRUCTURA (N-11)/1

TRAZADO (N-12)/1

PERFIL LONGITUDINAL (N-13)/2

- PENDIENTES > 3‰: el efecto esperado es el ahorro en el tiempo de operaciones y el aumento de la seguridad ante posibles escapes de material. El principal problema encontrado es la obligatoriedad de realizar todas las maniobras con freno automático en los cortes de material, esto incrementa considerablemente los tiempos de ejecución. También es necesario asegurar el material estacionado en las vías con el freno de estacionamiento y con calces, en este caso los ahorros de tiempo son escasos.

En la terminal de Zaragoza Plaza se tuvo que señalizar para cada vía el punto donde comienza la rampa de más de tres milímetros en cada vía. Su perfil longitudinal es muy irregular con tanto en longitud como en anchura en toda su planta.

SUPERESTRUCTURA (N-11)/2

VÍA (N-12)/3

CARRIL, TRAVIESAS y BALASTO (N-13)/8 a10

- LONGITUD VÍA: Las ventajas de vías más largas son de dos tipos. Para la línea y la circulación de los trenes en vía única para cruces y adelantamientos. Para las terminales y estaciones la posibilidad de formación y recepción de trenes más largos y

el incremento de la capacidad en las vías de apartado. La dificultad va a ser la disponibilidad de espacio en sentido longitudinal, lo que requerirá un estudio para comprobar dicha disponibilidad.

Para los cruces y adelantamientos una opción a tener en cuenta es la reducción de la distancia de los cantones y secciones. Puede resolverse con la implantación de instalaciones técnicas con dos o tres vías largas que, a modo de estaciones intermedias, reduzcan en determinados tramos la longitud de los cantones y secciones excesivamente largas.

Con el futuro incremento de circulaciones será fundamental para la regularidad de los trenes y la disminución del tiempo de transporte.

INSTALACIONES (N-12)/4

SEGURIDAD N(-13)/14

- ENCLAVAMIENTOS: sería interesante revisar la normativa de seguridad y reprogramar el software de los enclavamientos electrónicos para evitar algunos deslizamientos. La incompatibilidad de movimientos hace incrementar considerablemente los tiempos de las maniobras y de los movimientos de trenes y locomotoras en las terminales.

El diseño y la zonificación de las terminales podría suponer la instalación de zonas de maniobras que no fuesen centralizadas, es decir, implantar las maniobras locales con botoneras para accionamiento a pie de vía por parte del personal de maniobras. Algo más sencillo podría ser el fraccionamiento de circuitos en todas las vías. También el contador los contadores de ejes u otros dispositivos detectores del movimiento en las vías, si bien, la inversión sería mayor.

Mantenimiento (n-8)/5

LÍNEA (N-9)1

- NUEVAS TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS PREDICTIVAS: inversiones en innovación y formación de los recursos humanos. Los costes de mantenimiento descenderán ante la existencia de menos reparaciones y el aumento de la vida útil de las instalaciones. Se incrementará también la seguridad y la calidad del sistema.

TERMINALES (N-9)/2

- FALSA OCUPACIÓN CIRCUITOS: implementación de programas de mantenimiento preventivo y correctivo. Son constantes los fallos por lluvias y temperaturas altas. Se incrementará la regularidad de los trenes y maniobra y descenderán los tiempos totales de transporte. Como consecuencia aumentará la calidad del sistema y se ahorran costes de transporte.

Operaciones (n-8)/6

ACTIVIDAD TERMINALES ESTACIONES (N-9)/2

- SECTORIZACIÓN EFICAZ DE LA ACTIVIDAD: se conseguiría la reducción de los tiempos de maniobras y de operaciones. También de los tiempos muertos de espera de los trenes y de los camiones. Esto redundaría en el ahorro de los tiempos de transporte que a su vez conllevaría la disminución de tiempos de transporte, un aumento de la calidad y del valor añadido en la producción de transporte. Asimismo, sería mayor la fluidez de la circulación de trenes y del tráfico de camiones.

ESTRUCTURA DE VÍAS ORIGEN Y DESTINO TRENES (N-10)/5

LLEGADAS, SALIDAS Y ESTACIONAMIENTO (N-11) 2 a 4

- MAYOR NÚMERO DE VÍAS: implica mayor capacidad de la terminal, tanto en trenes como en vagones. Como en el punto anterior el problema es la disponibilidad

de espacio para la implantación de más vías. El estudio en este caso hace referencia a la disponibilidad transversal y longitudinal.

CONTROL DE OERACIONES (-10)/6

- PROGRAMACIÓN: disponer de la programación de los trenes en tiempo real. La acción es fomentar la colaboración y coordinación entre actores y mejorar los canales y las herramientas de información, integrando las distintas aplicaciones en una sola plataforma para la gestión integrada. El resultado esperado es recibir la información con la suficiente antelación y fluidez, de tal forma, que permita una planificación de recursos eficaz y eficiente en las distintas ventanas horarias de cada turno de trabajo .

Toda la estructura que interviene en la cadena de transporte de los Administradores de infraestructuras, Operadores de Transporte y Operadores logísticos debe focalizarse en el eslabón más próximo y directo al teatro de operaciones, la terminal.

- PLANIFICACIÓN: mejorar la planificación, disponiendo de la programación de los trenes y de la intervención solicitada por las operadoras en tiempo real. El resultado será el ahorro de movimientos y asignación de los recursos humanos y materiales más eficaz. Esto, que implica mayor eficiencia, supone ahorro en los tiempos y, como consecuencia, menos gastos de producción y más calidad.

PLAYAS Y MUELLES CARGA Y DESCARGA (N-10/7)

DERIVACIONES PARTICULARES (N-12)/3

- DOTAR A POLÍGONOS INDUSTRIALES: el efecto esperado es el incremento del transporte en el modo ferrocarril, la oferta de nuevos servicios, vía demanda inducida. Incrementaría la frecuencia de trenes a demanda y la calidad del sistema, satisfaciendo, además, las necesidades de los clientes. Ante la fuerte inversión, los agentes económicos locales o del propio polígono podrían constituirse en operadores de transporte. Será necesario tener cuidado con la instalación indiscriminada porque el exceso de capacidad sin una demanda que lo justifique iría en detrimento de la calidad del sistema y arruinaría la inversión.

Se precisaría un estudio de mercado de cada eje de comunicaciones de acceso a Zaragoza. Con un primer criterio selectivo de la existencia de un umbral mínimo de capacidad en la generación de transporte en trenes puros o multicliente.

También otros que se consideraran pertinentes. Como el topográfico, de generación de tráfico –incluida la posibilidad del vagón disperso en trenes multicliente-, económico, de tráfico de pesados y camiones, etc. Especial atención tendría que prestarse a la diferencia de cotas, en el caso de existir una terminal o estación próxima. De no ser así, con respecto a la línea ferroviaria.

EQUIPAMIENTO (-10)/8

- GRÚAS PÓRTICO CON MAYORES PRESTACIONES: el efecto esperado sería el incremento de la velocidad de desplazamiento horizontal y la velocidad de izado de contenedores en vertical. El ahorro de tiempo en las operaciones de manipulación incrementará su número y el volumen de contenedores tratado. El condicionante será la gran longitud de las vías de carga.

Caso de que no pudiese aumentarse la velocidad, podría solventarse con la instalación de dos o más grúas, pero esto causaría un incremento de costes. Estaría justificado a partir de un cierto umbral de operaciones y del volumen de UTIS.

- AUTOMATIZACIÓN TERMINAL: el resultado sería la reducción de los costes de los costes de manipulación de las UTIS y un mayor control y calidad de las mismas. Al incrementarse el volumen de operaciones aumentarían los trenes tratados dotando de más agilidad al sistema. Además, el equipo podría compartirse por distintos cargadores /operadores y las UTIS podrían distribuirse por toda la superficie de

estocaje. Para su correcto funcionamiento sería necesario un software operativo integrado y potente que planificase todas las operaciones.

La mayor dificultad sería la fuerte inversión y habría que realizar un estudio sobre la demanda futura. En cualquier caso, estaría sujeto a un umbral de tráfico y manipulación.

- POSICIONAMIENTO CONTENEDORES: instalación de un localizador de contenedores GPS. Se lograría una reducción en los tiempos de manipulación y minimizaría o desaparecería la posibilidad de errores. También ofrecería un fuerte aumento de la seguridad al controlar la apertura de puertas del contenedor o su movimiento. Es un valor añadido para el sistema de transporte que aumenta considerablemente la calidad. El condicionante es que todas las UTIS deberían llevar integrado un dispositivo de seguimiento que incrementaría su coste de construcción.

- LECTOR Nº IDENTIFICACIÓN DE UTIS Y MATRÍCULAS DE CAMIONES: instalación de dispositivos de lectura en los puntos de acceso a la playa de contenedores. Agilizaría los trámites de entrada y salida de las UTIS y disminuiría o eliminaría la posibilidad de errores con ahorro de tiempos de manipulación y el incremento de la calidad del sistema. Es también un incremento del valor añadido en la producción de transporte. La dificultad se encuentra en que existen diferentes códigos de identificación de las UTIS. Requeriría una unificación y normalización de la identificación de las UTIS.

ACCESOS Y CONTROL (-10)/9

- ACCESOS Y APARCAMIENTOS BIEN DIMENSIONADOS: evitar o minimizar las colas de espera y los tiempos muertos para camiones y conductores. Es un incremento de la calidad del sistema, un ahorro de tiempos considerable y un ahorro en costes para el operador o transportista que realiza la distribución capilar. El mayor condicionante es la disponibilidad de espacio. Asimismo, es necesaria la coordinación en el proceso operativo entre cliente, operador, gestión de contenedores y de maniobras.

7.1.2. Operador de transporte (N-7)/2

Vehículos (n-8)/4

LOCOMOTORAS (N-9)/1

- MAYOR EFICIENCIA TRACCIÓN: sería necesario utilizar locomotoras eléctricas en lugar de las de tracción diésel. Las eléctricas presentan una mayor eficiencia de los motores, son capaces de desarrollar mayor potencia debido a la relación masa/potencia y tienen más capacidad de aceleración. Asimismo, el consumo de combustible-electricidad- de los motores es menor porque tienen mayor rendimiento, ya que permiten ajustar el consumo a la necesidad real de tracción. Otra ventaja es la posibilidad de emplear freno eléctrico regenerativo que reduce de forma significativa el consumo neto de energía. Los coste de mantenimiento son menores y también es menor el ruido y la contaminación.

El mayor problema de la tracción eléctrica es la fuerte inversión en la línea y las subestaciones, que son un coste fijo independiente del volumen de tráfico por lo que se requiere unos altos umbrales de tráfico para que este tipo de tracción sea competitiva.

- RENOVACIÓN PARQUE DE LOCOMOTORAS: todavía existen en circulación muchas locomotoras con más de 30 años de antigüedad. Por lo tanto habría que ir renovando el parque con locomotoras de mayores prestaciones en potencia y eficiencia y que fuesen interoperables para tráficos internacionales.

Incrementaría la inversión pero habría un ahorro en costes de mantenimiento, en supresión de trenes por averías y un ahorro en tiempos, tanto de jornada efectiva de

conducción como de transporte. Es decir, un incremento de la calidad del sistema de transporte.

- ORDENADORES TODO EL PARQUE: caso de no realizarse podrían instalarse ordenadores a bordo que mejoraría la gestión y la seguridad.

VAGONES (N-9)/2

- INCREMENTO CARGA ÚTIL: es importante para que el transporte por ferrocarril sea más competitivo lo que será un notable incremento del valor añadido. Debe reducirse la tara de los vagones con bastidores, caja, órganos de rodadura, frenado y choque de menor peso utilizando materiales más ligeros y resistentes. Es necesario que las empresas de construcción de material ferroviario inviertan en I+D+i.

- RENOVACIÓN PARQUE DE VAGONES: una alto porcentaje de vagones sobrepasan los 30 años de antigüedad. Sería conveniente ir renovándolos con diseños más especializados puesto que los productos fabricados por las industrias han evolucionado en número de referencias y en volumen. Los costes no deberían ser un impedimento por el valor añadido que incrementaría al proceso de transporte y a los clientes, así como la reducción de los costes de mantenimiento.

- CONTROL PARAMÉTRICO DE MERCANCÍAS: para ciertas mercancías conocer las condiciones en que se desarrolla el transporte es importante, para algunas es un requerimiento del cliente. Las condiciones de temperatura, presión, humedad y movimiento de la carga, sin duda que incrementan el valor añadido y la calidad del transporte. También requiere de una inversión el posicionar un sistema GPS en el interior de los vagones que lo requieran.

Mantenimiento (n-8)/5

- NUEVOS MÉTODOS Y TÉCNICAS PREDICTIVAS: inversiones en innovación y para la formación de los recursos humanos. Los costes de mantenimiento descenderán ante la existencia de menos reparaciones y el aumento de la vida útil de las locomotoras y vagones.

La disponibilidad de locomotoras aumentará al estar menos tiempo en el taller y se incrementará la fiabilidad ante las posibles averías. Todo ello redundará en ahorro de tiempos y en la calidad del sistema.

Servicio trenes (n-8)/6

- NUEVOS SERVICIOS: son necesarios estudios individualizados para conocer la demanda potencial, los volúmenes de los insumos necesarios para la producción, sus orígenes y el destino de los productos finales. Averiguar la capacidad y estructura de transporte de las industrias y empresas instaladas en los ejes de carretera con acceso a Zaragoza es fundamental desde el lado de la oferta.

- ESTUDIO VIABILIDAD Y PLANIFICACIÓN: desde el lado de la demanda los clientes pueden solicitar servicios de transporte para sus insumos y productos finales de manera puntual o sostenida en el tiempo. Ello requiere realizar un estudio de la viabilidad con los requerimientos del cliente, las características del transporte y de la mercancía. También, de los surcos, marchas del tren y asignación de recursos, como son la locomotora, el maquinista y el material para el cargue.

- VAGÓN DISPERSO: realizar un estudio sobre la viabilidad de este tipo de transporte en el área metropolitana abandonado en el pasado. En Zaragoza Plaza no parece posible estos tráficos, pero existe la posibilidad de canalizar los flujos en estaciones de apoyo ligadas a los polígonos industriales y los ejes de acceso a Zaragoza.

- CICLO RETORNO MATERIAL VACÍO: para tráficos de trenes de contenedores los retornos, en general, se realizan en cargado. No ocurre lo mismo para tráficos que requieren vagones especializados. Es prácticamente imposible su retorno en cargado.

Puede haber un ahorro en costes optimizando la tracción si se agrupan distintos trenes vacíos cortos hasta la longitud máxima permitida. Revitalizaría las estaciones de clasificación, hoy en desuso, y que, en nuestra opinión, ante el incremento de los flujos de transporte en un futuro próximo pueden jugar un importante papel.

7.1.3. Operador logístico (N-7)/ 3

Distribución capilar (n-9)/1

- PRECISIÓN RECOGIDA Y ENTREGA: se requiere mejorar el conocimiento de las características de las redes, su trazado y calidad, la intensidad de tráfico, etc. También de las vías urbanas, el callejero, las restricciones al tráfico, las ventanas horarias de carga y descarga, etc. Es necesario mejorar la programación de las entregas y de las recogidas puerta a puerta en tiempo real, especialmente en la interface con el ferrocarril. La mejora de calidad será percibida por el cliente como un valor añadido que favorecerá la comodalidad y la transferencia modal.

- DIMENSIONAMIENTO FLOTAS: es fundamental para ahorrar costes en la inversión. Sin embargo, no debe resentirse la calidad del servicio ante la falta de vehículos o conductores en momentos de picos de actividad. Debe haber un procedimiento para estos casos.

- FACTORES DE CARGA Y ESTIBA: es necesario maximizar la carga de los vehículos y mejorar la distribución de la carga en el interior del vehículo o de la caja, de tal forma, que se eviten los espacios muertos y se facilite la descarga de la mercancía. El resultado será mayor eficiencia en el transporte, ahorro de tiempos y recursos, más seguridad para las mercancías y disminución del consumo de combustible en el conjunto de la flota.

- CONSUMO COMBUSTIBLE: además de la carga del vehículo es posible el ahorro en los costes de combustible mediante una conducción eficiente de los vehículos. La inversión en formación para los conductores en técnicas de conducción eficiente resultará beneficiosa en términos de costes económicos y medioambientales. También, la utilización de biocarburantes y vehículos híbridos o eléctricos. La tecnología permite el diseño y la construcción de estos vehículos que pueden resultar una buena inversión para la renovación de las flotas.

Centros de distribución (n-9)/2

- IMPLANTACIÓN: tal vez en un futuro próximo fuese posible la implantación de un centro de distribución regional en el área metropolitana de Zaragoza que agrupase a distintas empresas para aprovechar las economías de escala de volumen. También, sería posible la transferencia modal de la distribución al ferrocarril de los distintos centros de distribución que existen en Zaragoza, hay un incremento del transporte y se saturasen las carreteras. En ambos casos debería cumplir el requisito básico de tener la capacidad de atracción de tráficos.

- LOCALIZACIÓN: contar con una gran accesibilidad a las redes principales de carreteras y disponer de instalaciones ferroviarias o la posibilidad de conexión a la red ferroviaria. La zona ferroviaria de plataforma logística de Zaragoza Plaza (ALIF) tiene una “vía madre” que llega hasta los apartaderos de dos empresas que transportan sus productos por ferrocarril. Desde dicha vía es posible realizar la conexión a nuevos apartaderos ferroviarios. Con la instalación en la mencionada plataforma podrían surgir sinergias muy positivas para las empresas que operasen en el centro de distribución.

- SERVICIOS FERROVIARIOS: como en el caso de los polígonos industriales, sería posible poner en circulación trenes completos monocliente o multicliente, con una serie de relaciones que podrían distribuir las referencias ya tratadas en el centro a otras ciudades donde se encontrasen los puntos de consumo. Sería cuestión de realizar los oportunos estudios para la planificación y programación de los trenes.

7.1.4. Administrador de infraestructuras, operador de transporte y operador logístico (N-7)/1, 2, 3

Servicios de transporte y logísticos

- COORDINACIÓN ACTORES: es fundamental para el buen funcionamiento de la cadena de suministro. Mediante acuerdos y convenios es necesario que los actores en toda la cadena se hagan responsables de las actividades y procedimientos que les competen y se coordinen con los otros eslabones de la cadena.

Añadir valor y priorizar la calidad en las funciones que realizan es tarea de todos los actores que intervienen.

- CALIDAD SERVICIOS:se necesita ofrecer más y mejores servicios especializados por el mismo precio, es decir, agregar valor. La incorporación de estándares de calidad homologados y certificados es un paso importante hacia la excelencia, que los clientes valorarían para la elección modal pudiendo captar nuevos nichos de mercado y fidelizar a esos clientes.

- VERTEBRACIÓN DEL TERRITORIO: una buena red de transporte, con servicios de calidad, en un ambiente de colaboración y con alta coordinación entre actores, puede ser la base para la proyección exterior del territorio. Nuestro territorio es un espacio dinámico económicamente con productos que se exportan a diversos países europeos. También se reciben materias primas y bienes intermedios para esa producción.

La accesibilidad a los corredores verdes intermodales y a sus conexiones nacionales e internacionales a las redes portuarias, de plataformas logísticas y a los centros de distribución va a resultar en los próximos años el factor fundamental para el desarrollo sostenible del área metropolitana de Zaragoza. Más aún, con las conexiones entre redes que se están llevando a cabo en el continente euroasiático y que acercan el lejano oriente a la península.

7.2. MESOESCALA

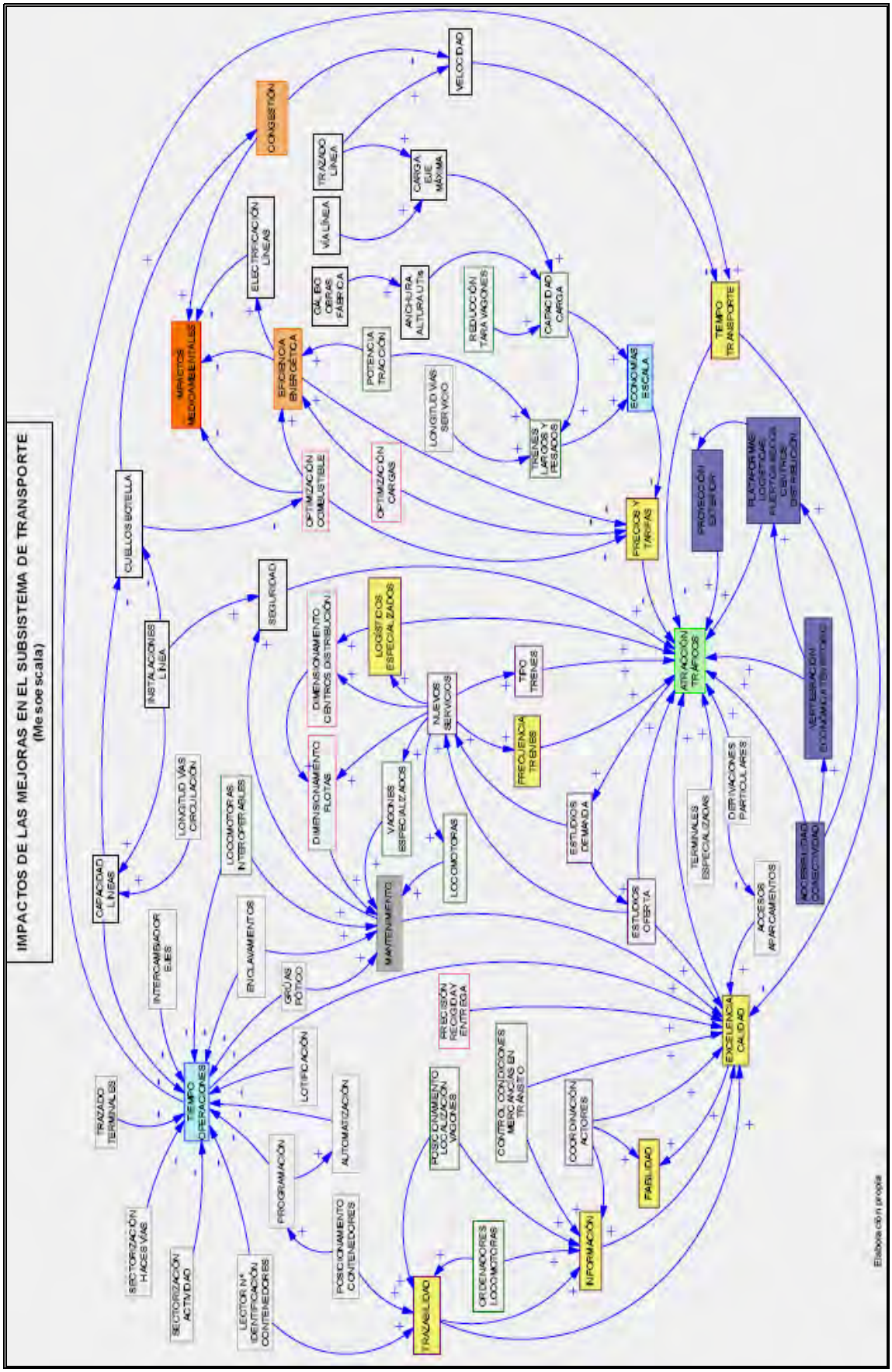
En la estructura que mostramos hemos esbozado algunas de las relaciones causales de las múltiples relaciones que podrían establecerse (ver figura 7-1).

Para comprender mejor las mejoras se han proyectado *grosso modo*, al diagrama causal en que se relacionan los impactos que, en nuestra opinión, producirían sobre el conjunto del subsistema. Las flechas que dirigen los flujos de los impactos o efectos sobre otras variables son de color azul en trazo continuo; pretende enfatizarse el carácter de flujo dinámico de acción-reacción que las variables de origen pueden provocar en las variables de destino y, como consecuencia, en el estado del sistema.

Los colores de los bordes de las cajas y su interior se han utilizado sin ánimo de aportar mayor información; se trata de discriminar algunos de los subsistemas más importantes. Así, los subsistemas del administrador de infraestructuras relacionados con el subsistema línea se muestran con un borde en color negro y con el subsistema terminales en color gris; los subsistemas del operador de transportes en color verde y los del operador logístico en color fucsia; los relacionados con los nuevos servicios en color violeta.

Otros parámetros se han representado con las cajas en un color sólido, en naranja los impactos medioambientales y otros relacionados como la congestión y la eficiencia energética; el mantenimiento que afecta a los subsistemas de los tres actores implicados en color gris; el tiempo de operaciones y las economías de escala en color azul; la atracción de nuevos tráficos en color verde y los impactos espaciales en color morado.

Figura 7-1. Diagrama causal impactos sistema de transporte (mesoescala)



En la mitad inferior izquierda están situadas las mejoras sobre algunos de los parámetros de los servios que reciben, a su vez, los impactos de otras mejoras. Por último, en color amarillo, se han representado algunos de los aspectos más valorados por los clientes para la elección modal en las encuestas de preferencias, tanto declaradas como reveladas que también son utilizados para desarrollar los índices de calidad percibida.

Para localizar los grupos de mejoras en el diagrama causal, indicaremos de forma orientativa, cómo están situadas. Puntualizaremos, que algunas de las relaciones no se han podido representar por la complejidad de las mismas ya que se requeriría un mayor nivel de desagregación.

Así, en la mitad superior izquierda se encuentran las relacionadas con las terminales ferroviarias cuya implementación conducirá como muestran los flujos a una reducción del tiempo de operaciones cuyo impacto sobre el tiempo total de transporte será reducirlo.

En la mitad inferior izquierda están situadas las mejoras sobre algunos de los parámetros de los servios que reciben, a su vez, los impactos de otras mejoras sobre otros parámetros. Todas ellas conducen a una mejora de los distintos parámetros que conducen a la excelencia de la calidad.

Por su parte, en el tercio superior central podemos apreciar las mejoras relacionadas con la capacidad de la línea que influirán sobre los cuellos de botella y las relacionadas con las instalaciones que lo harán sobre la seguridad.

En el centro del diagrama se sitúan las mejoras relacionadas con los servicios de transporte y logísticos que además del mantenimiento, entre otras mejoras, generarán nuevos tráficos. En el tercio inferior central serán las mejoras relacionadas con parámetros espaciales las que generarán los nuevos tráficos.

Por último, en el tercio superior derecho están las mejoras que pueden corregir los impactos del subsistema medioambiental. También tendrán impactos sobre los precios y tarifas. Por último, debajo de las anteriores, ocupando la parte derecha del diagrama encontraremos las mejoras sobre algunos de los subsistemas ferroviarios, cuyos impactos generarán economías de escala que, a su vez, tendrán impactos sobre los precios y las tarifas.

En cualquier caso, las mejoras propuestas puede que no sean suficientes por si solas para mejorar el sistema de transporte de mercancías por ferrocarril porque la cantidad de tráfico de mercancías también estará influida por otra serie de factores. Podemos citar el nivel y estructura de las actividades de producción y comerciales en una economía, la distribución de las actividades económicas dentro de una región, la intensidad y estructura de las conexiones del comercio exterior, es decir, el dinamismo de la economía de ese territorio considerado.

7.3. MACROESCALA

Puntualizaremos, que el diagrama causal de la siguiente figura tiene un carácter más general, es aplicable a todo el subsistema de transporte, incluido el transporte intermodal y cualquier sistema territorial. En la estructura del diagrama de flujos, generado por las mejoras en el sistema de transporte, es posible distinguir tres partes claramente diferenciadas (ver figura 7-2).

En la parte central están situados los conjuntos de variables que articulan los flujos del diagrama. Así, tomando como variables[669] inductoras el conjunto de MEJORAS PROPUESTAS, representado por una caja verde que contendría todas ellas,

[669] Se utilizará el concepto de variable porque es el utilizado en la dinámica de sistemas, pero en nuestro análisis cualitativo sería más correcto utilizar el concepto de parámetro.

encontraremos el conjunto de variables que agrupa la OFERTA DE TRANSPORTE y el que agrupa la DEMANDA DE TRANSPORTE, representados por una caja azul.

Los flujos de medidas de mejoras sobre la oferta se dirigen al conjunto de variables contenidas en la OFERTA DE TRANSPORTE. Entre ambos conjuntos se establecerán relaciones, uno a uno o uno a varios, puesto que ciertas mejoras, en algunos elementos de la oferta, requieren la conjunción de varias mejoras para su correcta implementación.

Por ejemplo, para incrementar la velocidad será necesario mejorar, entre otros elementos, los radios de las curvas y sus peraltes, las pendientes, el tipo carril y de traviesas, etc. Puntualizaremos, que asignamos como variables origen de los impactos al conjunto de variables contenidas en OFERTA DE TRANSPORTE, porque, en nuestra opinión, es evidente que el subsistema de transporte se concreta en la realidad porque existe la oferta de infraestructuras, vehículos y servicios. Por lo tanto, consideramos que es condición *sine qua non* que las mejoras del subsistema de transporte se produzcan sobre la oferta de transporte en sus diferentes aspectos.

En la parte derecha, encontramos alguno de los efectos de la mejora de la oferta de transporte sobre los subsistemas económico y espacial del territorio, representados en los conjuntos de variables que hemos denominado ACTIVIDAD ECONÓMICA para el económico, representado por una caja marrón, y VERTEBRACIÓN DEL TERRITORIO Y JERARQUÍA URBANA para el espacial.

Por último, en la parte izquierda del diagrama se han representado los aspectos económicos del propio subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril, en los conjuntos de variables que hacen referencia a INGRESOS, COSTES y RECURSOS. En cuanto a los colores, indicaremos que no tienen mayor relevancia; se trata de distinguir los conjuntos de variables más sensibles a las mejoras propuestas y que originan, en nuestro caso, un cierto dinamismo del sistema territorial influyendo, además, sobre otros conjuntos de variables.

Las flechas que dirigen los flujos de los impactos o efectos sobre otras variables, son de color azul en trazo continuo; pretende enfatizarse el carácter de flujo dinámico de acción-reacción que las variables de origen pueden provocar en las variables de destino y, como consecuencia, en el estado del sistema.

También, se ha considerado la posibilidad de que ocurra un suceso que afecte al funcionamiento del subsistema, como por ejemplo, que exista inversión externa al mismo, es decir, de su entorno o que la oferta no satisfaga la demanda; se ha utilizado el trazo discontinuo. Una de estas posibilidades que hemos querido resaltar por la condición que tiene, en nuestra opinión, de mejora del subsistema es el equilibrio entre oferta y demanda, por una parte y, por otra, entre ingresos y costes. Todo el conjunto, digamos de equilibrio, está representado en color verde para indicar que se trata de una mejora, aunque no se haya considerado explícitamente en las mejoras propuestas.

No obstante, el equilibrio estará influido por elementos del entorno del subsistema, aunque, como ya vimos, los sistemas tienen una cierta tendencia homeostática a la autorregulación. En cuanto a la naturaleza de los cambios inducidos por las mejoras en los conjuntos de variables del subsistema señalaremos que el signo más (+), según la terminología de la dinámica de sistemas, indica que un cambio en la variable de origen producirá un cambio del mismo sentido en la variable de destino; el signo menos (-), indica que el cambio en la variable de destino será de sentido contrario al de la variable de origen.

Dicho lo anterior, se explicarán, si bien de forma concisa, algunas de las respuestas que podría tener el subsistema de transporte como consecuencia de la implementación del conjunto de mejoras propuestas. En cualquier caso, indicaremos que para analizar los impactos de las mejoras sobre el subsistema sería necesario

considerar los efectos de todas y cada una de las medidas, así como de su conjunto, sobre el subsistema.

No obstante, sólo se realizará una aproximación a la valoración del posible comportamiento del subsistema como respuesta al conjunto de medidas, profundizar más no ha ido uno de los objetivos de la tesis, ya que se requeriría un equipo de investigación interdisciplinar y más medios.

En primer lugar, señalaremos, que podemos distinguir en el conjunto de variables que contiene la caja MEJORAS DEL SUBSISTEMA, por una parte, las que corresponden a las variables contenidas en OFERTA DE TRANSPORTE, como son más infraestructuras y servicios, o mejoras de los existentes, precios más competitivos etc., y por otra, las encaminadas a reducir los IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES, a incrementar la eficiencia energética, reducir el consumo de combustible, etc.

Los impactos de la OFERTA DE TRANSPORTE los podemos agrupar en función de la naturaleza de los subsistemas y elementos afectados. Así, es posible distinguir los efectos de dicho impacto sobre la actividad económica, sobre el espacio y sobre la demanda, aunque el sistema de relaciones que se establece entre los mencionados subsistemas es intrincado y complejo.

Con respecto a los impactos económicos y espaciales de la oferta de transporte, señalaremos, que no son independientes entre sí. También, recordaremos que las relaciones que se establecen sobre el territorio tienen dimensiones geográficas espaciales y temporales.

Por ello, la materialización de las relaciones espaciales que se establecen dentro del propio sistema de transporte, además de las que se crean conjuntamente, entre este sistema, el sistema logístico, el de asentamientos y el de actividad económica, configurará un sistema nodal conectado por redes y, de forma más evolucionada, por corredores. Dichas relaciones son expresadas en términos de flujos, cuyo origen lo podemos encontrar en el sistema de actividad económica.

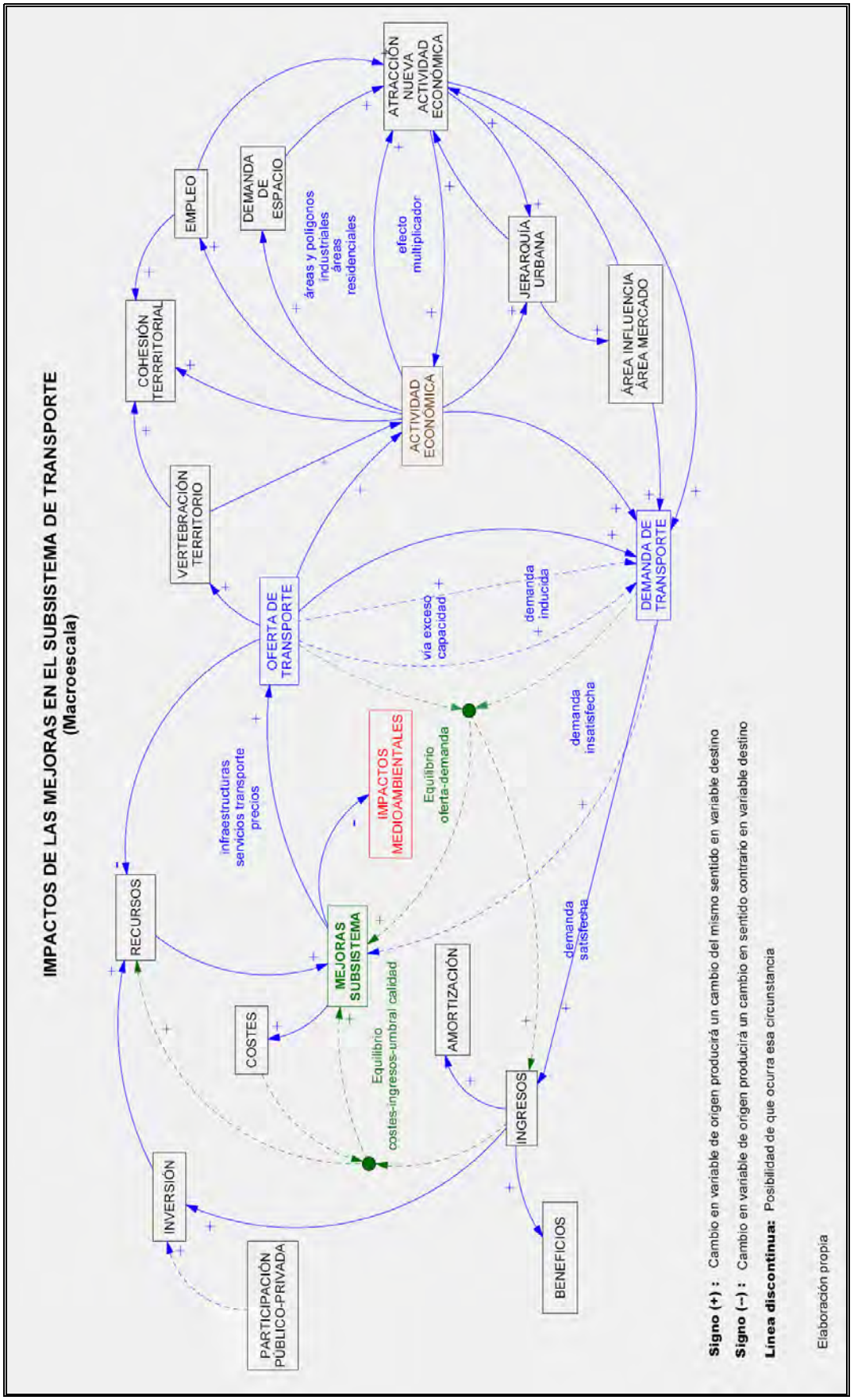
De esta forma, es razonable afirmar que los efectos de los impactos de las mejoras de la oferta de transporte sobre las anteriores relaciones tendrán consecuencias sobre la utilización del suelo, la distribución de actividades en el espacio y la movilidad de la población. De esta afirmación también es posible inferir la posibilidad de influir en dichos elementos territoriales, mejorando la accesibilidad y la conectividad a las redes de transporte que, a su vez, generarán una nueva oferta de espacio y la reordenación de las polaridades.

El fundamento de los párrafos precedentes lo encontramos en que actualmente, resulta menos importante la localización absoluta de los lugares y más importante que dichos lugares sean accesibles y con conexiones a las redes de mayor rango en la jerarquía. Dicha accesibilidad y conectividad, a su vez, incrementará el rango de los nodos conectados a esas redes y el alcance de sus áreas de influencia.

Son aspectos significativos porque en la actualidad los cambios tecnológicos y organizativos de la producción, así como, el proceso de globalización han incrementado los intercambios de flujos entre países propiciando que la accesibilidad y la conectividad a las redes de transporte y comunicaciones cobren mayor importancia que el emplazamiento de un determinado lugar.

Subrayaremos, que la capacidad de interacción espacial que posee un territorio también es, entre otros, un factor esencial de localización de ciertas actividades económicas que requieran un grado elevado de movilidad de las mercancías para la realización de sus procesos productivos. Por lo tanto, la potenciación de dicha capacidad incrementará la atracción de ese territorio para nuevas localizaciones y con ello su competitividad.

Figura 7-2. Diagrama causal impactos sistema de transporte (macroescala)



Cuando se produce un incremento de la interacción se podrá generar un proceso bien de convergencia o de divergencia espacio-temporal, cada uno de los cuales llevará asociado economías o des-economías de escala, respectivamente. Este proceso, tendrá importantes consecuencias espaciales y económicas sobre el territorio, favoreciendo su desarrollo o, por el contrario, dificultándolo, ya que se generarán economías de aglomeración, produciéndose un efecto multiplicador del crecimiento de la actividad económica sobre ese territorio, incrementando el nivel de empleo y la cohesión territorial.

Pero para ello es necesaria una adecuada dotación de infraestructuras que tengan además una buena conectividad y accesibilidad. Dicha dotación, sus características y calidad, será provista por la oferta de transporte y, en el caso de que fuera necesario, por las mejoras que se han identificado.

Así, la dotación de infraestructuras de transporte sobre los territorios será también un elemento clave para la vertebración territorial, por las posibilidades que ofrece de incrementar la cohesión territorial. Sin embargo, es necesario matizar que la existencia de la infraestructura no significa directamente un incremento de la accesibilidad, se requiere un nivel de servicios de transporte que también genere y potencie las interacciones.

A medida que se incrementa la actividad económica del tejido productivo de un territorio la demanda de infraestructuras o/y servicios de transporte, si no son suficientes, será reclamada por el territorio. Caso de no producirse dicho incremento comenzarán a generarse des-economías de escala y un constreñimiento del crecimiento económico y, por lo tanto, un desequilibrio de los subsistemas de transporte, económico, social y, en resumidas cuentas, territorial.

Indicaremos, por último, que el crecimiento de la actividad económica, así como, sus efectos derivados es un proceso iterativo y acumulativo sostenido en el tiempo, debido a la permanencia de las infraestructuras sobre los territorios.

No obstante lo anterior, el estado de equilibrio del sistema podría alterarse si las condiciones externas de su entorno influyen en su estado o en su capacidad de autorregulación para alcanzar dicho equilibrio, como por ejemplo, pueden ser la demanda o las diversas políticas de los gobiernos.

En cuanto a los impactos de la oferta de transporte sobre la demanda encontraremos los efectos planificados y buscados, que incluirían el exceso de capacidad, es decir, la planificación de la oferta por delante de la demanda, que puede ser estratégica, buscando la capacidad de arrastre del transporte para el conjunto de la economía y, como objetivo último, el desarrollo o la potenciación de ciertos territorios. También es posible identificar una demanda inducida manifestada por el aumento del tráfico esperado y que tiene su origen en las mejoras implementadas en el sistema.

La planificación del volumen y las características de la oferta de transporte puede ser suficiente o no serlo. En el primer caso, la satisfacción de la demanda generará unos ingresos a los administradores de infraestructuras y operadores, de transporte y logísticos; en el segundo, la propia demanda reclamará dichas mejoras, en cuanto a infraestructuras, calidad, servicios, etc.

Caso de no ser atendida, puede crear una saturación del sistema que induzca al desequilibrio del mismo. Los flujos de los ingresos obtenidos podrán ser utilizados para las diversas amortizaciones de capital y para realizar las inversiones necesarias que incrementen los recursos del sistema. Asimismo, generarán unos beneficios para los agentes implicados mencionados en el párrafo anterior.

Como resultado, el subsistema tenderá al equilibrio. Sin embargo, si la oferta no es cubierta por la demanda, el subsistema generará un exceso de costes no cubierto por los ingresos que creará un desequilibrio en el subsistema. Dichas inversiones, podrán complementarse con inversiones externas a las generadas por el propio sistema.

La participación o colaboración público-privada aportará capital en el caso de ser necesarias inversiones cuantiosas o por requerimientos de la estrategia empresarial de administradores y operadores. El volumen de inversión obtenida por ambos cauces constituirá los recursos del sistema que serán utilizados para su buen funcionamiento y autorregulación.

Así se posibilitarán mejoras y el equilibrio del subsistema, tanto desde el punto de vista del balance ingresos-costes como de la oferta-demanda. Las mejoras del subsistema, desde el punto de vista de los costes, convertidas en oferta de transporte consumirán recursos, tantos más, cuanto mayor sea su volumen, su escala de alcance o el tipo de mejora.

También, desde el punto de vista de la explotación ferroviaria consumirán un mayor número de recursos; mayor número de trenes, implicará mayor consumo de energía, locomotoras, vagones, maquinistas, etc. Trenes más largos, consumirán más energía, si su peso es superior a otros más cortos, un mayor número de vagones, etc. No obstante, en este caso, habrá un incremento de la productividad como consecuencia de las economías de escala que se obtienen.

El ciclo de esta parte del diagrama causal lo cerrará el conjunto de mejoras que, a su vez, será el origen del mecanismo de funcionamiento del subsistema a través de la oferta de transporte.

Para finalizar, incluiremos algunas de las mejoras que hemos encontrado a esta escala de resolución y que pueden tener gran influencia en el desarrollo del área metropolitana de Zaragoza.

- Conexión con Francia por el Pirineo: El Canfranc y la Travesía Central (TCP)
    - El horizonte 2030 para la TCP está demasiado lejano en el tiempo. Si se quiere potenciar Aragón y, más concretamente, el AMZ y su plataforma logística intermodal PLAZA como centro logístico del sur de Europa sería necesaria la reapertura del Canfranc al menos hasta que estuviese operativa la TCP y continuar como un aceso a Francia de forma complementaria.
        - Hay que tener en cuenta que se están potenciando otras plataformas logísticas como la de Vitoria, Euskadi-Aquitania, Zonas de Actividad Logística (ZAL) en Cataluña y Madrid, y puertos secos como Coslada y Azuqueca de Henares que pueden todos ellos competir con Zaragoza.
        - También están las nuevas líneas, Vitoria-Dax y Figueras-Perpiñán que podrían construirse para poder descongestionar los pasos fronterizos de Irún y Port-Bou ante la escasez de espacio para ampliar estas terminales.
        - La línea de velocidad alta Zaragoza Delicias-Huesca en ancho mixto puede ser un paso hacia la TCP ya que el enlace con el túnel de baja cota se produciría en Caldearenas.
    - La reapertura del Canfranc tiene algunos problemas:
        - Caso omiso del Gobierno Central Francés. El tramo Olorón- Canfranc está cortado desde el accidente de 1970. También el trazado con el túnel helicoidal y radio de la curva de 200 m es un cierto problema pero no insalvable. Las rampas en el lado francés son más pronunciadas que en el lado español.
        - La superestructura del trayecto Huesca intercambiador- Canfranc tiene tramos sin renovar. Las curvas tienen radios pequeños y existen muchas obras de fábrica, sobre todo túneles y las rampas máximas son de 24‰. La cuestión es que habría que realizar el trazado en ancho europeo y electrificado, sin embargo, no se podría modificar el

trazado de muchas curvas para ampliar el radio mínimo. Todo ello sería una inversión importante, pero según el estudio de Claraco costaría un 10% del total de la TCP. No obstante, en nuestra opinión, si se realizara, se corre el riesgo de que los poderes públicos retrasaran más la inversión de la TCP o, incluso, que no se realizase.

- Enlace con la Red TEN-T y los corredores internacionales: las infraestructuras son la llave del continente europeo y asiático.
    - Es muy importante la conexión a la red transeuropea de transporte por el Pirineo Central para evitar los puntos de saturación de las fronteras existentes ante el previsible aumento de tráfico hacia Europa proveniente del puerto portugués de Sinés y el futuro túnel del estrecho que conectará con el continente africano.
    - Corredores intermodales paneuropeos y euroasiáticos
- Conexión PLAZA con la línea de Madrid
    - Es fundamental acelerar la conexión del Centro Logístico de Zaragoza Plaza con la línea de Madrid para evitar el “culo de saco” de esta terminal que complica la operativa, dando la vuelta a las locomotoras. Además, pierden mucho tiempo los trenes que vuelven a salir por donde ha entrado y dan un rodeo por la ronda sur hasta la línea de Madrid.
- Líneas de altas prestaciones
    - En Europa existen algunas líneas de Alta Velocidad por las que circulan trenes de mercancías, posibilidad que se contempla en las directrices de política de transporte de la Unión Europea. También en el PEIT se recoge.
        - En Zaragoza tenemos la línea pero hay varios problemas, como la las características técnicas de los vagones, no adaptados al ancho europeo o la inexistencia de vías de este ancho en la terminales de AMZ. Esto no representaría un problema técnico insalvable pero si una nueva inversión de capital.
        - Además, hay que tener en cuenta que la superestructura se deteriora con mayor rapidez al circular por ella vagones con mayor peso por eje y metro lineal y trenes y más largos con mayor carga. Si bien, en el túnel del canal de la mancha, con tráfico mixto se instalará un carril cuya composición hace que tenga una vida útil un 50% más larga.
        - Por otra parte, en lo que respecta a la capacidad de la línea hay que decir que en las horas nocturnas se procede al mantenimiento de la línea. Por lo que habría que reajustar los intervalos de trabajos para permitir más circulaciones o que no circulen en horario nocturno.
        - El tercer carril no parece que resuelva el problema de las bandas de mantenimiento. Si se redujesen iría en detrimento de la seguridad.

8. APORTACIONES A LA INVESTIGACIÓN Y FUTURAS LÍNEAS DE ESTUDIO

8.1. APORTACIONES A LA INVESTIGACIÓN

Con los resultados precedentes se ha concluido la exposición del trabajo de investigación. Para finalizar, precisaremos algunas cuestiones sobre el planteamiento y ejecución de la tesis entre las que, en nuestra opinión, se encuentran varias que pueden considerarse como aportaciones del autor al estudio del sistema de transporte de mercancías por ferrocarril. Desde nuestro punto de vista, estas cuestiones constituyen una orientación en la reflexión sobre el procedimiento a seguir en el desarrollo de futuros proyectos de investigación que tengan como tema este sistema.

- La estructura metodológica se ha construido utilizando un marco de trabajo-modelo en fases en la que cada una sostiene a la siguiente y, a su vez, es sostenida por la siguiente mediante bucles de retroalimentación iterativos.

- En cada fase y en todos sus puntos está presente un hilo conductor que gira en torno al tema de estudio, el ferrocarril para el transporte de mercancías, los procesos logísticos asociados y sus impactos sobre el espacio geográfico.

- Al tratarse de un sistema complejo se ha tratado con un enfoque doble, el geográfico y el sistémico, por la naturaleza del propio sistema y de ambos enfoques. Esta perspectiva holística nos ha permitido analizar el sistema desde diversos ángulos y distintas disciplinas que también estudian el mencionado sistema.

- Se ha seguido en todo momento un criterio de sencillez para mejorar la comprensión del sistema y otro de visualización panorámica para tener mayor alcance y aprehenderlo como un todo. Por esta razón, dicho marco de trabajo-modelo se ha tomado como una herramienta de análisis cualitativo, si bien, es susceptible de transformarse en una herramienta cuantitativa o en una combinación de ambas.

- Para el análisis del sistema se hizo una revisión bibliográfica de las distintas herramientas para su estudio. Optamos por realizar una adaptación metodológica en función de nuestro doble enfoque y el objetivo, que se aplicó de manera flexible y sin rigideces siguiendo el criterio de la sencillez.

- El estudio del sistema, como tal, se ha efectuado con el principio de integración. A partir del sistema territorial, cuya estructura integra un conjunto de subsistemas con funciones diferenciadas, se ha ido descendiendo a niveles planteados con mayor resolución hasta alcanzar el subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril al que se han integrado el subsistema logístico y el de asentamientos.

- La memoria de tesis se ha armado con el soporte y apoyo en toda su temática de una potente carga visual, en la forma de mapas, figuras, gráficos, tablas y cuadros. Se ha pretendido que todo el cuerpo conceptual y teórico resultase más intuitivo. De la misma forma la aplicación al área metropolitana de Zaragoza, el espacio de estudio.

- La investigación ha estado reforzada constantemente con el trabajo de campo y con entrevistas a los actores que hacen posible el funcionamiento del sistema. Se les ha consultado las dudas y se les ha realizado preguntas aclaratorias o de ampliación de diversas cuestiones de interés.

8.2. LÍNEAS FUTURAS DE ESTUDIO

Con el estudio realizado en la tesis han ido surgiendo algunas líneas de investigación que consideramos de gran interés. Unas serán novedosas otras pueden completar estudios ya realizados y en algunas el autor hubiese deseado llegar más lejos.

1. Uno de los efectos de la creación de los Polos de Promoción y Desarrollo Industrial implementados en el año 1964 fue reforzar el centralismo de las capitales, creando fenómenos de macrocefalia y difuminando o impidiendo los movimientos difusores del desarrollo económico. Esto último es evidente en el caso de Zaragoza, donde la configuración espacial del sistema urbano se ha desarrollado de manera incompleta y se muestra muy desestructurada.

Podría resultar interesante comparar los procesos del crecimiento de Zaragoza con los mismos procesos de otras ciudades europeas analizando sus sistemas urbanos y la implantación y evolución del ferrocarril.

El estudio permitiría conocer hasta que punto el círculo virtuoso del crecimiento circular acumulativo y los efectos multiplicadores del crecimiento económico han afectado al desarrollo de los subsistemas urbano y ferroviario. Caso de que la respuesta sea positiva analizar en que punto se encuentra y su prognosis.

2. El sistema de transporte es un sistema muy complejo, es multimodal, multisectorial, multiproblema y multidisciplinar. Además, encontramos cuatro formas distintas de complejidad desde el punto de vista geográfico que se deben al número de componentes del sistema, a la superposición de las escalas espaciales, a la superposición de los niveles de organización y a un comportamiento caótico en el tiempo.

Sin embargo, estas complejidades no deben verse como un problema, al contrario, pueden ser enriquecedoras fuentes de conocimiento si se consigue comprender su estructura, relaciones y mecanismos de actuación, con un nivel de resolución que alcance hasta el último elemento indivisible en cada subsistema.

Por ello sería necesario realizar un estudio profundo del sistema de transporte -la superred generada- en el área metropolitana de Zaragoza que contemplase todas las estructuras, relaciones y las complejidades citadas. De esta forma, aplicar la Teoría de las Restricciones en cada subsistema podría resultar muy prometedor para encontrar los eslabones más débiles y proponer medidas de mejora.

3. Estudiar cómo afecta el proceso de convergencia espacio-temporal y su relación con el crecimiento económico a los subsistemas de transporte, ya que puede ser un punto de partida para posibles investigaciones sobre la accesibilidad y la conectividad, tanto a la red de ferrocarril como a la de otros modos en otras escalas territoriales. Conocer cómo son las conexiones de acceso, su número, calidad, capacidad, la conectividad y accesibilidad a otros puntos del territorio, etc.

Establecer y cuantificar la reforma en las infraestructuras y en los servicios ferroviarios. También en los modelos de gestión para que no siga disminuyendo y pueda incrementarse la cuota de mercado del transporte de mercancías por ferrocarril.

Entre los nuevos servicios de transporte habría que estudiar, para la red española y de determinados puntos del territorio la posibilidad de recuperar el vagón disperso que en otros países europeos resulta rentable y la creación de la figura de los operadores de proximidad. También sería conveniente un estudio profundo sobre los ciclos de rotación del material ferroviario en vacío y sus retornos en cargado.

4. Si consideramos la dinámica del sistema ferroviario a lo largo de la historia desde el enfoque de sistemas sería posible estimar, con este mismo enfoque, su evolución y su tendencia futura. Asimismo, realizar la prognosis del sistema en diversos escenarios a medio o, incluso, a largo plazo. La posibilidad de realizar un estudio

completo, profundo y detallado del sistema de transporte, utilizando las herramientas desde la Ingeniería de Sistemas, con suficientes medios y de forma interdisciplinar.

En un principio, podría realizarse un análisis cualitativo y, posteriormente, transferir dichas propuestas a un modelo cuantitativo y de simulación que sería susceptibles de evaluar y calibrar.

Sin entrar en otras consideraciones, señalaremos, por ejemplo, que con la reapertura del ferrocarril de Canfranc, en ancho U.I.C, habría un cambio en los niveles de actividad y en sus infraestructuras asociadas. Más aún con la Travesía Central de Pirineo en el caso de la realización del proyecto prioritario nº 16.

Otro escenario futuro probable será el incremento del volumen de transporte de mercancías por ferrocarril, propiciado por la transferencia modal y el posible crecimiento económico post-crisis. Como consecuencia se generará el aumento del tráfico de vehículos pesados y camiones, así como, de los valores de Intensidad Media de Vehículos Pesados (IMDP).

Como es sabido el tráfico capilar alimenta y es alimentado por las terminales ferroviarias. Así que, los itinerarios por carreteras y autovías entre polígonos industriales e industrias y terminales de mercancías serán los más perjudicados acentuando los costes externos. También en el interior y en las inmediaciones de dichas instalaciones.

Por lo tanto, poner en relación la dinámica del subsistema de transporte de mercancías por carretera con el del ferrocarril ayudará a la toma de medidas correctoras y de decisiones a los planificadores.

5. Inscribir el sistema de transporte interurbano de mercancías en sucesivas escalas espaciales menores de estudio para contextualizar en espacios mayores, nacionales e internacionales, los flujos de mercancías que emite y recepciona el área metropolitana de Zaragoza y su región funcional. Puede resultar esclarecedor situarlo en el contexto del sistema de transporte a escala global dada la actual importancia y amplitud del proceso de globalización.

Ello nos permitiría estimar su área de influencia –el alcance- de la producción y consumo de transporte de los bienes finales, semifacturados para los procesos de producción industrial, materias primas, etc. Asimismo, se podría desarrollar el estudio de hipotéticas cadenas de suministro, intermodales o multimodales, identificar los canales de distribución, calcular los costes de transporte y de operaciones, y el consumo energético.

De esta forma se visualizarían los procesos de Interacción espacial y su magnitud entre el área de estudio y otros territorios a diferentes escalas.

6. En términos económicos, el transporte es una demanda derivada de otras actividades como la industrial, la de distribución, etc. Por lo tanto, el análisis de la estructura de los flujos de mercancías generados y emitidos por un territorio nos aportará indicadores del dinamismo económico de sus sectores económicos y sus niveles de especialización.

Resultaría muy interesante poder vencer la resistencia y opacidad de los responsables de las industrias del área metropolitana para facilitar datos y conocer por métodos directos la estructura de los flujos de mercancías emitidos y recibidos por las empresas. Podría diseñarse una encuesta basada tanto en preferencias declaradas como reveladas, con un enfoque cómodo y poco intrusivo para poder alcanzar un porcentaje de respuesta que permitiese un resultado descriptivo y explicativo significativo.

Caso de no poder lograrse, habría que realizar un estudio con datos reales de los flujos de transporte terrestre en el área metropolitana de Zaragoza y las entradas al susbsistema marítimo, puesto que, el transporte aéreo es poco significativo; el

problema será el nivel de desagregación de los mismos porque habitualmente los datos tienen altos niveles de agregación.

En consecuencia para conocer el reparto de dichos flujos entre las industrias y sus distintas ramas de actividad, así como, en los municipios en las que están implantadas, sería necesario realizar estimaciones construyendo diversos índices. En cualquier caso, lo óptimo es poder contar con ambos métodos.

Con los resultados sería posible realizar un estudio del área de trabajo utilizando el Modelo General de Transporte de cuatro etapas o al menos la etapa 3 que corresponde a la partición modal.

7. Estudiar la relación entre el sistema logístico y el de transporte, y de los dos sistemas con el de asentamientos, buscando más la dimensión espacial que la económica. Nodos con funcionalidades logísticas y de transporte desde el punto de vista espacial: terminales especializadas, nodos de intercambio modal, polígonos industriales y empresas con derivaciones particulares, etc., las relaciones actuales entre los sistemas de transporte, logístico, de producción y de asentamientos nos parecen manifiestas.

Las relaciones espaciales que se establecen entre el sistema logístico y el de transporte, tienen dimensiones geográficas espaciales y temporales. Las cuales son expresadas en términos de flujos, nodos y redes.

Además, basándonos en el principio de que cada modo se utiliza en función de sus ventajas comparativas en cadenas eficientes de transporte comodal, la logística desempeña un papel fundamental para ayudar a las empresas y los territorios a lograr sus objetivos de establecer cadenas de suministros de calidad. También en los esfuerzos contra el cambio climático a través de la logística verde y los corredores verdes.

8. Analizar la capacidad de las líneas en el caso del incremento de los tráficos y de las circulaciones para conocer los umbrales de saturación y las posibles mejoras. Sería necesario estudiar las frecuencias y longitud de los cantones, los tramos con vías únicas, la situación de las estaciones, la longitud de las vías de apartado para cruces y pasos, la circulación en días discontinuos de trenes muy largos, la superestructura en cuanto a instalaciones y señales, la posibilidad de implementar el ERMTS en las vías de ancho convencional, etc.

9. Realizar estudios particularizados de cada terminal de su diseño y zonificación, de sus instalaciones, sus operaciones y cada plan de transporte de las distintas operadoras para encontrar las mejoras las mejoras necesarias. Dichas mejoras redundarán en un ahorro en los tiempos de ejecución y en los tiempos muertos, incrementando la capacidad y la eficiencia de las terminales lo que, a su vez, hará que aumente su competitividad.

Cada estudio comprendería, la naturaleza y características de cada tráfico. El diseño de la terminal y las instalaciones de que dispone para cada uno de esos tráficos o grupos de ellos porque condicionará la forma de realizar las operaciones y su capacidad.

También estudiar los movimientos de los trenes y sus necesidades, de las locomotoras de maniobras y las funciones de los recursos humanos, así como, sus tiempos de ejecución que, obviamente, dependerán hasta un cierto umbral de los recursos materiales y humanos asignados. A partir de dicho umbral, en nuestra opinión, la eficiencia de cada terminal no aumentaría por la ley de rendimientos decrecientes y sus límites de capacidad.

10. Sería necesario el estudio de la capacidad del subsistema de operaciones de terminales y estaciones, tanto para la entrada de camiones y vehículos pesados como de trenes, así como, la capacidad de operaciones de maniobras. La aplicación de la

Teoría de Líneas de Espera o Colas podría ser de gran ayuda para poder establecer el volumen máximo de tráfico, carretero y ferroviario, que puede admitir el subsistema.

Actualmente existen ventanas horarias y momentos puntuales en los que los accesos a Zaragoza Plaza presentan tiempos muertos en la espera. Puede que sea el propio diseño de la zona logística, la zonificación de la terminal, la falta de automatización, de viales dentro de la zona de carga y estocaje, etc,. Sin embargo, es también posible que de ser más fluido no podría atenderse la demanda por los tiempos de la operativa, invasión de los camiones de la zona de trabajo de las grúas, etc.

11. Ante la posibilidad de que se incremente el volumen de transporte de mercancías por ferrocarril y la saturación de las terminales en el área de estudio, para cada uno de los ejes hemos seleccionado entre los distintos municipios los más adecuados para tener un espacio ferroviario especializado o de apoyo a las grandes terminales del área metropolitana.

Los criterios de selección son una alta especialización industrial con volúmenes de producción para llegar a un cierto umbral, varios polígonos industriales o uno potente. Podría considerarse la especialización y que dispongan de estación de ferrocarril en disposición de operar en la actualidad o la posibilidad de conexión a la red ferroviaria.

Sería necesario un análisis más profundo sobre la situación, accesos, posibilidad de recrecimiento, topografía, etc. También, es posible contemplar otros municipios cuyas estaciones se cerraron o desaparecieron en el pasado pero que son próximas a las líneas ferroviarias. Esto requeriría un estudio todavía más profundo que el anterior.

12. En cuanto a nuestra área de trabajo y Aragón en su conjunto sería fundamental implementar un SIG especializado que incluyese el sistema de transporte, el sistema logístico, el sistema urbano y el sistema productivo.

Esta herramienta mejoraría la planificación y la toma de decisiones, la gestión de los actores de los distintos sistemas, la competitividad territorial y empresarial, así como, el conocimiento académico. Obviamente, podría encuadrarse en un proyecto más amplio y ambicioso que contemplase todo el sistema territorial, si bien, los recursos económicos y de tiempo serían mucho más importantes.

9. BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS FUENTES

ADIEGO, E, *et al*. (1980), *Zaragoza Barrio a Barrio* (Vol. 2), *La Almozara Delicias,* Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza, Zaragoza.

ADIEGO, E, *et al*. (1980), *Zaragoza Barrio a Barrio* (Vol. 4), *Arrabal, Oliver, Valdefierro, Torrero, Barrios Rurales*, Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza, Zaragoza.

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2006), *Esquema del entorno ferroviario de Zaragoza. Marzo 2006*, Mantenimiento de Infraestructura Líneas Convencionales, Gerencia de Producción de Zaragoza.

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2007a), *Manual de Capacidades*, noviembre 2007, Adif.

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2007b), *Esquema del entorno ferroviario de Zaragoza. Diciembre 2007*, Mantenimiento de Infraestructura Líneas Convencionales, Gerencia de Producción de Zaragoza.

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2008), *Túneles y Tramos Metálicos*, documentación interna.

http://intranet.adif.es

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2009a), *Declaración sobre la Red. Actualización 2009,* Dirección General de Explotación de la Infraestructura, Dirección Comercial y de Atención al Cliente, Madrid.
http://www.adif.es/es_ES/conoceradif/declaracion_de_la_red.shtml

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2009b), *Líneas. La revista de Adif*, nº 5, mayo, Dirección de Recursos Humanos, Madrid.

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2010a), *Carta autorización de circulación s/253 en doble tracción*, 22 de febrero de 2010, Dirección de Seguridad en la Circulación Dirección General de Seguridad, Organización y RR.HH, Adif

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2010b), *Declaración sobre la Red. Actualización 2011*, Dirección General de Explotación de la Infraestructura, Dirección Comercial y de Atención al Cliente, Madrid.
http://www.adif.es/es_ES/conoceradif/doc/CA_DRed_Completo.pdf

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2010c), *Plan de acción y síntesis de medidas ante temporales de nieve 2010-2011*, Dirección General de Desarrollo de la Infraestructura, Dirección Ejecutiva de Circulación, Delegación de Circulación norte.

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2012d), Estadísticas, Dirección Servicios Logísticos, Adif, intranet Adif.

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2010e), *Cuadro de Cargas Máximas de 1 de marzo de 2000, actualizado hasta anejo 21 de 15 de diciembre de 2010*, Dirección de Tráfico, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2011a), *CIRTRA 2010*, tomo I, enero de 2011, Dirección de Control de Gestión y Sistemas – Jefatura de Gabinete de Objetivos y Análisis de Gestión, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2011b), *Declaración sobre la Red. Actualización 2011*, Dirección General de Explotación de la Infraestructura, Dirección de Contratación y Coordinación Comercial, Madrid. http://www.adif.es/es_ES/conoceradif/doc/CA_DRed_Completo.pdf

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2011c) , *Cuadro de Velocidades Máximas e Informaciones Permanentes de 30 de abril de 2002. Líneas del 2º, actualizado hasta anejo 58 de 29 de septiembre de 2011, y líneas del 3er Grupo, actualizado hasta anejo 49 de 22 de septiembre de 2011*, Dirección de Planificación y Gestión de Capacidad, Dirección de Gestión de Red e Innovación, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, ADIF.

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2012a), *Actualización Declaración sobre la Red 2012*, Anejo H, mapa nº 11, p. 223, Dirección de Contratación y Coordinación Comercial, Dirección General de Explotación de la Infraestructura, ADIF.

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2012b), *Consigna Serie B nº 2*, 1 febrero 2012, Direcciones de Operaciones Noreste, Este y Norte, Dirección de Operaciones e Ingeniería de Red Convencional, Dirección General de Operaciones e Ingeniería, Adif.

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2012c), Hoja de Ruta de varios trenes, Mallas, Dirección de Circulación, Dirección General de Desarrollo de la Infraestructura, ADIF, https://intranet.adif.es, [en línea], [consulta: 15 de abril de 2012].

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2012d), *Esquemas de Estaciones*, Producción, Jefaturas de Regulación Noreste, Norte y Este, Gerencias de Operaciones Noreste, Norte y Ese, Dirección de Circulación, Dirección General de Desarrollo de la Infraestructura, ADIF, https://intranet.adif.es, [en línea], [consulta: 15 de abril de 2012].

ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (Adif) (2012e), *Clasificación de Estaciones* (2012), Gestión de Operaciones, Jefatura de Estaciones, Gerencia de Gestión de Tráfico Noreste, Dirección de Circulación, DOIRCO, ADIF, documentación interna, https://intranet.adif.es, [en línea], [consulta: 30 de abril 2012].

AENA AEROPUERTOS (2011), Estadísticas de Tráfico, Informe 2011, Aena Aeropuertos. http://www.aena.es/csee/Satellite/aeropuertos/es/Page/1046686258517//Estadisticas.html

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA (2009), *Plan nacional de predicción y vigilancia de fenómenos meteorologicos adversos. Meteoalerta*, 4ª edición, 27 de octubre de 2009. http://www.inforiesgos.es/ficheros_comunes/documentos/meteoalertav4_2009.pdf

AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE (2005), *El medio ambiente europeo. Estado y perspectivas 2005*, , EEA y OPOCE , Copenhague. http://reports.eea.europa.eu/state_of_environment_report_2005_1/es/

AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE (2007a), *El medio ambiente en Europa. Cuarta evaluación*, EEA y OPOCE , Copenhague. http://reports.es.eea.europa.eu/state_of_environment_report_2007_1/es/index_html_local

AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE (2007b), *El medio ambiente en Europa. Cuarta evaluación. Resumen ejecutivo*, EEA y OPOCE, Copenhague. http://reports.eea.europa.eu/state_of_environment_report_2007_2/es/Summary_Belgrade_ES.pdf

AGRA MARTÍNEZ, D. (2008), *Localización de centros de intercambio modal y plataformas logísticas*, Tesina de Especialidad, Departament d'Infrastructura del Transport i del Territori, Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/5633/4/03.pdf

ALBADALEJO CARRIÓN, A. (1991), *Mercancías y ferrocarril*, en OP. Obras Públicas, El ferrocarril, I, nº 22, invierno, pp. 48-57, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Barcelona.

ALBADALEJO CARRIÓN, A. (1998), *El transporte de mercancías por ferrocarril en la oferta logística del siglo XXI*, en Logística y Transporte de Mercancías, III Congreso de Ingeniería del Transporte, El Transporte en el siglo XXI, Barcelona 17-19 de junio de 1998, pp. 77-84, López Pita, A. y Robusté Antón, F. (Eds.), Barcelona.

ALBADALEJO CARRIÓN, A. y FONT, A. (2004), *Mejora de la logística ferroviaria de mercancías con el uso de materiales ligeros*, en Logística y Transporte de Mercancías, VI Congreso de Ingeniería del Transporte, Infraestructuras de Transporte y Logística como Motor de Desarrollo de las Regiones Europeas, pp. 1.465-1.471, Zaragoza 23-25 de junio de 2004, Emilio Larrodé y Luís Castejón (Eds.), Zaragoza.

ALBEGOV, M., ANDERSSON A. E. AND SNICKARS, F. (Edit.) (1982), *Regional development modeling, theory and practice*, collection Studies in regional science and urban economics, nº. 8, North-Holland, Amsterdam, New York, Oxford.

ALBRECHTS, L. AND COPPENS, T. (2003), *Megacorridors: striking a balance between the space of flows and the space of places*, in Journal of Transport Geography, vol. 11, n. 3, pp. 215-224.
www.sciencedirect.com/science/article/B6VG8-49326B1-2/2/edc4ade3d5ae3cd9ca654db191d76314

ALONSO BLAS, D. F. (2000), *Historia del ferrocarril en Aragón*, 2ª ed., Libros Certeza, Zaragoza.

ALONSO LOGROÑO, M. P. (1991), *Variaciones en las pautas de localización industrial: formación del "Corredor Industrial del Ebro" y General Motors,* Geographicalia, nº 28, diciembre de 1991, pp. 3-33, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

ÁLVAREZ RODRÍGUEZ, J. (2006), *Parametrización del gálibo de material ferroviario*, tesis doctoral, leganés, 2006, Departamento de Ingeniería Mecánica, Área de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III.
http://e-archivo.uc3m.es/dspace/bitstream/10016/782/1/Tesis_Deposito_2206.pdf

ALUMUR, S. and KARA, B. Y. (2008), *Network hub location problems: The state of the art*, European Journal of Operational Research, Vol. 190, nº 1, pp. 1–21.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VCT-4NXRMHD-4/2/b444bdafb18ab0de25deaa3c4adf4533

ÁLVAREZ, M., GUERRERO, S. y JOVELL, L. (1996), *Crecimiento, aglomeración urbana y efectos de rebosamiento*, Comunicación en la V jornadas de economía crítica, Santiago de Compostela.
http://www.ucm.es/info/ec/jec5/pdf/area5/area5-1.pdf

ÁLVAREZ MÁNTARAS, D. y LUQUE RODRÍGUEZ, P. (2003), *Ingeniería e infraestructura de los transportes*, Servicio de publicaciones, Universidad de Oviedo, Oviedo.

APARICIO, M. T., AZNAR, A. y AZNAR, P. (2005), *Estimación de la Renta de las Comarcas. Serie 1999-2002*, Documento de Trabajo nº 33, diciembre 2005, Instituto Aragonés de Estadística.
https://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Organismos/InstitutoAragonesEstadistica/AreasTematicas/Economia/InformacionTemas/ci.11_DocumentosDeTrabajo.detalleDepartamento?channelSelected=dc7e2135fc5fa210VgnVCM100000450a15acRCRD.

APARICIO MOURELO, A. C., MENÉNDEZ REXACH, F. y SÁNCHEZ VICENTE, A. (2005), *Disociar Crecimiento Económico y Demanda de Transporte. Caso de Estudio de España*, Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

ARACIL, J. (1995), *Dinámica de Sistemas*, serie azul, monografía nº 4, Isdife, Madrid. http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/web/din%C3%A1mica+de+sistemas/$file/dinamica.pdf

ARRIBAS, D. (1999), *Minas de Ojos Negros: Un filón por explotar*, Centro de Estudios del Jiloca, Calamocha, Teruel. http://www.xiloca.com/data/Bases%20datos/Monograficos/758a.pdf

ARTOLA, M. (Dir.), CORDERO, R., MATEO, D. y MENÉNDEZ, F. (1978), *Los ferrocarriles en España. 1844-1943*. *El Estado y los ferrocarriles*, vol. I, Banco de España, Madrid.

ARTOLA, M. (Dir.), ANES, R. y TEDDE, P. (1978), *Los ferrocarriles en España 1844-1943. Los ferrocarriles y la economía*, vol. II, Banco de España, Madrid.

ASHEIM, B. T. (2000), *Industrial Districts: : The Contribution of Marshall and Beyond*, en Clark, G. L., Feldman, M. P. y Gertler, M. S. (edits.), The Oxford Handbook of Economic Geography, part IV, The Geography of Innovation, section 9, Districts and Regional Innovation Systems, pp. 413-431, Oxford University Press, New York.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE AUTOMÓVILES Y CAMINONES (ANFAC) (2009), Valoración de la logística ferroviaria, informe 2009, 1ª edición. http://www.lrmconsultorialogistica.es/blog/feed/9-articulos/55-anfac-valoracion-logistica-maritimo-ferroviario.html

ASOCIACIÓN EUROPEA DE ADMINISTRADORES DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS (EIM) (2006), *Documento de posición de EIM sobre el documento de consulta de la Comisión Europea sobre la implementación progresiva de una red ferroviaria orientada al transporte de mercancías, publicado por la Comisión el 22 de mayo de 2006,* en Hacia una "Red Básica de Transporte de Mercancías por Ferrocarril", pp. 21-28, Estrategias Ferroviarias Europeas, nº 17, octubre de 2006, Fundación de los Ferrocarriles Españoles y ADIF, Madrid. http://www.docutren.com/archivos/doc_internacionales/doc17.htm

AUDES (2005), *Áreas Urbanas de España 2005*, . [en línea], [consulta: 08 de junio de 2010]. http://alarcos.inf-cr.uclm.es/per/fruiz/audes5/

AYESA (2009), *Estudio Informativo Ronda Sur Ferroviaria de Zaragoza. Fases A y B*, Tomos I a V, Ministerio de Fomento, Madrid.

AYESA (2009), *Estudio Informativo Ronda Sur Ferroviaria de Zaragoza. Fase C*, Tomos I a XIII, Ministerio de Fomento, Madrid.

AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA (1993), *Zaragoza mira al futuro. Revisión del Plan General de Ordenación Urbana. Documento de criterios, objetivos y soluciones generales*, Excelentísimo Ayuntamiento de Zaragoza, Área de urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente, Zaragoza.

AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA (2003), *Anexo 6, Clima, Memoria Informativa, Plan General de Ordenación Urbana*, [CD-ROM], diciembre 2002, Zaragoza.

BABAULT, J. y TEIXELL, A. (2007), *El relieve de los Pirineos*, Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, vol. 15, nº 2, pp. 135-150, Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, AEPECT, Córdoba. http://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/120965/166480

BAQUER BARRIENDOS, E. et al (2008), *Pinceladas de geología*, en CABALLÚ ALBIAC, M. y CORTÉS BORROY, F. J. (Coord.) (2008), Comarca de Bajo Aragón-Caspe, Colección Territorio, nº 31, pp. 23-44, Departamento de Presidencia y Relaciones Institucionales, Diputación General de Aragón, Zaragoza.
http://portal.aragon.es/portal/page/portal/INFTERR/PUBLICACIONESDIGITALES/COLECCIONTERRITORIO/31.%20Comarca%20de%20Bajo%20Arag%C3%B3n-Caspe

BÁGENA, J.A. (2004), *Espacio Integrado: Zaragoza y su entorno*, en documento resumen "Espacio Integrado", El Plan Estratégico de Zaragoza y su entorno se pone al día, Revisión y actualización de las estrategias, 28 de abril de 2004, Ebrópolis, Zaragoza.

BANCO DE ESPAÑA [en línea], *Síntesis de la Contabilidad Nacional de España, Contabilidad Nacional Trimestral de España (CNTR). BASE 2010. Datos brutos*, [consulta marzo 2014], http://www.bde.es/bde/es/areas/estadis/

BANCO DE ESPAÑA [en línea], *Consumo interior bruto de energía primaria. Serie ajustada*, [consulta marzo 2014],
http://app.bde.es/bie_www/faces/bie_wwwias/jsp/op/Home/pHome.jsp

BAVOUX, J.J. y CHARRIER, J.B. (1994), *Transport et structuration de l'espace dans l'Union européenne*, Masson, Barcelona.

BAVOUX, J.J. , BEAUCIRE, F., CHAPELON, L. et ZEMBRI, P. (2005a), *Géographie des Transports*, Armand Colin, Paris.

BAVOUX, J.J. (2005b), *La nodalité: un concept fundamental de l'organisation de l'espace. Introduction au dossier*, en Les Cahiers Scientifiques du transport, nº 48, pp. 5-14, Association Française des Instituts de Transport et de Logistique, AFITL, Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon.
http://afitl.ish-lyon.cnrs.fr//tl_files/documents/CST/N48/Intro48.pdf

BEAVON, K.S.O., (1981), *Geografía de las actividades terciarias. Una reinterpretación de la teoría de los lugares centrales*, oikos-tau s.a., Barcelona.

BENITO FERRÁNDEZ, G. (1989), *Terrazas y glacis del somontano de Ayerbe*, trabajo incluido en la tesis de licenciatura *Geomorfología de la Cuenca Baja del río Gállego*, Universidad Zaragoza, inédita.
http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=653504&orden=81633

BENKO, G., LIPIETZ, A. Edits., (1994): *Las regiones que ganan. Distritos y redes. Los nuevos paradigmas de la geografía económica*, Colección Política y Sociedad, nº 14, Instituto Alfons el Magnánim, Valencia.

BENKO, G., LIPIETZ, A. (2000), *La richesse des régions. La nouvelle géographie socio-économique*, Collection Économie en Liberté, Press Universitaires de France, Paris.

BERMÚDEZ, F., RUBIO, J.M., CUADRAT, J.M. (1993), *Geografía Física*, Cátedra, Madrid.

BERROIR, S., MATHIAN, H., SAINT-JULIEN, TH. ET SANDERS, L. (2004), *Mobilités et polarisations: vers des métropoles polycentriques. Le cas des métropoles francilienne et méditerranéenne*, Etude réalisée pour le Plan Urbanisme Construction Architecture Pôle Sociétés urbaines, Habitat et Territoires dans le cadre du programme de recherche « Mobilités et territoires urbains ». Janvier 2004, UMR Géographie-cités, CNRS, Université Paris1, Université Paris7, ENS Lettres Sciences Humaines Lyon.
http://www.parisgeo.cnrs.fr/lien/mobilites2004.pdf

BERRY, B. J. L. (1969), *Approaches to regional analysis. A synthesis*, en Mishra, R. P., Regional Planning. Concepts, Techniques and Cases Estudies, reprinted 2002, Concept Publishing Company, New Delhi. [en línea], [consulta: 10 de junio de 2008, vista restringida].
http://books.google.es/books?id=6kQcea7DkBQC&pg=PA63&lpg=PA63&dq=Mishra,+

R.+P.,+Regional+Planning&source=bl&ots=rjt0SVlltA&sig=rm1pAksvRixzIBH1IFWLZKGU30Q&hl=es&ei=hJLsSorcM9fPjAfBhOWdDQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CBMQ6AEwAg#v=onepage&q=&f=false

BERRY, B. J. L. (1971), *Geografía de los centros de mercado y distribución al por menor*, Vicens Vives, Barcelona.

BERRY, B. J. L. (1985), *Los enfoques del análisis regional: una síntesis*, en García Ramón, M. D. (Edit.) (1985), *Teoría y método en la geografía humana anglosajona*, pp. 79-94, Ariel, Barcelona.

BIEHL, D. (1988), *Las infraestructuras y el desarrollo regional*, Papeles de Economía Española, Economía regional: ideas y políticas, nº 35, pp. 293-310, Fundación de las Cajas de Ahorros, Madrid.
http://www.funcas.ceca.es/Publicaciones/InformacionArticulos/Publicaciones.asp?Id=802

BIGRAS, Y. (2004), *Les caractéristiques des entreprises manufacturières et de la distribution du Grand Montréal en termes de processus logistiques et leurs besoins en transport. Phase 1 Revue de la littérature et méthodologie,* Rapport septembre, Observatoire du Transport des Marchandises du Grand Montreal, École des sciences de la gestion, Université du Québec à Montreal.
http://www.citm-transport.org/pdf/Rapport%20Observatoire%20Septembre%202004.pdf

BILBAO METRÓPOLI 30 (1998), *Indicadores estratégicos de revitalización: Comparación del Bilbao Metropolitano con las áreas metropolitanas del Estado*, Trabajo monográfico VIII, diciembre 1998.
http://www.bm30.es/intranet/mono/mono8.pdf

BILBAO METRÓPOLI 30, (1998), *Competitividad urbana en Europa: situación y perspectivas*, trabajo monográfico IX, enero 1999.
http://www.bm30.es/intranet/mono/mono9.pdf

BLACK, W. R. (2001), *An unpopular essay on transportation*, en Journal of Transport Geography, vol.9, nº 1, pp.1-11.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VG8-42991PW-1/2/c01d6ff5b50b5bf6300a48831efe732b

BLACK, W. R. (2003), *Transportation. A geographical análisis*, The Guilford Press, London.

BLACK, W.R. (2004), *Recent Developments in US Transport Geography*, en Hensher, D.A. et al, *Hand book of transport geography and spatial systems*, ch. nº 2, Elsevier, London.

BLACK, W. R., NIJKAMP, P. y REGGIANI, A. (2007), *La investigación sobre transporte a ambos lados del Atlántico: estrategia y alcance*, en Martín, J. C., Reggiani, A. y Rietveld, P. (2007), *Las redes de transporte desde un enfoque multidisciplinar*, pp. 127-149, Thomson Civitas, D. L., Cizur Menor (Navarra).

BLANCHARD, B. S. (1995a), *Ingeniería de Sistemas*, serie azul, monografía nº 1, publicaciones de ingeniería de sistemas, Isdefe, Madrid.
http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/web/ingenier%C3%ADa+de+sistemas/$file/ingenieria.pdf

BLANCHARD, B. S. (1995b), *Ingeniería Logística,* serie azul, monografía nº 7, publicaciones de ingeniería de sistemas, Isdefe, Madrid.
http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/web/ingenier%C3%ADa+log%C3%ADstica/$file/logistica.pdf

BOIX DOMÈNECH, R. (2005), *Redes de ciudades, economías externas y crecimiento*, en Tarroja, A. y Camagni, R. (coords.), Una nueva cultura del territorio, Colección: Territorio y Gobierno: Visiones, nº 4, febrero, pp. 251-264, Diputación de Barcelona, Barcelona.

BOIX DOMÈNECH, R. (2007), *Concepto y delimitación de áreas metropolitanas: una aplicación a las áreas metropolitanas de España*, Seminario: Las grandes áreas metropolitanas españolas en una perspectiva comparada, 11 de Abril de 2007, Centro de Estudios Andaluces, Sevilla.
http://urban.uab.es/references/2007/07002.pdf

BOUFFIOUX, C., BEUTHE, M. et PAUWELS, T. (2006), *La qualité des services de transport de marchandises : une analyse agrégée des ordres de préférence déclarés*, en Les Cahiers Scientifiques du Transport, n° 50, pp. 135-158, Association Française des Instituts de Transport et de Logistique, AFITL, Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon.
http://afitl.ish-lyon.cnrs.fr/CST/precedents-numeros/N50/Bouff50.pdf

BRÅTHEN, S. (2001), *Do fixed links affect local industry? A Norwegian casa study*, en Journal of Transport Geography, vol.9, nº 1, pp.25-38.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VG8-42991PW-3/2/31448c68eb2c98000775505888769 0dd

BRITISH MARITIME TECHNOLOGY LTD. (coord.) (2006), *Comparative benchmarking of performance for freight transport across the modes from the perspective of transport users: short sea shipping vis-à-vis rail, road and inland waterways*, Quality & Efficiency, Sustainable Surface Transport, work package 2.1., Maritime Transport Coordination Platform (MTCP).
http://www.maritime-transport.net/mtso/downloads/Public_Information/MTCP_report_Benchmarking_service_performance_study.pdf

BROCARD, M. (dir.) et al. (2009), *Transport et territoires. Enjeux et débats*, collection Carrefours, Elipses, Paris.

BRÖCKER, J., KANCS, A., SCHÜRMANN, C. y WEGENER, M. (2001), *Methodology for the Assessment of Spatial Economic Impacts of Transport Projects and Policies*, EERI Research Papers nº 3/2001, Economics and Econometrics Research Institute, Brussels.
http://www.eeri.eu/documents/wp/EERI_RP_2001_03.pdf

BRUGUÉ, Q. *et al* (2002), *La agenda y el debate sobre el territorio en la sociedad de redes*, en Subirats, J. (coord.), Redes, territorios y gobiernos, Colección: Territorio y Gobierno: Visiones, nº 1, marzo, pp. 17-23, Diputación de Barcelona, Barcelona.

BRUINSMA, F. y RIETVELD, P. (1995), *La accesibilidad de las ciudades en las redes de infraestructuras: una comparación de enfoques*, en *Revista Asturiana de Economía* nº 3, p.31-44, Asociación Asturiana de Estudios Económicos, Oviedo.

BRUNET, R. (2002), *Lignes de force de l'espace européene*, en Mappemonde, nº 66 (2), Centre National de la Recherche Scientifique, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
http://www.mgm.fr/PUB/Mappemonde/M202/Brunet.pdf

BUESA, M. y MOLERO, J. (1988), *Estructura industrial de España*, Colección PAIDEIA, Fondo de Cultura Económica, Madrid.

BUIL CASTILLO, M. (2007), *Geología del Cinca Medio*, en SANZ LEDESMA, J. (Coord.) (2007), Comarca del Cinca Medio, Colección Territorio, nº 26, pp. 21-30, Departamento de Presidencia y Relaciones Institucionales, Diputación General de Aragón, Zaragoza.
http://portal.aragon.es/portal/page/portal/INFTERR/PUBLICACIONESDIGITALES/COLECCIONTERRITORIO/26.%20Comarca%20del%20Cinca%20Medio.

BURMEISTER, A. y JOIGNAUX, G. (Dirs.), (1997), *Infraestructures de Transport et Territoires*, L'Harmattan, Paris.

BURMEISTER, A. (2000), *Juste-à-temps, stratégies logistiqueset rôle du transport*, en les Cahiers Scientifiques du Transport, nº 38, pp. 45-62, Association Française des Instituts de Transport et de Logistique, AFITL, Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon. http://afitl.ish-lyon.cnrs.fr/CST/precedents-numeros/N38/BURM38.PDF

BUSQUETS I FÀBREGAS, J. (Dir.) (2007), *Buenas prácticas de paisaje: líneas guía*, Direcció General d'Arquitectura i Paisatge, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya, Barcelona.
http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0536689.pdf

CAF (2007), Catálogo Bitrac 3600. http://www.caf.es/es

CALIO, J. (2005), Modelización de los flujos de viajeros y de mercancías a través de los Pirineos, en Necesidades de interconexión de las regiones SUDOE bajo un enfoque multimodal, Proyecto Pirene II, actas, junio 2005, pp. 24-31, Gobierno de Aragón, Zaragoza.

CALLEJÓN, M. (1998), *Concentración geográfica de la industria y Economías de Aglomeración*, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Barcelona.
http://www.ub.es/graap/pdfcallejon/Callejon-geo-concentr.pdf

CALVO, J.L. (2004), *La población de Zaragoza y su espacio metropolitano*, en documento resumen "Espacio de Vida", El Plan Estratégico de Zaragoza y su entorno se pone al día, Revisión y actualización de las estrategias, 6 de mayo de 2004, Ebrópolis, Zaragoza.

CALVO, J. L., JOVER, J. M. y PUEYO, A. (1992), *Modelos de accesibilidad y su representación cartográfica: las redes Española y Valenciana*, Comunicaciones a la Ponencia 1: Sistemas de Información Geográfica, Actas: Comunicaciones, V Coloquio de Geografía Cuantitativa, 21-25 septiembre, pp.59-74, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

CALVO, J.L., PUEYO, A., TRICAS, F. (2002), *Instrumentos de gestión territorial para la toma de decisiones en el medio local*, Edita: Dirección General de Administración Local, Consejería de Gobernación, Junta de Andalucía, Sevilla.

CALVO, J.L. y PUEYO, A (2007), *Transformaciones urbanas: la nueva Zaragoza real*, en Zaragoza avanzamos rápido. Planes y proyectos para la ciudad 2000/2015, Cámara de Comercio e Industria de Zaragoza, Zaragoza.

CALVO Y RUATA, P. (2004), *Una aproximación a la cuestión metropolitana en Europa*, I Congreso Internacional Municipia siglo XXI. Ciudadanía y Gobierno Local, 1,2,3 de diciembre de 2004, Zaragoza.
http://www.dpz.es/diputacion/areas/presidencia/asistencia-municipios/municipia/congreso/ponencias/pablo-calvo.pdf

CAPEL MOLINA, J. J. (2000), *El clima de la península Ibérica*, editorial Ariel S.A., Barcelona.

CAMAGNI, R. (2005), *Acerca de la solidez del concepto de la competitividad territorial*, en Tarroja, A. y Camagni, R. (coords.), Una nueva cultura del territorio, Colección: Territorio y Gobierno: Visiones, nº 4, febrero, pp. 111-136, Diputación de Barcelona, Barcelona.

CÁMARA DE COMERCIO DE BARCELONA (2003), *Infraestructuras y territorio. Una relación inextricable*, estudi llotja, informe, octubre, Barcelona.
http://www.cambrabcn.org/c/document_library/get_file?folderId=14211&name=DLFE-554.pdf

CÁMARA, J. y *FERRMED* (2007), *Un corredor ferroviario vital para el transporte de mercancías*, ponencia, en Encuentro de ciudades mediterráneas por el AVE y el corredor de mercancías, 17 de enero de 2007, Castellón, Ayuntamiento de Castellón. http://www.castello.es/archivos/575/juan_camara.pdf

CAMARERO, A. (2000), *Características técnicas de los Centros Integrados de Mercancías*, Ponencia VI, pp. 89-98, Primeras jornadas sobre Centros Integrados de Mercancías (CIM), (Burgos, 30 nov-1 dic de 2000), Asociación Española de la Carretera, Madrid.

CAMARERO, L (Coord) et al. (2009), *La población rural en España. De los desequilibrios a la sostenibilidad social*, Colección de Estudios Sociales, nº 27, Fundación "la Caixa", Barcelona. http://obrasocial.lacaixa.es/StaticFiles/StaticFiles/087026590ebd3210VgnVCM2000001 28cf10aRCRD/es/libro27_es.pdf

CAMERDATA S.A. [en línea], Fichero de Empresas Españolas [consulta: marzo 2011]. http://www.camerdata.es/php/Productos/fichero_empresas.php

CARAVACA BARROSO, I, (1998), *Los nuevos espacios emergentes*, en Estudios Regionales, nº 50, pp. 39-80, Universidades Públicas de Andalucía. http://www.revistaestudiosregionales.com/pdfs/pdf538.pdf

CARAVACA, I., GONZÁLEZ, G. y SILVA, R. (2003), *Redes e innovación socio-institucional en sistemas productivos locales*, Boletín de la A.G.E., nº 36, pp. 103-115, Asociación de Geógrafos Españoles. http://age.ieg.csic.es/boletin/36/3607.pdf

CÁRDENAS, M. A. (1976), *Aplicaciones del análisis de sistemas : métodos, modelos y resultados*, Continental, México.

CARMONA BADÍA, X. et al. (1990), *Pautas regionales de la industrialización española (siglos XIX y XX)*, Ariel Historia, Editorial Ariel S.A., Barcelona.

CASTAGNETTI, F. (Edit.) (2008), *NEWOPERA - The rail freight dedicated lines concept*, Final Report, Septembre 2008, The European Freight and Logistics Leaders Forum(F&L), Brussels. http://www.newopera.org/newopera

CASTELLS, M. (1995), *La ciudad informacional: tecnologías de la información, reestructuración económica y el proceso urbano-regional*, Alianza D.L., Madrid.

CASTELLS, M. Ed. (2006), *La sociedad red: una visión global*, Alianza Editorial, Madrid.

CAUVIN, C. (2005), *A systemic approach to transport accessibility. A methodology developed in Strasbourg: 1982-2002*, Cybergeo : European Journal of Geography, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 311, [En línea], [Consulta: 5 de junio de 2007]. http://cybergeo.revues.org/index3425.html

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL TRANSPORTE (TRANSyT) (2010), *Informe 2008 OMM*, junio de 2010, Observatorio de la Movilidad Metropolitana, Universidad Politécnica de Madrid. http://www.transyt.upm.es/files/investigacion/proyectos/observatorio_movilidad/InfOMM 2010.pdf

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL TRANSPORTE (TRANSyT) (2009), *Informe 2007 OMM*, junio de 2009, Observatorio de la Movilidad Metropolitana, Universidad Politécnica de Madrid. http://www.transyt.upm.es/files/investigacion/proyectos/observatorio_movilidad/InfOMM 2009.pdf

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL TRANSPORTE (TRANSyT) (2008), *Informe 2006 OMM*, junio de 2008, Observatorio de la Movilidad Metropolitana, Universidad Politécnica de Madrid.
http://www.transyt.upm.es/files/investigacion/proyectos/observatorio_movilidad/InfOMM2008.pdf
CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL TRANSPORTE (TRANSyT) (2007), *Informe 2005 OMM*, junio de 2007, Observatorio de la Movilidad Metropolitana, Universidad Politécnica de Madrid.
http://www.transyt.upm.es/files/investigacion/proyectos/observatorio_movilidad/infOMM2007.pdf

CENTURIÓN, J. L. (1996), *Diccionario de ecología*, Acento editorial, Madrid.

CHAPELON, L. (1996), *Modélisation multi-échelles des reseaux de transport: vers une plus grande précision de l'accessibilité*, en Mappemonde, nº 3, pp. 28-36, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
http://www.mgm.fr/PUB/Mappemonde/M396/Chapelon.pdf

CHAPMAN, D., PRATT, D., LARKHAM, P. AND DICKINS, I. (2003), *Concepts and definitions of corridors: evidence from England's Midlands*, in Journal of Transport Geography, vol. 11, n. 3, pp. 179-191.
www.sciencedirect.com/science/article/B6VG8-4961W4S-1/2/93f7f9581982aef1c6e90556316450e3

CHECKLAND, P. (1993), *Pensamiento de sistemas, práctica de sistemas*, Megabyte, México [etc.].

CHOPRA, S. (2003), *Designing the distribution network in a supply chain*, en Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 39, nº 2, pp. 123-160.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VHF-47K3N2R-2/2/d3267dbad445370bbbb1f5a5e6004888

CHORLEY, R. J. and HAGGETT, P. (1973), *La geografía y los modelos socioeconómicos*, colección Nuevo Urbanismo,Instituto de estudios de la Administración Local, Madrid.

CHURCHMAN, w. (1973), *El enfoque de sistemas*, Diana, México.

CLARK, G. L., FELDMAN, M. P. y GERTLER, M. S. (edits.) (2000), *The Oxford Handbook of Economic Geography*, Oxford University Press, New York.

COLLEY, C.H., (1974), *The Theory of Transportation*, in Elliot Hurst, M. E., *Transportation geography: comments and readings*, pp. 15-29, colección: McGraw-Hill series in geography, McGraw-Hill, New York.

COLIN, J. (1997), *Les nouvelles tendances de la logistique en Europe. France,* en Les nouvelles tendances de la logistique en Europe: rapport de la cent quatrième Table Ronde d'Economie des Transports, tenue à Paris, les 3 et 4 octobre 1996, Conference Européenne des Ministres des Transports, Centre de Recherches Économiques, Éditions OCDE, Paris.

COMISIÓN DE TRANSPORTES DEL COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS, (2003), *Libro verde del transporte en España*, enero 2003, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid.

COMISIÓN DE TRANSPORTES DEL COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS, (2005), *Libro Verde de la Intermodalidad,* mayo 2005, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2001), *Libro Blanco*, *La política de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad*, COM (2001) 370 final, 12 de septiembre, Bruselas. Intranet Adif: Interesa Renfe, 24/01/2005.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2003a), *Programa de fomento del transporte marítimo de corta distancia*, COM (2003) 155 final, 7 de abril de 2003, Comunicación de la Comisión, Bruselas.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0155:FIN:ES:PDF

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2003b), *Sobre el desarrollo de una red euromediterránea de transporte*, COM (2003) 376 final, 24 de junio de 2003, Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, Bruselas.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0376:FIN:ES:PDF

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2004), *Transporte marítimo de corta distancia*, COM (2004) 453 final, 2 de julio de 2004, Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, Bruselas.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2004:0453:FIN:ES:PDF

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2005), *Sobre el despliegue del sistema europeo de señalización ferroviaria ERTMS/ETCS*, COM (2005) 298 final, de 4 de julio de 2005, Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo, Bruselas.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0298:FIN:ES:PDF

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2006a), *Por una Europa en movimiento. Movilidad sostenible para nuestro continente. Revisión intermedia del Libro Blanco del transporte de la Comisión Europea de 2001,* COM (2006) 314 final, 22 de junio, Comunicación de la comisión al consejo y al parlamento europeo, Bruselas.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0314:FIN:ES:PDF

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2006b), *La logística del transporte de mercancías en Europa la clave para la movilidad sostenible*, COM (2006)336 final, 28 de junio, en Diario Oficial de la Unión Europea, 2007/C 168/13, 20 de julio de 2007, Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, Bruselas.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2007:168:0063:0067:ES:PDF

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2007a), *Ampliación de los principales ejes de transporte transeuropeos a los países vecinos Orientaciones sobre el transporte en Europa y las regiones vecinas*, COM (2007) 32 final, de 31 de enero de 2007, Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, Bruselas.
http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/com/com_com(2007)0032_/com_com(2007)0032_es.pdf

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2007b), *Redes transeuropeas: Hacia un enfoque integrado*, COM (2007) 135 final, de 21 de marzo de 2007, Comunicación de la Comisión, Bruselas.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0135:FIN:ES:PDF

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2007c), *Hacia una red ferroviaria con prioridad para las mercancías*, COM (2007) 608 final, de 18 de octubre de 2007, Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, Bruselas.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0608:FIN:ES:PDF

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2007d), *Plan de acción para la logística del transporte de mercancías*, Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, SEC(2007)1321, 18 de octubre de 2007, Bruselas.
http://ec.europa.eu/transport/logistics/freight_logistics_action_plan/doc/action_plan/logistics_action_plan_ia_es.pdf

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2009a), *Libro Verde. RTE-T: Revisión de la política. Hacia una Red Transeuropea de Transporte mejor integrada al servicio de la Política Común de Transportes COM (2009) 44 final,* de 4 de febrero de 2009, Bruselas.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0044:FIN:ES:PDF

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2009b), *TEN-T Policy Review. Report on the Public Consultation*, september 2009, Directorate-General for Energy and Transport.
https://www.ten-t-days-2009-naples.eu/fileadmin/Content/Downloads/PDF/TEN-T%20Policy%20Review%20Report%20on%20the%20Public%20Consultation.pdf

COMISIÓN EUROPEA (1999a), *Sexto informe periódico sobre la situación y la evolución socioeconómicas de las regiones de la Unión Europea*, Dirección General de Política Regional, Bruselas.
http://ec.europa.eu/regional_policy/document/pdf/document/radi/es/full_es.pdf

COMISIÓN EUROPEA (1999b), *El desarrollo del transporte marítimo de corta distancia en Europa: Una alternativa dinámica en una cadena de transporte sostenible. Segundo informe bienal de aplicación*, COM (1999) 317 final, 29 de junio de 1999, Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, el Consejo, el Comité Económico y Social y el Comité de las Regiones, Bruselas.
http://ec.europa.eu/transport/maritime/sss/doc/com_99_317_es_final.pdf

COMISIÓN EUROPEA (2001), *Desarrollo sostenible en Europa para un mundo mejor: estrategia de la Unión Europea para un desarrollo sostenible*, Comunicación de la Comisión, de 15 de mayo de 2001, (Propuesta de la Comisión ante el Consejo Europeo de Gotemburgo)» [COM (2001) 264 final - no publicada en el Diario Oficial].
http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28117.htm

COMISIÓN EUROPEA (2004), *Una Nueva asociación para la cohesión. Convergencia. Competitividad. Cooperación*, *Tercer informe sobre la cohesión económica y social,* Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.
http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/official/reports/cohesion3/cohesion3_es.htm

COMISIÓN EUROPEA (2006a), *Sobre la implantación progresiva de una red ferroviaria orientada al transporte de mercancías*, Documento de consulta, 22 de mayo de 2006, Dirección E-Transportes interiores, Transporte ferroviario e Interoperabilidad, Dirección General para la Energía y el Transporte, Bruselas, en Hacia una "Red Básica de Transporte de Mercancías por Ferrocarril", pp. 1-19, Estrategias Ferroviarias Europeas, nº 17, octubre de 2006, Fundación de los Ferrocarriles Españoles y ADIF, Madrid.
http://www.docutren.com/archivos/doc_internacionales/doc17.htm

COMISIÓN EUROPEA (2006b), *Por una Europa en movimiento. Movilidad sostenible para nuestro continente. Revisión intermedia del Libro Blanco del Transporte 2001de la Comisión Europea*, Dirección General de Energía y Transportes, Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.
http://ec.europa.eu/transport/transport_policy_review/doc/2006_3167_brochure_es.pdf

COMISIÓN EUROPEA (2007a*), Crecimiento de las regiones, Desarrollo de Europa. Cuarto Informe sobre la Cohesión Económica y Social* (versión provisional), Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.
http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/official/reports/cohesion4/pdf/4cr_es.pdf

COMISIÓN EUROPEA (2007b), *Revisión intermedia del Libro Blanco sobre la política de transportes de la Comisión Europea de 2001*, COM (2006) 314 final, Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, última modificación 4 de enero de 2007.
http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l24461.htm

COMISIÓN EUROPEA (2011a), Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050, Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social europeo y al Comité de las Regiones, COM(2011) 112 final, 8.3.2011, Bruselas.
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0112&from=en

COMISIÓN EUROPEA (2011b), *Libro Blanco. Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible*, COM (2011) 144 final, 28.3.2011, Bruselas.
http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:f92333f7-da0d-4fd6-9e62-389b0526e2ac.0020.03/DOC_1&format=PDF

COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO (2004), *Dictamen sobre Las áreas metropolitanas europeas: repercusiones socioeconómicas para el futuro de Europa*, 2004/C302/20, de julio de 2004, Bruselas.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2004:302:0101:0108:ES:PDF

COMMISSION ON COLLEGE GEOGRAPHY (1968), *A systems analytic approach to economic geography*, Publication no. 8, Association of American Geographers, Washington.
http://homepage.mac.com/bobm2/SysAnalEcGeog.pdf

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2007), *Annexes to the Communication on monitoring development of the rail market*, COM(2007)609, COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT, 18 october 2007, SEC(2007) 1323, Brussels.
http://ec.europa.eu/transport/logistics/freight_logistics_action_plan/doc/railway/2007_com_rail_market_annex_en.pdf

COMUNIDAD DE FERROCARRILES Y EMPRESAS DE INFRAESTRUCTURA EUROPEOS) (2006), *Documento de posición del CER*, Hacia una "Red básica de transporte de mercancías por ferrocarril", versión 3.3, 27 de junio de 2006, Documento de trabajo, en Hacia una "Red Básica de Transporte de Mercancías por Ferrocarril", pp. 29-45, Estrategias Ferroviarias Europeas, nº 17, octubre de 2006, Fundación de los Ferrocarriles Españoles y ADIF, Madrid.
http://www.docutren.com/archivos/doc_internacionales/doc17.htm

COMUNIDAD DE LAS EMPRESAS FERROVIARIAS Y DE INFRAESTRUCTURA EUROPEAS (CER) (2007a), *Posición de CER sobre la Comunicación "La logística del transporte de mercancías en Europa. La clave para la movilidad sostenible*, COM (2006) 336 final*,* 28 de junio de 2006, en Logística del transporte de mercancías en Europa: la clave para la movilidad sostenible, pp. 9-14, Estrategias Ferroviarias Europeas, nº 23, mayo 2007, ADIF: Dirección de Relaciones Internacionales, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Centro de Documentación Ferroviaria, Madrid.
http://www.docutren.com/archivos/doc_internacionales/docs/docu23.pdf

COMUNIDAD DE LAS EMPRESAS FERROVIARIAS Y DE INFRAESTRUCTURA EUROPEAS (CER) (2007b), *Hacia una red básica europea de transporte de mercancías por ferrocarril. La Propuesta de CER. Octubre 2007*, en Hacia una red básica europea de transporte de mercancías por ferrocarril, pp. 1-27, Estrategias Ferroviarias Europeas, nº 32, abril de 2008, ADIF: Dirección de Relaciones Internacionales, Madrid.
http://www.docutren.com/archivos/doc_internacionales/docs/docu32.pdf

CONFEDERACIÓN DE EMPRESARIOS DE ARAGÓN (2011), *Informe sobre el Índice de Producción Industrial. Abril de 2011,* Junio de 2011, CREA.
http://www.crea.es/generalcrea.nsf/Informesweb/A81552A336EA7732C12578C6002FC5E6/$FILE/37-11.%20IPI%20abril%202011.pdf

CONFEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ASOCIACIONES DE FABRICANTES DE PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN (CEPCO) [en línea], [consulta noviembre 2012]. http://www.cepco.es/lcategorias.asp?id_cat=245

CONFEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ORGANIZACIONES EMPRESARIALES (CEOE) (2009), Memorándum: El sector transporte en España, CEOE. http://www.aetrac.com/images/memorandum2009.pdf

CONFERENCIA EUROPEA DE MINISTROS DE TRANSPORTE (2001), *Evaluar los beneficios del transporte,* visión general, OCDE. www.cemt.org/pub/overviews/01AssBenefes.pdf visitada 06 noviembre 2006.

CONSEJO ARAGONÉS DE CÁMARAS y CONFEDERACIÓN DE EMPRESARIOS DE ARAGÓN (2011*), Encuesta anual 2010 - Perspectivas 2011*, colección ECI nº17, Zaragoza. http://www.camarazaragoza.com/publicaciones/documentos/documento413.pdf

CONSEJO DE CÁMARAS DE COMERCIO (2013), Base de datos de Comercio Exterior [en línea], Consejo de Cámaras de Comercio y Agencia Tributaria [consulta marzo 2013], http://aduanas.camaras.org/

CONSEJO EUROPEO DE JEFES DE ESTADO Y DE GOBIERNO (2001), *Tratado de Niza. por el que se modifican el tratado de la Unión Europea, los Tratados Constitutivos de las Comunidades Europeas y determinados actos conexos*, en Diario Oficial de la Unión Europea, 10 de marzo de 2001, nº C 80/01. http://eur-lex.europa.eu/es/treaties/dat/12001C/pdf/12001C_ES.pdf

CONSEJO EUROPEO DE JEFES DE ESTADO Y DE GOBIERNO (2002), V*ersión consolidada del Tratado de la Unión Europea (Tratado de* Maastricht*)*, en el Diario Oficial de la Unión Europea, 24 de diciembre de 2002, nº C 325/7. http://eur-lex.europa.eu/es/treaties/dat/12002M/pdf/12002M_ES.pdf

CONSEJO EUROPEO DE JEFES DE ESTADO Y DE GOBIERNO (2007), *Tratado de Lisboa por el que se modifican el Tratado de la Unión Europea y el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea, firmado en Lisboa el 13 de diciembre de 2007,* en Diario Oficial de la Unión Europea, 17 de diciembre, Número de información 2007/C 306/01, Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemboug. http://bookshop.europa.eu/eubookshop/bookmarks.action?target=EUB:NOTICE:FXAC07306:EN:HTML&request_locale=ES

CONSEJO SUPERIOR DE CÁMARAS DE COMERCIO, INDUSTRIA Y NAVEGACIÓN DE ESPAÑA (2011), *Perspectivas 2011 de las Comunidades Autónomas*, Cámaras de Comercio, Madrid. http://www.camarazaragoza.com/economia/descarga-publicaciones.asp?id=403

COYLE, J.J., BARDI, E.J. y NOVACK, R.A. (2000), *Transportation*, South-Western College Publishing : Thomson Learning, EEUU.

CRAMER, M. (2008), *Informe sobre el transporte de mercancías en Europa (2008/2008(INI)),* Documento de Sesión Parlamento Europeo, nº A6-0326/2008, de 28.7.2008, Comisión de Transportes y Turismo. http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A6-2008-0326+0+DOC+PDF+V0//ES

CREUS NOVAUS, J. (2004), *El relieve de la comarca de La Jacetania*, en ONA GONZÁLEZ, J. L. y SÁNCHEZ LANASPA, S. (Coord.) (2004), Comarca de La Jacetania, Colección Territorio, nº 12, pp. 19-28, Departamento de Presidencia y Relaciones Institucionales, Diputación General de Aragón, Zaragoza. http://portal.aragon.es/portal/page/portal/INFTERR/PUBLICACIONESDIGITALES/COLECCIONTERRITORIO/COMARCAJACETANIA

CRUIJSSEN, F., COOLS, M. and DULLAERT, W. (2007) *Horizontal cooperation in logistics: Opportunities and impediments*, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 43, no. 2, pp. 129-142.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VHF-4HPK928-1/2/1e179fca9e323b23dff68bfa86662d7c

CUADRATS, J. L y PITA, M.F. (1997), *Climatología*, Ediciones Cátedra S.A., Madrid.

CUADRATS PRATS, J. L., DE LA RIVA, J., LÓPEZ, F. y MARTÍ, A. (1993), *El medio ambiente urbano en Zaragoza. Observaciones sobre la isla de calor*, Anales de Geografía de la Universidad Complutense, nº 13, pp. 127-138, Madrid.
http://revistas.ucm.es/ghi/02119803/articulos/AGUC9393110127A.PDF

DANIELIS, R., MARCUCCI, E. and ROTARIS, L. (2005), *Logistics managers' stated preferences for freight service attributes*, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 41, nº 3, pp. 201-215.
www.sciencedirect.com/science/article/B6VHF-4D34PGT-1/2/d67f8380c7c2adf9e400ebb427e73398

DAUPHINÉ, A. (2003), *Les théories de la complexité chez les géographes*, Editorial Economica, Paris.

DE CAMARGO, R.S., MIRANDA, G. JR., FERREIRA, R. P. M. and LUNA, H. P. (2009), *Multiple allocation hub-and-spoke network design under hub congestion*, Computers & Operations Research, vol. 36, nº 12, pp. 3097-3106.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VC5-4TRCYM7-1/2/2c3d694ad17e7a398538a90cc85e8b20

DE COS GUERRA, O (2007), *Dinámica Metropolitana en España. Análisis estadístico y cartográfico de los municipios a partir de la población y la vivienda*, en Geographicalia, nº 51, junio de 2007, pp.59-80, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

DE ESTEBAN, A. (2009), *Área metropolitana*, en Román Reyes (Dir.), Diccionario Crítico de las Ciencias Sociales, [en línea], [consulta: 10 de octubre de 2010].
http://www.ucm.es/info/eurotheo/diccionario/A/index.html

DE LA FUENTE, F. (2012) *Evolución Teus Ferroviarios 2007-2011*, presentación en Jornada sobre Operadores Logísticos Ferroviarios, Zaragoza, 20 abril 2012, diapositiva Nº 9, Terminal Marítima de Zaragoza (TMZ).

DE LUCIO, J.J. (1997), *Geografía Económica: Aglomeración, Localización y Externalidades*, Fundación De Estrudios de Economía Aplicada (FEDEA), Madrid.

DE MIGUEL GÓNZALEZ, R. (2004), *Zaragoza: Área Metropolitana funcional e institucional versus organización metropolitana de geografía variable*, I Congreso Internacional Municipia siglo XXI. Ciudadanía y Gobierno Local, 1,2,3 de diciembre de 2004, Zaragoza.
http://www.dpz.es/diputacion/areas/presidencia/asistencia-municipios/municipia/congreso/ponencias/otras-comunicaciones/rafael-miguel.pdf

DE MIGUEL GÓNZALEZ, R. (2005), *La gobernanza de la gran Zaragoza: hacia una organización metropolitana de geografía variable*, en Economía Aragonesa nº 26, abril 2005, pp. 63-95, Servicio de Estudios, Ibercaja, Zaragoza.
http://www.ibercaja.es/pub/pdf/revista_economia/de000126.pdf

DE RUS MENDOZA, G. (1996), *Infraestructuras, crecimiento regional y evaluación económica*, en Papeles de Economía Española, Disparidades Económicas Regionales, nº 67, abril, pp. 222-237, Fundación Fondo para la Investigación Económica y Social, Obra Social de la Confederación Española de Cajas de Ahorro, Madrid.

DE TERÁN, M., SOLÉ SABARIS, L. y VILÁ VALENTÍ, J. (Dir.)(1994), Geografía general de España, 2a. ed. rev. y puesta al día, 5a reimp., Ariel, Barcelona.

DEL CANTO, C. *et al* (1998), *Trabajos prácticos de geografía humana*, Editorial Síntesis S.A., Madrid.

DELAPIERRE, M. (2005), *Les réseaux internationaux de production*, Festival International de géographie 2005: Le monde en réseaux. Lieux visibles, réseaux invisibles, 30 septembre au 2 octobre 2005, Saint-Dié-des-Vosges.
http://fig-st-die.education.fr/actes/actes_2005/delapierre/article.htm

DEMATTEIS, G. (2002), *De las regiones-área a las regiones-red. Formas emergentes de gobernabilidad regional*, en Subirats, J. (coord.), *Redes, territorios y gobiernos*, Colección: Territorio y Gobierno, nº 1, marzo, 2002, pp.163-175, Diputación de Barcelona, Barcelona.

DEMATTEIS, G. (2005), *El desarrollo de sistemas territoriales y de redes*, en Tarroja, A. y Camagni, R. (coords.), Una nueva cultura del territorio, Colección: Territorio y Gobierno: Visiones, nº 4, febrero, pp. 237-250, Diputación de Barcelona, Barcelona.

DICKEN, P. (1998), *Global shift: transforming the world economy*, Paul Chapman, London.

DICKEN, P. y LLOYD, E. (1990), *Location in space: theoretical perspectives in economic geography*, Harper Collins, New York.

DIDIER, M. y PRUD'HOMME, R. (2007), *Infrastructuresde transport, mobilité et croissance*, La Documentation française, Paris.
http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/074000501/0000.pdf

DODDER, R., SUSSMAN, J. M. and McCONNELL, J. B. (2004), *The concept of the "CLIOS process": integrating the study of physical and policy systems using Mexico city as an example*, Engineering Systems Symposium, preliminary session, 31 march 2004, Cambridge.
http://esd.mit.edu/symposium/pdfs/papers/dodder.pdf

DUCRUET, C. (2005), *Structure et dynamique spatial des villes portuaires: du local au mondial*, en Mappemonde, nº 77 (1), Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
http://mappemonde.mgm.fr/num5/articles/art05106.pdf

DURAND, S. (2001), *L'analyse et la modélisation spatiales des transports de marchandises par la méthode des coefficients structurels*, en Les Cahiers Scientifiques du transport nº 39, p.87-114, Association Française des Instituts de Transport et de Logistique, AFITL, Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon.
http://afitl.ish-lyon.cnrs.fr//tl_files/documents/CST/N39/dura39.pdf

ECHEVERRÍA ARNEDO, M. T. (2005), *El relieve de la Ribera Alta del Ebro*, en HERMOSO CUESTA, M. y VÁZQUEZ ASTORGA, (Coord.) (2005), Comarca de Ribera Alta del Ebro, Colección Territorio, nº 15, pp. 19-28, Departamento de Presidencia y Relaciones Institucionales, Diputación General de Aragón, Zaragoza.
http://portal.aragon.es/portal/page/portal/INFTERR/PUBLICACIONESDIGITALES/COLECCIONTERRITORIO/COMARCARIBERAALTAEBRO

ECHEVERRÍA ARNEDO, M. T. (2005), *El relieve de la Comunidad de Calatayud*, en MILLÁN GIL, J. y SANMIGUEL MATEO, A. (Coord,) (2005), Comarca de la Comunidad de Calatayud, Colección Territorio, nº 20, pp. 25-34, Departamento de Presidencia y Relaciones Institucionales, Diputación General de Aragón, Zaragoza.
http://portal.aragon.es/portal/page/portal/INFTERR/PUBLICACIONESDIGITALES/COLECCIONTERRITORIO/COMARCACOMUNIDADCALATAYUD

ELLIOT HURST, M. E. (1974), *Transportation geography: comments and readings*, Colección: McGraw-Hill series in geography, McGraw-Hill, New York.

ESCALONA, A. I. (1989), *Tendencias actuales de la Geografía del Transporte: el análisis de la movilidad*, en Geographicalia, nº26, diciembre de 1989, pp.83-89, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

ESCALONA, A. I. (1993), *Los sistemas de transporte en el espacio mundial*, en Geografía General II. Geografía Humana, pp. 302-325, Taurus Universitaria, Madrid.

ESCALONA A. I. y RAMOS PÉREZ, D. (2010), *Flujos empresariales, espacios logísticos y transporte. El transporte de carga por el aeropuerto de Zaragoza*, IV Jornadas de Geografía Económica, Grupo de Geografía Económica de la AGE, León, 1 y 2 de julio de 2010.
http://age.ieg.csic.es/geconomica/IVJornadasGGELeon/Comunicaciones%20Jornadas%20de%20Leon/II%20Ponencia/ESCALONA%20y%20RAMOS.pdf.

ESCALONA A. I., GÁMIR ORUETA, A., LARRODÉ PELLICER, E., SANÁU VILLARROYA, J. y RAMOS PÉREZ, D. (2008), *El aeropuerto de Zaragoza. Una visión espacial, económica y funcional*, documento de trabajo, nº 50/08, Fundación Economía Aragonesa FUNDEAR.
http://www.fundear.es/fotosbd/304729472rad178F3.pdf

ESCALONA A. I. y RAMOS PÉREZ, D. (2010), *Geografía productiva y flujos internacionales de transporte: el crecimiento de la carga aérea en el aeropuerto de Zaragoza*, Anales de Geografía, vol. 30, nº 2, pp.59-80, Universidad Complutense de Madrid.
http://revistas.ucm.es/ghi/02119803/articulos/AGUC1010220059A.PDF

ESCOLANO UTRILLAS, S. (Dir.) (1995), *Atlas de Geografía de Aragón*, Institución Fernando el Católico, publicación nº 1.690, Diputación de Zaragoza y Caja de Ahorros de la Inmaculada (CAI), Zaragoza.

ESCOLANO UTRILLAS, S. (Dir.) (1998), *Atlas Multimedia de Geografía de Aragón*, [CD-ROM], Institución Fernando el Católico, publicación nº 1.900, Diputación de Zaragoza y Caja de Ahorros de la Inmaculada (CAI), Zaragoza.

ESPARZA SORIA, J. (2005), *Estudio Ejetranspirenáicopara el transporte de mercancías. Repercusión sobre la Comunidad Valenciana*, en Necesidades de interconexión de las regiones SUDOE bajo un enfoque multimodal, Proyecto Pirene II, actas, junio 2005, pp. 77-84, Gobierno de Aragón, Zaragoza.

EUROPEAN SPATIAL PLANNING OBSERVATION NETWORK (ESPON) (2005), *Annexes*, *Individual comments from ESPON Contact Points on ESPON first round projects ECP transnational networking activity, "compiling1"*, 7th April 2005.
http://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Events/ESPON2006Seminars/ECPTransnationalSeminars/Compiling1/compiling1_annex.pdf

ESTÉBANEZ, J. y STAFF, W. (2000), *Lecturas geográficas: Homenaje al profesor José Estébanez Álvarez*, vol. II, Editorial Complutense, Madrid.

EUROPEAN COMMISSION (1997), *Intermodality and intermodal freight transport in the European Union - A system's approach to freight transport - Strategies and actions to enhance efficiency, services and sustainability*, Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM/97/0243 final, not published in the Official Journal, University of Pittsburgh.
http://aei.pitt.edu/4717/01/000811_1.pdf

EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE-GENERAL ENVIRONMENT (2003), *Integration of environment into transport policy. From strategies to good practice*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
http://ec.europa.eu/environment/archives/gpc/pdf/transp_policy_en.pdf

EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS OF TRANSPORT (2001), *Transport and Economic Development*, Round Table 119, 29-30th march 2001, Economic Research Centre, OCDE Publications Service, , Paris.
http://internationaltransportforum.org/europe/ecmt/pubpdf/02RT119.pdf

EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS OF TRANSPORT (2004), *European integration of rail freight transport*, Round Table 119, 28-29th november 2002, Economic Research Centre, OCDE Publications Service, Paris. http://internationaltransportforum.org/europe/ecmt/pubpdf/04RT125.pdf

EUROPEAN COMMISSION (2003), *High Level Group on the Trans-European Transport Network. Report.*
http://ec.europa.eu/ten/transport/revision/hlg/2003_report_kvm_en.pdf

EUROPEAN COMMISSION (2003), *High Level Group on the Trans-European Transport Network. Technical Annex.*
http://ec.europa.eu/ten/transport/revision/hlg/2003_report_kvm_annex_en.pdf

EUROPEAN COMMISSION (2003), *High Level Group on the Trans-European Transport Network. Recommended priority projects of the Trans-European Transport Network.*
http://ec.europa.eu/ten/transport/revision/hlg/2003_06_30_recommended_projects.pdf

EUROPEAN COMMISSION (2008), *TEN–T. Trans-European Transport Network. Implementation of the Priority Projects Progress Report*., brochure, Directorate General for Energy and Transport, Directorate B – Transport Logistics, TEN-T and Co-Modality.
http://ec.europa.eu/transport/publications/doc/2008_brochure_tent_t_implementation_priority_projects_progress_report.pdf

EUROPEAN COUNCIL OF APPLIED SCIENCES AND ENGINEERING (2000), *Freight Logistics and Transport Systems in Europe. Trends in the location of European industry and its interaction with logistics and transport*, Final Report, Euro-CASE "Freight" Steering Group, Paris.
http://www.euro-case.org/documents/Freight_FinalReport.pdf

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2005a), *European environmental. State and outlook 2005. State of the environment*, report No 1/2005, EEA y OPOCE, Copenhague.
http://reports.eea.europa.eu/state_of_environment_report_2005_1/en

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2005b), *Transport and environment: facing a dilemma - TERM 2005*, EEA Report No 3/2006, EEA, OPOCE, Copenhague.
http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2006_3/en/term_2005.pdf

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2007a), *Transport and environment: on the way to a new common transport. policy TERM 2006: indicators tracking transport and environment in the European Union*, EEA Report nº 1/2007, EEA y OPOCE , Copenhague.
http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2007_1/en

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2007b), *State of the environment report* nº 2/2007, EEA y OPOCE , Copenhague.
http://reports.eea.europa.eu/state_of_environment_report_2007_2/en

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2008a), *Time for action - towards sustainable consumption and production in Europe*, Technical report No 1/2008, , EEA y OPOCE , Copenhague.
http://reports.eea.europa.eu/technical_report_2008_1/en

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2008b), *Climate for a transport change TERM 2007: indicators tracking transport and environment in the European Union*, , EEA y OPOCE , Copenhague.
http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2008_1/en/EEA_report_1_2008_TERM.PDF

EXCMO: AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA, *Zaragoza Mira al Futuro.* Revisión del PGOU. Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza, Zaragoza, 1.993.

FARIÑA GÓMEZ, B. (2005), *Fechado del "ciclo de ambiente" de la economía española*, Facultad de Económicas y Empresariales, Universidad de Valladolid, Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, Alicante.
http://www.cervantesvirtual.com/FichaObra.html?Ref=13805

FAUS PUJOL, MªC. (1978), El *Ferrocarril y la Evolución Urbana de Zaragoza*, Cuadernos de Zaragoza nº 33, Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza, Zaragoza.

FERIA TORIBIO, J. M. (2004), *Problemas de definición de las áreas metropolitanas en España*, Boletín de la AGE, nº 38, pp. 85-99, Asociación de Geógrafos Españoles (A.G.E.), Madrid.
http://www.boletinage.com/38/05%20FERIA%2085-99.pdf

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1996), Manual de climatología aplicada. Clima, medio ambiente y planificación, colección Espacios y Sociedades, nº 2, Síntesis, Madrid.

FERNANDO ÁLVAREZ, J. (2006), *Transporte marítimo, eje de la Globalización*, Revista LOGICEL, nº 56, diciembre, Centro Español de la Logística (CEL).
http://cel-logistica.org.mialias.net/subidasArticulos/28.pdf

FERRMED, (2009), *El Gran Eje FERRMED*, [en línea], [consulta: 2 de septiembre de 2009].
http://www.ferrmed.com/es/content/view/82/75/

FERRMED, (2009a), *Los Estándares FERRMED*, [en línea], [consulta: 2 de septiembre de 2009].
http://www.ferrmed.com/es/content/view/76/72/

FERRMED, (2009b), *Objetivos de FERRMED*, [en línea], [consulta: 2 de septiembre de 2009].
http://www.ferrmed.com/es/content/view/73/68/

FERRMED, (2009c), *FERRMED Global Study*. *Feasibility, Conclusions and Recommendations*, 27october 2009, Brussels.
http://www.vialibre.org/PDF/FERRMED_GLOBAL_STUDY_BOOK.pdf

FIDALGO GARCÍA, P. y NICOLAS RODRIGO, J.L. (2003), *Las áreas urbanas españolas. Características y tendencias*. [en línea], [consulta: 16 de agosto de 2007].
http://www.uv.es/lejarza/amv/adefini/pdf/002.pdf

FIORE, C. (1992), *La logística en Europa. Una nueva estrategia-cliente*, Ediciones Díaz de Santos S.A., Madrid.

FITZGERALD, J. (1989), *Fundamentos de análisis de sistemas*, Editorial Continental, México.

FOLCH, R. (coord.) (2003), *El territorio como sistema*, Colección: Territorio y Gobierno: Visiones, nº 3, noviembre, 2003, Diputación de Barcelona, Barcelona.

FRUTOS MEJÍAS, L. M., (1976), *Estudio geográfico del "Campo de Zaragoza"*, colección tesis doctoral, nº 603, Institución Fernando el Católico, Diputación provincial de Zaragoza, Ayuntamiento de Zaragoza, Zaragoza.

FRUTOS, L. M., (1983), *La era industrial*, Editorial Cincel, S.A., Madrid.

FUJITA M., KRUGMAN, P. y VENABLES, A. J., (2000), *Economía Espacial: las ciudades, las regiones y el comercio internacional*, Ariel S.A., Barcelona.

FUJITA M.y KRUGMAN, P. (2004), *The new economic geography: past, present and the future*, Papers in Regional Science, vol.83, nº1, pp.139-164.
http://ejournals.ebsco.com/direct.asp?ArticleID=BV0TLQHUCDNCAC8QPXLK

FUNDACIÓN CETMO (2002), *La red transeuropea de transporte y su prolongación más allá de la unión europea*, Boletín Cetmo, nº 51, Dossier, julio.
http://www.cetmo.org/doc/Dossier51_esp.PDF

FUNDACIÓN CETMO (2004), *Análisis, información y divulgación sobre la aportación del transporte por carretera a la intermodalidad*, Ministerio de Fomento.
http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/TRANSPORTE_POR_CARRETERA/TRANSPORTE_INTERMODAL/

FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES (2008), A*nuario del ferrocarril, Resumen de actividad 2007 de Administradores de Infraestructuras.*
http://www.vialibre.org/includes/redir.asp?trg=../pdf/Administra_Infra03.pdf

FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES (2008), A*nuario del ferrocarril, Resumen de actividad 2007 de las operadoras ferroviarias*.
http://www.vialibre.org/includes/redir.asp?trg=../pdf/Operadoras05.pdf

FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES (2008), A*nuario del ferrocarril, Resumen de actividad 2007 de material rodante.*
http://www.vialibre.org/includes/redir.asp?trg=../pdf/Material07.pdf

FUNDACIÓN TRANSPIRENÁICA (2002a), *Estudio Informativo de la Travesía Central del Pirineo. Estudio de las alternativas*.
http://www.transpirenaica.org/ESP/Documentos/pdf/2003/Estudio04ES.pdf

FUNDACIÓN TRANSPIRENÁICA (2002b), *Estudio Informativo de la Travesía Central del Pirineo. Cartografía*.
http://www.transpirenaica.org/ESP/Documentos/pdf/2003/Estudio05ES.pdf

FUNDACIÓN TRANSPIRENÁICA (2002c), *Estudio Informativo de la Travesía Central del Pirineo. Trazado de la alternativa del Gállego*.
http://www.transpirenaica.org/ESP/Documentos/pdf/2003/Estudio06ES.pdf

FUNDACIÓN TRANSPIRENÁICA (2002d), *Estudio Informativo de la Travesía Central del Pirineo. El túnel transpirenáico*.
http://www.transpirenaica.org/ESP/Documentos/pdf/2003/Estudio10ES.pdf

GALLEGO, F. (1979), *Los comienzos de la industrialización en España*, Ediciones de la Torre, Madrid.

GAMIR, A., MÉNDEZ, R., MOLINERO, T., RAZQUÍN, J. (1989), *Terciarización económica y desarrollo regional en España*, en Anales de Geografía de la Universidad Complutense, nº9, p. 123-144, Universidad Complutense, Madrid.
http://www.ucm.es/BUCM/revistas/ghi/02119803/articulos/AGUC8989110123A.PDF

GARCÍA, JM. y MARTÍN, P. (1996): *La eficacia espacial del transporte terrestre Español, datos, teorías y explicaciones*, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.

GARCÍA ÁLVAREZ, A. (2007), Cambiadores de ancho, trenes de ancho variable y tercer carril. Nuevas soluciones a un viejo problema, anales de mecánica y electricidad, enero-febrero 2007, Instituto Católico de Artes e Industrias, ICAI.
https://www.icai.es/contenidos/publicaciones/anales_get.php?id=1405

GARCÍA ÁLVAREZ, A. (2009), *Comparación medioambiental entre la tracción eléctrica y la tracción diésel en el ferrocarril*, en Anales de mecánica y electricidad, nº I, enero-febrero 2009, pp. 56-63.
https://www.icai.es/contenidos/publicaciones/index.php?fascic=I&anyo=2009

GARCÍA ÁLVAREZ, A. (2010), Dinámica de los trenes en alta velocidad, 6ª edición, enero, Documentos de Explotación técnica y económica de ferrocarriles, Fundación de los Ferrocarriles Españoles.
http://www.ffe.es/dep/PDF/dinamica_trenes_AV.pdf

GARCÍA ÁLVAREZ, A. (2011), *Energía y trazado ferroviario,* Revista Vía Libre - Técnica / número 2 - diciembre de 2011, P. 21.
http://www.tecnica-vialibre.es/vltecnica/docus/vltecnica02.pdf

GARCÍA CASTRILLO, P. et al. (2005), *Estructura productiva, infraestructuras y dotación de servicios en las comarcas aragonesas*, Departamento de Análisis Económico, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
http://comarcas.prelamp.aragon.es/pub/documentos/documentos_Estructura_productiva,_infraestructuras_y_dotacion_de_servicios_0bcdf183.PDF

GARCÍA DE LA CRUZ, J.M. y MARTÍN URBANO, P. (1996), *La eficacia espacial del transporte español. Datos, teorías y aplicaciones*, documento de trabajo de la Universidad Autónoma de Madrid, nº 8, Madrid.

GARCÍA DE PEDRAZA, L. y REIJA GARRIDO, A. (1994), *Tiempo y Clima en España. Meteorología de las Autonomías*, Dossat-2000 C.I.E, Madrid.

GARCÍA PALOMARES, J. C. (2000), *La medida de la accesibilidad*, en Estudios de Construcción y Transporte, nº 88, julio a septiembre, pp. 95-110, Ministerio de Fomento, Madrid.

GARCÍA RAMÓN, M. D. (Edit.) (1985), *Teoría y método en la geografía humana anglosajona*, Ariel, Barcelona.

GARCÍA RAYA, J. (2006), *Cronología básica del ferrocarril español de vía ancha*, IV Congreso de Historia Ferroviaria, 20,21 y 22 de septiembre de 2006, Málaga.
http://www.docutren.com/archivos/malaga/pdf/VI04.pdf

GARCÍA URREA, S. C. (2008), *Difusión de las innovaciones*, material didáctico.
http://www.scribd.com/doc/9504850/Teoria-de-la-Difusion-de-Innovaciones-Rogers

GARRIDO, J. (1995): *La organización espacial de la red de carreteras en Aragón, Aplicación metodológica de la teoría de grafos*, *Geographicalia* nº32, Universidad de Zaragoza.

GARRIDO PALACIOS, J. (2001), El transporte como factor de desarrollo de Aragón, Institución Fernando el Católico, publicación nº 2.140, Diputación de Zaragoza, Zaragoza.

GENERALITAT DE CATALUNYA (2006), *Pla d'infraestructures del transport de Catalunya: infraestructures terrestres: xarxa viària, ferroviària i logística*, juliol 2006 Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya.
http://www.ietcat.org/htmls04/MAPA_CTP/documentos/CATALUNYA/PITC_1.pdf

GIMÉNEZ I CAPDEVILLA, R. (1986), *La Geografía de los Transportes en busca de su identidad*, Geocrítica nº 62, marzo de 1986, Cátedra de Geografía Humana de la Universidad de Bracelona, publicacions edicions universitat de Barcelona, Barcelona.

GOBIERNO DE ARAGÓN (2009a), *Mapa de los aforos de las carreteras de Aragón 2009*, Departamento de Urbanismo, Obras Públicas y Transporte, Gobierno de Aragón.
http://www.carreterasdearagon.es/pix/aforo-carreteras-aragon-2009.pdf

GOBIERNO DE ARAGÓN (2009b), *Mapa de la Red de Carreteras de Aragón 2009*, Departamento de Urbanismo, Obras Públicas y Transporte, Gobierno de Aragón.
http://www.carreterasdearagon.es/pix/aforo-carreteras-aragon-2009.pdf

GOBIERNO DE ARAGÓN (2010), *Intensidades Medias Diarias (IMD) en Aragón en al año 2010*, Departamento de Urbanismo, Obras Públicas y Transporte, Gobierno de Aragón.
http://www.carreterasdearagon.es/pix/aforos-2010.xls

GOBIERNO VASCO (2002), *Plan Director del Transporte Sostenible.. la Política Común de Transportes en Euskadi 2.002 - 2.012*

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, San Sebastián-Vitoria.
http://www.garraioak.ejgv.euskadi.net/r41-430/es/contenidos/informacion/2905/es_4076/adjuntos/plan_transporte_c.pdf

GOETZ, A. R. and RODRIGUE, J. P. (1999), *Transport terminals: new perspectives*, Journal of Transport Geography, vol. 7, nº 4, pp. 237-240.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VG8-3XRG7FP-1/2/ff3cc2bc5a7dfb8fd55dbe23ee455c23

GOLDRATT, E (2002), *La Teoría de las Restricciones*, en Pilot, Revista de Logística, nº 2, p. 2-4, Instituto Aragonés de Fomento, Zaragoza.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E. y DE GROOT, R. (2007), *Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía*, en Ecosistemas 16 (3), pp. 4-14. Septiembre.
http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=496

GÓMEZ MENDOZA, A. (1982), *Ferrocarriles y cambio económico en España (1855-1913). Un enfoque de nueva historia económica*, Colección Alianza Universidad, nº 334, Alianza Editorial, Madrid.

GÓMEZ MENDOZA, A. (1985), *Transportes y crecimiento económico (1830-1930)*, en Sánchez Albornoz, N. (compil.), *La modernización económica de España 1830-1930*, cap. nº 5, pp. 102-120, Alianza Editorial S.A., Madrid.

GÓMEZ MENDOZA, J. (2001), *Un mundo de regiones: geografía regional de geometría variable*, Boletín de la AGE, nº 32, pp. 15-33, Asociación de Geógrafos Españoles (A.G.E.), Madrid.
http://age.ieg.csic.es/boletin/32/3201.pdf

GÓMEZ OREA, D. (2002), *Ordenación Territorial*, Mundi-Prensa y Editorial Agrícola Española S.A., Madrid.

GÓMEZ PIÑEIRO, J. (1979), *Concepto interdisciplinario del análisis geográfico*, En Lurralde: investigación y espacio, nº2, pp. 23-34, Instituto Geográfico Vasco (Ingeba).
http://www.ingeba.euskalnet.net/curric/gomez/margome.htm

GÓMEZ PIÑEIRO, J. (1987), *La geografía y la ordenación del territorio: algunas cuestiones teóricas y practicas*, En Lurralde: investigación y espacio, nº10, pp. 33-47, Instituto Geográfico Vasco (Ingeba).
http://www.ingeba.euskalnet.net/curric/gomez/margome.htm

GÓMEZ PIÑEIRO, J. (1998), *Geografía y sistemas en el análisis interdisciplinar de la problemática medioambiental* , En Lurralde: investigación y espacio ,nº21, pp. 23-33, Instituto Geográfico Vasco (Ingeba).
http://www.ingeba.euskalnet.net/curric/gomez/margome.htm

GÓMEZ PIÑEIRO, J. (1999), *Análisis geográfico, estructuras territoriales y sistemas nodales*, En: Profesor Joan Vilá Valentí. *El Seu Mestratge en la Geografia Universitaria*, pp.363-369, Instituto Geográfico Vasco (Ingeba).
http://www.ingeba.euskalnet.net/curric/gomez/margome.htm

GÓMEZ PIÑEIRO, J. (2000), *Redes y sistemas de transporte en relación con la cohesión regional*, Ponencia presentada en Las redes transeuropeas (RTE) y el modelo general de la Unión Europea, Bilbao, Instituto Geográfico Vasco (Ingeba).
http://www.ingeba.euskalnet.net/curric/gomez/margome.htm

GÓMEZ PIÑEIRO, J. (2000), *Los sistemas regionales en el contexto de la globalización y la mundialización*, En Lurralde: investigación y espacio, nº24, pp. 13-19, Instituto Geográfico Vasco (Ingeba).
http://www.ingeba.euskalnet.net/curric/gomez/margome.htm

GÓMEZ PIÑEIRO, J. (2006), *Análisis y Debates sobre Territorios en la Sociedad del Conocimiento y de las Redes,* En Lurralde: investigación y espacio, nº29, Instituto Geográfico Vasco (Ingeba).
http://www.ingeba.euskalnet.net/curric/gomez/margome.htm

GONZÁLEZ, C. I. y SENRA, E. (2010), *Employment and unemployment data: Differences between EPA and other Official Statistics*, Boletín de Estadística e Investigación Operativa, vol. 26, nº 3, octubre de 2010, pp. 208-217.
http://www.emis.de/journals/BEIO/157-EIOVol26Num3_EO_CGonzalez+ESenra.html

GONZÁLEZ, J. A. et al. (2008), *Invirtiendo en capital natural: un marco para integrar la sostenibilidad ambiental en las políticas de cooperación*, en Ecosistemas 17 (2), pp. 52-69, mayo.
http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=545

GONZÁLEZ PAZ, J., dir. (1981), *Análisis Territorial: definición de un sistema nodal de referencia,* Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente (CEPTMA), serie monografías, nº 5, MOPU, servicio de publicaciones, Madrid.

GONZALO, H, ROJO, M. y DELL'OLIO, L. (2008), *Las nuevas infraestructuras viarias previstas en Castilla y León: efectos socioeconómicos y territoriales*, en Estudios de Construcción y Transporte, nº 108, enero a junio, pp. 81-102, Ministerio de Fomento, Madrid.

GOODLAND, R., DALY, H., EL SERAFY, S. y VON DROSTE, B. (Edits.) (1997), *Medio ambiente y desarrollo sostenible. Más allá del informe Brundland*, Colección Estructuras y Procesos, Serie Medio Ambiente, Editorial Trotta, Madrid.

GOODLAND, R. (1997), *La tesis de que el mundo está en sus límites*, en Medio ambiente y desarrollo sostenible. Más allá del informe Brundland, pp. 19-36, Colección Estructuras y Procesos, Serie Medio Ambiente, Editorial Trotta, Madrid.

GOUVERNAL, E. (2003), Les lignes maritimes et le transport terrestre: quells enseignements peut-on tirer du cas " Rail Link", en les Cahiers Scientifiques du Transport, nº 44, pp. 95-113.
http://afitl.ish-lyon.cnrs.fr//tl_files/documents/CST/N44/Gouve.pdf

GRACIA PRIETO, F. J., GUTIÉRREZ ELORZA, M. y LERÁNOZ ISTÚRIZ, B. (1987), *Las superficies de erosión neógenas en el sector central de la Cordillera Ibérica*, en Revista de la Sociedad Geológica de España, vol. 1 (1-2), pp. 135-142.
http://www.sociedadgeologica.es/archivos/REV/1(1-2)/Art12.pdf

GROOTHEDDE, B., RUIJGROK, C. y TAVASSZY, L. (2005), *Towards collaborative. Intermodal hub networks. A case study in the fast moving consumer goods market*, en Global Logistics, Transport Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 41, nº 6, pp.567-583.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VHF-4GY8B19-1/2/169c79e33cc681bc1260035b267a1037

GRUPO ESTRATÉGICO DE EXPERTOS (2008), *Hacia una Red Ferroviaria con Prioridad para las Mercancías*, informe junio 2008, en Estrategias Ferroviarias Europeas, nº 37, diciembre de 2008, pp. 17-28, Dirección de Relaciones Internacionales, ADIF, Madrid.
http://www.docutren.com/archivos/doc_internacionales/docs/docu37.pdf

GRUPPO CLAS (Coord.) (1999), *LOGIQ. The fundamental variables which affect decisions concerning intermodal transport*, Deliverable 1, European Comisión, 4 th Research and Technological Development Framework Programme (4 th RTD FP).
http://cordis.europa.eu/en/src/g_11.htm

GRUPPO CLAS (Coord.) (1999), *LOGIQ. The decision making process in intermodal transport*, Deliverable 2, European Comisión, 4 th Research and Technological Development Framework Programme (4 th RTD FP).
http://cordis.europa.eu/en/src/g_11.htm

GUERMOND, Y. (rec.) (1984), *Analyse de système en géographie*, collection Science des Systemes, Presses Universitaires de Lyon, Lyon.

GUTIÉRREZ PUEBLA, J., MONZÓN DE CÁCERES, A. y PIÑERO, J.M. (1994), *Accesibilidad a los centros de actividad económica en España*, Revista de Obras Públicas, nº 3331, año 141, abril, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (España), Madrid.
http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1994/1994_abril_3331_05.pdf

GUTIÉRREZ PUEBLA, J. (1998), *Redes, espacio y tiempo*, en Anales de Geografía de la Universidad Complutense, nº 18, pp. 65-86, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
http://www.ucm.es/BUCM/revistas/ghi/02119803/articulos/AGUC9898110065A.PDF

GUTIÉRREZ PUEBLA, J y JARO, L. (1999), *Impacto de la nueva línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-frontera francesa en la accesibilidad del sistema de ciudades español*, Estudios de Construcción y Transporte, nº 85, octubre a diciembre, pp. 51-81, Ministerio de Fomento, Madrid.

GUTIÉRREZ PUEBLA, J. (2001), *Escalas espaciales, escalas temporales*, en Estudios Geográficos, vol. LXII, nº 242, enero-marzo, pp. 89-104, Instituto de Economía y Geografía, Madrid.

GUTIÉRREZ PUEBLA, J. (2003), *Infraestructuras, redes y dinámicas de transporte*, en *Servicios y transportes en el desarrollo territorial de España*, Grupo de Trabajo de Geografía de los Servicios de la Asociación de Geógrafos Españoles, Eds.: LARA, E. *et al*., p. 317-336, Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla.

GUTIÉRREZ PUEBLA, J. et al. (2006), *Análisis de los efectos de las infraestructuras de transporte sobre la accesibilidad y la cohesión regional*, Estudios de Construcción y Transporte, nº 105, julio a diciembre, pp. 215-240, Ministerio de Fomento, Madrid.

HACON INGENIEURGESELLSCHAFT MBH, KOMBICONSULT GMBH and GRUPPO CLAS (2007), *TREND, Corridor-specific Reports (incl. Action Plans)*, Deliverable Work Package B2.
http://www.trend-project.com/dmdocuments/B2/Trend_B2-brochure_20070206.pdf

HACON INGENIEURGESELLSCHAFT MBH, KOMBICONSULT GMBH and GRUPPO CLAS (2007), *TREND, Conclusions and recommendations. Implementation of Change in the European rail freight area*, deliverable Work Package B7
http://www.trend-project.com/dmdocuments/B7/Trend_B7-brochure_20070207.p

HAGGETT, P. y CHORLEY, R. J. (1969), *Network analysis in geography*, Edwar Arnold, London.

HAGGETT, P. (1976), *Análisis locacional en la geografía humana*, Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona.

HALL, P. (edit.) (1975), *Modelos de análisis territorial*, oikos-tau, s.a., Vilassar de Mar, Barcelona.

HALL, P. (1998), *La redifinición de las ciudades europeas*, Conferencia inaugural de la VII Semana de Estudios Urbanos, Lleida, del 30 de marzo al 3 de abril de 1998.
http://www.etsav.upc.es/personals/monclus/cursos/hall.htm

HALL, R. W. (Edit.) (2003a), *Handbook of Transportation Science*, second edition, International Series in Operations Research & Management Science, Fredericks Hillier, Series Editor, Stanford University, Kluwer Academic Publishers, New York, etc.
http://www.filefactory.com/dlf/f/43aa5f/b/2/h/12089985f82040d1bfdc724b188f8414abf07d0f/j/0/n/Handbook_of_Transportation_Science_rar

HALL, R. W. (2003b), *Supply Chains*, in Handbook of Transportation Science, second edition, Hall, R. W. (Edit.), pp. 561-597, International Series in Operations Research & Management Science, Fredericks Hillier, Series Editor, Stanford University, Kluwer Academic Publishers, New York, etc.

http://www.filefactory.com/dlf/f/43aa5f/b/2/h/12089985f82040d1bfdc724b188f8414abf07d0f/j/0/n/Handbook_of_Transportation_Science_rar

HANSON, G.H., (2000), *Firms*, *Workes, and the Geographic Concentration of Economic Activity*, en Clark, G. L., Feldman, M. P. y Gertler, M. S. (edits.), The Oxford Handbook of Economic Geography, part V, Localities and Difference, section 10, Labour and Locality, pp. 477-494, Oxford University Press, New York.

HANSEN, N. (1993), *Polos de Desarrollo*, en Eatwell, J., Milgate, M. y Newman, P. (comp.), Desarrollo económico, col. Economía Crítica, nº 6, pp. 465-472, Icaria, Barcelona.

HANINK, D.M. (1997), *Principles and applications of economic geography: economy, policy, environment*, John Wiley, Cop., New York.

HARVEY, D. (1983), *Teorías, leyes y modelos en geografía*, Alianza Editorial, Madrid.

HAWRYSZKIEWYCZ, I.T. (1990), *Introducción al análisis y diseño de sistemas: con ejemplos prácticos*, Anaya, D.L., Madrid.

HAY, A. (1973), *Transport for the space economy. A geographical study*, Focal Problems in Geography Series, The McMillan Press LTD, London and Basingstoke.

HAY, A. (1993), *Equity and welfare in public transport provision*, Journal of Transport Geography, vol. 1, nº 2, pp.95-101.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VG8-4661WRS-3/2/b18a4062a17f14b1289484bced8d1c28

HENSHER, D. A., BUTTON, K. J., HAYNES, K.E., STOPHER, P.R. (2004), *Hand book of transport geography and spatial systems*, Elsevier, London.

HEINEBERG, H. (2005), *Las metrópolis en el proceso de globalización*, Geo Crítica, Vol. X, nº 563, 5 de febrero de 2005, Universidad de Barcelona.
http://www.ub.es/geocrit/b3w-563.htm

HERCE, J. A. (1995), *Las infraestructuras como factor de competitividad de la economía española*, RAE, Revista Asturiana de Economía, nº 3, pp.7-11, Asociación Asturiana de Estudios Económicos, Oviedo.

HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, S. (1992), *Apuntes para la historia del ferrocarril*, en OP. Obras Públicas, El ferrocarril, III, nº 24, verano, pp. 84-89, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Barcelona.

HERNÁNDEZ NAVARRO, M. L. y DEL VALLE MELENDO, J. (1989), *Las nieblas en la Depresión del Ebro: el caso del Campo de Zaragoza y la Hoya de Huesca*, Geographicalia, nº 26, 2ª época, diciembre, pp.125-139, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

HERNÁNDEZ NAVARRO, M. L. (1990), *Frecuencia e intensidad del viento en Zaragoza*, Geographicalia, 2ª época, nº 27, pp. 63-75, diciembre, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

HESSE, M. and RODRIGUE, J. P. (2004), *The transport geography of logistics and freight distribution*, en Journal of Geography of Transport, vol. 12, nº 3, pp.171-184.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VG8-4CVRMJS-1/2/89f5a6011307a22f89ad117bd80b6b8b

HIGUERAS ARNAL, A.M. (2003), *Teoría y método de la Geografía: introducción al análisis geográfico regional*, Colección: Textos Docentes, nº 99, Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza.

HIMANEN, V., LEE-GOSSELIN, M. and PERRELS, A. (2005), *Sustainability and the interactions between external effects of transport*, en Journal of Geography of Transport, vol. 13, nº 1, pp.23-28.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VG8-4F29HS7-2/2/af5f4779039f18b178fb400b2fab45e3

HOON OUM, T. AND PARK, J. H. (2004), *Multinational firms' location preference for regional distribution centers: focus on the Northeast Asian region*, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 40, no. 2, pp. 101-121. http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VHF-49801MB-1/2/2d36ba5999a86f51d54ae4e7f93ce947

HORNER, M. W. and O'KELLY, M. E. (2001), *Embedding economies of scale concepts for hub network design*, Journal of Transport Geography, Vol. 9, nº 4, pp. 255-265. http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VG8-44B1VRT-3/2/a9a35211947a1e39e608cd4074b350e8

HOTZ-HART, B. (2000), *Innovation Networks, Regions, and Globalization*, en Clark, G. L., Feldman, M. P. y Gertler, M. S. (edits.), The Oxford Handbook of Economic Geography, part IV, The Geography of Innovation, section 9, Districts and Regional Innovation Systems, pp. 432-450, Oxford University Press, New York.

HOYLE, B. S. and KNOWLES, R.D. (1992), *Modern Transport Geography*, Belhaven Press, London.

HUGGETT, R. J. (1980), *Systems analysis in geography*, Claredon Press, Oxford.

IASON (Integrated Appraisal of Spatial economic and Network effects of transport investments and policies) Deliverable 2, Vers. 1.0, funded by 5th Framework RTD Programme. Kiel/Dortmund: Christian-Albrechts-Universität Kiel/Institut für Raumplanung, Universität Dortmund, Deutschland. http://www.raumplanung.uni-dortmund.de/irpud/fileadmin/irpud/content/documents/publications/ber54.pdf

IASON deliverable D10, European Commision, DG Tren, fifth framework programme, Delft, Netherlands. http://www.cipra.org/alpknowhow/publications/IASON/iason

IBÁÑEZ, M. J., PELLICER, F. y YETANO, L. M. (1983), *Rasgos Geomorfológicos del contacto entre la Cordillera Ibérica y la Depresión del Ebro (sector aragonés)*, Geographicalia, nº 18, abril-junio de 1983, pp. 3-20, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

IDAE, Balances de energía final 1990-2013, Ministerio de Industria, Energía y Turismo. http://www.idae.es/

INATSUKA, M. (2004), *El futuro de la logística en Japón*, Boletín Informativo, año 5, nº 6, junio 2004, artículos, EAN PANAMÁ. http://www.gs1pa.org/boletin/2004/junio/boletin-jun04-art2.html

INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE (INECO S.A.) y ROBERT CLARACO CONSULTING (2009), *Posibilidades y viabilidad para la reapertura del Canfranc*, colección estudios, CONSEJO ECONÓMICO Y SOCIAL DE ARAGÓN (CES), Zaragoza. http://www.vialibre-ffe.com/pdf/Canfranc.pdf

INSTITUT CERDÁ et DIRECTION RÉGIONALE DE L'EQUIPEMENT MIDI-PYRÉNÉES (2007a), *Etude sur l'organisation et le fonctionnement logistique des régions situées de part et d'autre des Pyrénées*, raport final, 1ere partie, janvier 2007. http://www3.midi-pyrenees.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_final_1ere_partie_Janv_2007_cle23811a-1.pdf

INSTITUT CERDÁ et DIRECTION RÉGIONALE DE L'EQUIPEMENT MIDI-PYRÉNÉES (2007b) *Etude sur l'organisation et le fonctionnement logistique des régions situées de part et d'autre des Pyrénées*, raport final, 2eme partie 2007. http://www3.midi-pyrenees.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_final_2eme_partieJanv_2007_cle5397f5-1.pdf

INSTITUT FÜR ENERGIE UND UNWELTFORSCHUNG (IFEU) (2008), *EcoTransIT: Ecological Transport Information Tool. Environmental Methodology and Data*, update 2008, july, Heidelberg.
http://www.ecotransit.org/download/ecotransit_background_report.pdf

INSTITUT NATIONALE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SÉCURITÉ (INRETS) (Coord.) (2001), *Eufranet*, *final report for publication*, january 2001.
http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200310/eufranet.pdf

INSTITUTO ARAGONÉS DE ESTADÍSTICA (IAEST) [en línea], Territorio e Infraestructuras, Datos geográficos [consulta: mayo 2010].
http://w.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Organismos/InstitutoAragonesEstadistica/AreasTematicas/Territorio/ci.01_Datos_Geograficos.detalleDepartamento?channelSelected=86f92135fc5fa210VgnVCM100000450a15acRCRD

INSTITUTO ARAGONÉS DE ESTADÍSTICA (IAEST) (2010), *Estructura productiva y renta de las comarcas aragonesas. Serie 2000-2007*, Caja de Ahorros de la Inmaculada, Zaragoza.

INSTITUTO ARAGONÉS DE ESTADÍSTICA (IAEST) [en línea], Afiliados a la Seguridad Social según municipio de la razón social, año 2010 [consulta: febrero 2011].
http://bonansa.aragob.es:81/iaest/fic_mun/excel/MercadoTrabajo_Municipios.xls

INSTITUTO ARAGONÉS DE ESTADÍSTICA (IAEST) (2013), Tráfico Aéreo, Tráfico de Mercancías Aragón, años 2002-2012, Zaragoza.

INSTITUTO ARAGONÉS DE FOMENTO (IAF) (2002), *Las claves de la Supply Chain*, Programa de Innovación Logística en Aragón, PILOT, Zaragoza.

INSTITUTO ARAGONÉS DE FOMENTO (IAF) (2003), *Experiencias de éxito en la dirección de operaciones,* Programa de Innovación Logística en Aragón, PILOT, Zaragoza.

INSTITUTO ARAGONÉS DE FOMENTO (IAF) (2004), *Una visión diferente de la logística,* Programa de Innovación Logística en Aragón, PILOT, Zaragoza.

INSTITUTO ARAGONÉS DE FOMENTO [en línea], Suelo Industrial en Aragón 2009, [consulta: marzo 2011].
http://www.iaf.es/poligono/policast.nsf/portada?openform

INSTITUTO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE Y LAS COMUNICACIONES (1995), *Cadenas de transporte multimodal*, Serie Monografías, Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, Madrid.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (ESPAÑA), (1991), *Mapa Provincial Teruel*, 3ª edición, Escala 1:200.000, Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Madrid.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (ESPAÑA), (1992), *Mapa Provincial Huesca*, 3ª edición, Escala 1:200.000, Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Madrid.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (ESPAÑA), (1996), *Mapa Topográfico Nacional de España, Zaragoza, Hoja 383-II*, Escala 1:25.000, Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Madrid.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (ESPAÑA), (2001), *Mapa Provincial Zaragoza*, 3ª edición, Escala 1:200.000, Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento, Madrid.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (ESPAÑA), (2005), *Mapa Topográfico Nacional de España, Zaragoza, MTN50, Hoja 383 (27-15)*, Escala 1:50.000, Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Madrid.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (ESPAÑA) (2008), *Atlas Nacional de España, Transporte por carretera*, sección VII, grupo 22 [CD-ROM], Centro Nacional de Información Geográfica, Madrid.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (ESPAÑA) (2008), *Atlas Nacional de España, Transporte por ferrocarril*, sección VII, grupo 23 [CD-ROM], Centro Nacional de Información Geográfica, Madrid.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (ESPAÑA) (2008), *Demografía*, monografías Atlas Nacional de España, Centro Nacional de Información Geográfica, Madrid.

INSTITUTO INTERNACIONAL DEL FRÍO (2002), *Guía del transporte frigorífico*, Mundi-Prensa Libros S. A., Madrid. [en línea], [consulta: 22 de marzo de 2009, vista restringida].
http://books.google.es/books?id=F8r6QvnHWowC&pg=PA150&dq=tipos+g%C3%A1libros+ferroviarios+UIC&ei=u4zsSpmkEo6CzASOi4XZAw#v=onepage&q=&f=false

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE) (2005), *Glosario*.
http://www.ine.es/prodyser/pubweb/disc_inf05/disca_ig_glo.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE) (2007), *Medio ambiente y desarrollo sostenible. Nuestra responsabilidad de hoy, garantía de futuro,* Boletín informativo del Instituto Nacional de Estadística, marzo.
http://www.ine.es/revistas/cifraine/0207.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE) (2008a), *Introducción a la CNAE 2009.*
http://www.ine.es/daco/daco42/clasificaciones/cnae09/estructura_cnae2009.xls

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE) (2008b), *Estructura completa de la CNAE 2009.*
http://www.ine.es/daco/daco42/clasificaciones/cnae09/estructura_cnae2009.xls

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE) (2009), *Metodología Encuesta Industrial de Empresas 2009*.
http://www.ine.es/daco/daco42/encindem/metoeiae2009.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA [en línea], Directorio Central de Empresas, Empresas por provincias y estrato de asalariados, año 2010, www.ine.es [consulta marzo 2011].

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA [en línea], Índice de Producción Industrial. Base 2005. CNAE09, Secciones Nacional, [consulta octubre 2013], www.ine.es

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA [en línea], Síntesis de la Contabilidad Nacional de España, Contabilidad Nacional Trimestral de España (CNTR). BASE 2010. Datos brutos (2007-2011), [consulta octubre 2013].
www.ine.es

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA [en línea], Contabilidad Regional de España, Base 2010, Serie contable, [consulta octubre 2013].
www.ine.es

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRRO DE LA ENERGA [en línea], *Balance de energía final 1990-2013*, Ministerio de Industria, Energía y Turismo, [consulta enero 2014],
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Balances_MINETUR_IDAE_OK_Formato_5a8940a9.xlsx

IRISARRI CASTRO, A. (2005), *Aportaciones para el incremento de la eficacia y la competitividad en la cadena logística*, Jornada Técnica, El sector ferroviario en el marco del plan estratégico de infraestructuras y transporte, 13 de abril de 2005, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, intranet Adif.

IZQUIERDO DE BARTOLOMÉ, R. (1981), *El Modelo de Transporte*, en Acosta, R. et al. (1981), La España de las Autonomías (pasado, presente y futuro), Tomo I, pp. 369-479, Espasa-Calpe S.A., Madrid.

IZQUIERDO BARTOLOMÉ, R. y MONZÓN DE CÁCERES (1992a), *La accesibilidad a las redes de transporte como instrumento de evaluación de la cohesión económica y social*, ponencia, XII Simposio Internacional de la CEMT "La croisance du transport en question", 4-5 mayo, Lisboa.

IZQUIERDO DE BARTOLOMÉ, R. y MONZÓN DE CÁCERES, A (1992b): *La accesibilidad a las redes de transporte como instrumento de evaluación de la cohesión económica y social*, en TTC, nº 56, Madrid.

IZQUIERDO, R, (1994), *Transportes: un enfoque integral*, Colegio de Ingenieros, Canales y Puertos, Madrid.

IZQUIERDO BARTOLOMÉ, R., APARICIO MOURELO, A. C. y SÁNCHEZ VICENTE, A. (2005), *Integración de las infraestructuras españolas en la Red Trasneuropea de Transporte a través de los Pirineos*, Cátedra Emilio Ochoa, Fundación Francisco Corell y ETSI de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

IZQUIERDO BARTOLOMÉ, R. (2003), *Transporte sostenible y sostenibilidad energética*, marzo 2003, Foro de las Infraestructuras.

http://www.foroinfra.com/nuevo_marzo/TRANSPORTE_SOSTENIBLE3.pdf

JANELLE, D.G. (1968), *Central place development in a time-space framework*, The Professional Geographer, vol. 20, nº 1, pp. 5-10.
http://dx.doi.org/10.1111/j.0033-0124.1968.00005.x

JANELLE, D.G., (1969), *Spatial reorganization: a model and concept*, Annals of the association of American Geographers vol. 59, nº 2.
http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8306.1969.tb00675.x

JEFATURA DEL ESTADO (2003), *LEY 39/2003, de 17 de noviembre, del Sector ferroviario*, B.O.E. nº 276 de 18 de noviembre de 2003.

JEFATURA DEL ESTADO (2009), *Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio,* B.O.E. Nº 308 de 23 de diciembre de 2009.

JIMÉNEZ LATORRE, F. y RAMS RAMOS, C. (2002), *Crecimiento económico en un contexto de desarrollo sostenible*, en Información Comercial Española, ICE, Revista de Economía, nº 800, junio-julio, pp. 47-64, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid.
http://www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/ICE_800_47-64__2123A7772BAD03AAD3E255812881B29A.pdf

JIMÉNEZ SÁNCHEZ, J. E. y HERNÁNDEZ GARCÍA, S. (2002), *Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logístico*, publicación técnica, nº 215, Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte.
http://www.azc.uam.mx/alumnos/tradeoff/docu/marco.pdf

JOIGNAUX, G. (1997), *L'approche des relations entre infrastructures et territories: retours sur la théorie et les methods*, en *Infrastructures de transport et territoires: approches de quelques grands projets*, Collection emploi, industrie et territoire, Dir: A. Burmeister, et G. Joignaux, L'Harmattan, Paris.

JOHANSSON, B, y QUIGLEY, J.M. (2004), *Agglomeration and networks in spatial economies*, en Papers in Regional Science, vol.83, nº1, pp.165-176. http://ejournals.ebsco.com/direct.asp?ArticleID=K5BU78HBFQDTRK92VV3B

JOHNSTON, R.J. (Ed.) (1981), *The Dictionary of Human Geography*, Blackwell, Oxford.

JOHNSTON, R.J., GREGORY, D. y SMITH, D. (Eds.) (2000), *Diccionario Akal de Geografía Humana*, Ediciones Akal S.A., Madrid.

JULIÁN ANDRÉS, A. y CHUECA CÍA, J., (1998), *Acumulaciones fluviales en la Depresión del Ebro: Valoración de la validez de una secuencia General*, Geographicalia, nº 36, diciembre de 1988, pp. 67-81, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

KARTAL, K. and TRANSPORT STUDIES UNIT OF UNIVERSITY OF OXFORD (2007), *Extension of Ten-T into accession countries and Turkey*, Working paper n° 1021, January 2007, Centre for the Environment, Oxford University. http://www.tsu.ox.ac.uk/pubs/1021-kartal.pdf

KENDALL, K. E. y KENDALL, J. E. (1995), *Análisis y diseño de sistemas*, Prentice-Hall Hispanoamericana, México.

KLIR, G.J. (1981), Teoría General de Sistemas (Un enfoque metodológico), ICE, D. L., Madrid.

KNIPPEL, A. and LARDEUX, B. (2007), *The multi-layered network design problem*, European Journal of Operational Research, Vol. 183, nº 1, pp. 87–99. http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VCT-4MKTXTK-1/2/0aa5d535d654d786b14ca348596abaca

KRUGMAN, P (1991), *Cities in space: three simple models*, Working paper series, nº 3607, National Bureau of Economic Research, Cambridge.

KRUGMAN, P (1992), *Geografía y comercio*, Antoni Bosch, editor, Barcelona.

KRUGMAN, P. (1997), *Desarrollo, geografía y teoría económica*, Antoni Bosch D. L., Barcelona.

KRUGMAN, P. (1998), *What's new about the new economic geography?,* en Oxford Review of Economic Policy, Vol. 14, nº 2, pp.7-17. http://ejournals.ebsco.com/direct.asp?ArticleID=06QEXJBNCVW1B0RYH20B

KRUGMAN, P, WELLS, R. (2006), *Introducción a la economía: microeconomía*, Reverté, D. L., Barcelona.

KRUGMAN, P, WELLS, R. y OLNEY, M. L., (2008), *Fundamentos de economía*, Reverté, coop., Barcelona.

KRUPP FÖRDERTECHNIK GMBH (Coord.) (2000), *APRICOT – Advanced Pilot Trimodal Transport Chains for the Corridors West – South/South-East Europe of Combined Traffic*, final report, Project funded by the European Commission under the transport RTD programme of the 4th framework programme. http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200310/apricot.pdf

KURI GAYTÁN, A. (2006), *Innovación tecnológica y sistemas productivos locales (slp)*.

LAGNEAUX, F. (2008), *Economic importance of Belgian Transport Logistics*, working paper nº 125, January 2008, NATIONAL BANK OF BELGIUM (NBB). http://www.nbb.be/doc/ts/publications/wp/wp125En.pdf

LAMELAS GRACIA, M. T. (2007), *Análisis y cartografía mediante SIG de la susceptibilidad a la formación de dolinas en el entorno de Zaragoza*, Geographicalia, nº 52, diciembre de 2007, pp. 79-111, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

LÁZARO TOUZA, L. E. (2008), *Aspectos positivos y negativos del cambio climático en España. Causas, consecuencias y respuestas*, Documento de trabajo nº 26/2008 (traducido del inglés), Real Instituto Elcano.
http://www.realinstitutoelcano.org/wps/wcm/connect/030cb3804f0198ec8ed9ee3170baead1/DT26-2008_Lazaro_camio_climatico_Espana.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=030cb3804f0198ec8ed9ee3170baead1

LAZZARETTI, L. (2006), D*istritos industriales, cluster y otros. un análisis "trespassing" entre la economía industrial y la gestión estratégica,* Revista de Economía Industrial, nº 359, pp 59-72, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Madrid.
http://www.ucm.es/info/ec/jec9/pdf/A08%20-%20Kuri%20Gait%E1n,%20Armando.pdf

LAIRD, J.J., NELLTHHORP, P. y MACKIE, P.J. (2005), *Network effects and total economic impact in transport appraisal*, en Transport Policy, vol. 12, nº 6, 537-544.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VGG-4H3BKWB-1/2/f0840f00dc83059bba1cb638e3a05984

LARRODÉ PELLICER, E. (2005), *Efectos de la intermodalidad en el transporte*, *Intermodalidad: la clave para el futuro del transporte*, I Jornadas del Transporte, junio 2005, Zaragoza.

LICHTENBERGER, E. (2009), *Informe sobre el Libro Verde sobre el futuro de la politica RTE-T (2008/2218(INI)),* Documento de Sesión Parlamento Europeo, nº A6-0224/2009, de 3.4.2009, Comisión de Transportes y Turismo.
http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A6-2009-0224+0+DOC+PDF+V0//ES

LIMÃO, L. y VENABLES, A. J., (2007), *Infraestructuras, desventajas geográficas, costes de transporte y comercio*, en Información Comercial Española, ICE, Revista de Economía, monográfico, Comercio internacional y costes de transporte, nº 834, enero-febrero , pp. 23-43, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid.
http://www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/ICE_834_23-43__57D943740B1FE3DE2C40580089E4E195.pdf

LIMBOURG, S. (2007), *Planification strategique de systemes de transport de marchandises en Europe : modèles de localisations optimales de hubs de conteneurs sur un réseau multimodal*, thèse, Facultés Universitaires Catholiques de Mons.
http://www.recherche-innovation.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/These_Limbourg_cle5bd8fe.pdf

LINDÓN, A. y HIERNAUX, D. (Dirs.), (2006), *Tratado de geografía humana*, Anthropos, Barcelona.

Centro Nacional de Competencia en Logística Integral (2007), *Logistop. Avance 2007*, CNC-Logística, Centro Nacional de Competencia en Logística Integral, Zaragoza.
http://www.cnc-logistica.org/recursos/Dossier_CNC-LOGISTICA.pdf

LÓPEZ ASIO, C. (1982), *Análisis de la evaluación de los efectos indirectos del impacto de una infraestructura en el desarrollo regional*, Revista de Obras Públicas, Tomo nº 129, nº 3200, febrero, pp. 107-116, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (España), Madrid.

LÓPEZ CORRAL, A. M. (2003), *Las Autopistas del Mar*, Jornadas Técnicas, El nuevo Papel de los Puertos, 20 y 21 de noviembre de 2003, Foro de Infraestructuras y Servicios, Madrid.
http://www.foroinfra.com/nuevos_pdf/Autopistas%20del%20Mar%2020%20nov.ppt

LÓPEZ JIMÉNEZ, A., ESCALONA ORCAO, A. I., DÍEZ, C. y CASTELLANO, L. A. (2002), *Carácter y localización de las nuevas empresas en el área metropolitana de Zaragoza (1997-2000)*, Eria, nº 52, pp. 113-130, Universidad de Oviedo.
http://www.revistaeria.es/index.php/eria/article/view/541

LÓPEZ LÓPEZ, M. A. (1999), *Los puertos secos: un intento de caracterización jurídica*, en REDETI, Revista del Derecho de las Telecomunicaciones e Infraestructuras en Red, nº 4, marzo de 1999, Editorial Montecorvo, Madrid.

LÓPEZ MARTÍN, F. (1997), *Riesgos climáticos en la ciudad de Zaragoza*, Geographicalia, nº 35, diciembre, pp. 177-185, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

LÓPEZ MARTÍN, F., CABRERA MILLET, M. y CUADRAT PRATS, J. M. (Dir. y Coord.) (2007), *Atlas climático de Aragón*, Servicio de Información y Educación Ambienta, Gobierno de Aragón.

LÓPEZ PITA, A. (1996), *La elección del trazado de las nuevas líneas de ferrocarril en Europa. La relación Madrid-Barcelona*, Revista de Obras Públicas, Tomo nº 129, nº 3359, noviembre, pp. 63-83, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (España), Madrid.

LÓPEZ PITA, A. (1999), *Los ferrocarriles*, en OP. Obras Públicas, *La ingeniería civil española del siglo XX, II*, nº 49, tercera época, pp. 23-31, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Barcelona.

LÓPEZ PITA, A. (2004), *Transport marítim i ferrocarril: = Maritime transport and railway*, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

LÓPEZ PITA, A. (2006), *Infraestructuras ferroviarias*, Temas de Transporte y Territorio, Edicions UPC, Barcelona.

LORENZO VILLANUEVA, J.C. y DE SANTIAGO CID, J. I. (2007), El sistema ERTMS: el primer estándar paneuropeo para señalización ferroviaria orientado a la Interoperabilidad, anales de mecánica y electricidad, enero-febrero 2007, Instituto Católico de Artes e Industrias, ICAI.

https://www.icai.es/contenidos/publicaciones/anales_get.php?id=1402

LOVELOCK, J. E. (2008), *La venganza de la Tierra. La Teoría de Gaia y el futuro de la humanidad*, Planeta, Barcelona.

LOZANO TENA, M. V. (2004), *Gúdar-Javalambre: montañas y llanos*, en LOZANO TENA, M. V. (2004), Comarca de Gúdar-Javalambre, Colección Territorio, nº 13, pp. 19-36, Departamento de Presidencia y Relaciones Institucionales, Diputación General de Aragón, Zaragoza.
http://portal.aragon.es/portal/page/portal/INFTERR/PUBLICACIONESDIGITALES/COLECCIONTERRITORIO/COMARCAGUDAR

MC GUIRK, M., SCOTT, S., PETERSON, T. C. y PISANO, P. (2009), *Implicaciones de las condiciones meteorológicas y el cambio climático en el transporte por superficie en los Estados Unidos*, boletín de la OMM, nº 58 (2), abril, Organización Meteorológica Mundial.
http://www.wmo.int/pages/publications/bulletin_es/documents/58_2_mcguirk_es.pdf

MCHUGH, P., MERLI, G. y WHEELER, W.A. (1998), *Más allá de la reingeniería empresarial: hacia la empresa holónica,* Díaz de Santos, Madrid.

MAHALEAN, M. (2005), *L'intégration du transport dans la conception des chaînes logistiques*, sommaire thèse doctorale, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Laboratoire Systèmes et Transport.
http://bermudes.univ-bpclermont.fr/gt/transparents/Pres43.pdf

MAIBACH, M. et al. (2007), *Handbook on estimation of external cost in the transport sector*, Produced within the study Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT), version 1.0, December, Delft.
http://ec.europa.eu/transport/sustainable/doc/2008_costs_handbook.pdf

MANHEIM, M.L. (1979), *Fundamentals of transportation systems analysis*, MIT press Series in Transportation Studies nº 4, Center for Transportation Studies, MIT Press, Cambridge.

MARCOS GONZÁLEZ, A. (1981), *Analisis de la evolucion reciente de la morfologia del cauce del Bajo Gállego en las proximidades de Zaragoza: influencia de las actuaciones humanas en su entorno*, Acta Geológica Hispánica, vol. 26, nº 1, pp.23-33.
http://www.raco.cat/index.php/ActaGeologica/article/viewFile/75391/98158

MARTÍN, J. C., REGGIANI, A. y RIETVELD, P. (2007), *Las redes de transporte desde un enfoque multidisciplinar*, Thomson Civitas, D. L., Cizur Menor (Navarra).

MARTINELLI, D. R. and TENG, H (1996), optimization of railway operations using neural networks, Transportation Research, part C, vol. nº 4, nº 1, pp. 33-49.

DOI: 10.1016/0968-090X(95)00019-F

MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, E. (2005), Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal, en An*uario Jurídico y Económico Escurialense,* vol. Nº 38, pp. 315-331, Servicio de publicaciones 28200, San Lorenzo del Escorial, Madrid.

MASON, S. J., RIBERA, P. M., FARRIS, J.A. and KIRK, R. G. (2003), *Integrating the warehousing and transportation functions of the supply chain*, en Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 39, nº 2, pp. 141-159.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VHF-47K3N2R-5/2/0d05aa54ed3e6590e57c8416596614c2

MAUDET, C. (2005), *Esquema director de las plataformas de transporte ferroviario de la zona metropolitana de Burdeos*, en Necesidades de interconexión de las regiones SUDOE bajo un enfoque multimodal, Proyecto Pirene II, actas, junio 2005, pp. 40-55, Gobierno de Aragón, Zaragoza.

MEJÍA PUENTE, M. J. (1990): *Distribución de la infraestructura ferroviaria de RENFE en el territorio peninsular del Estado Español. Análisis en relación con la superficie, la población y la renta a nivel de Comunidades Autónomas y Provincias*, en TTC nº 46, julio-agosto de 1990, Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones, Secretaría General Técnica, Servicio de Publicaciones, Madrid.

MÉNDEZ, R. (1988), *Las actividades industriales*, Síntesis, Madrid.

MÉNDEZ, R. (1997), *Geografía económica: la lógica espacial del capitalismo global*, Ariel, Barcelona.

MÉNDEZ, R. (2008), *Procesos recientes en regiones metropolitanas: transformaciones económicas y reorganización territorial. Algunas interpretaciones y debates actuales*, XI Coloquio Ibérico de Geografía, 1 al 4 de octubre de 2008, Alcalá de Henares.
http://www.geogra.uah.es/inicio/web_11_cig/cdXICIG/docs/01-PDF_Comunicaciones_coloquio/Ponencia_1_Ricardo_Mendez.pdf

MENÉNDEZ, J. M. y GUIRAO, B. (2001), *Los Centros Integrados de Mercancías (CIM) y el Territorio*, en *Carreteras*, revista técnica, nº 118 (nov-dic 2001), p.101-107, Asociación Española de la Carretera, Madrid.

MENÉNDEZ FERNÁNDEZ, R. (2009), *La red urbana de Castilla y León en el marco peninsular y europeo*, en Rodríguez Gutiérrez, F. (Edit.) (2009), Áreas Metropolitanas de España, Universidad de Oviedo, Oviedo.

MÉRENNE, E. (1995), *Géographie des transports,* Nathan cop., Paris.

MÉRENNE-SCHOUMAKER, B. (1996a), *La localisation des industries: mutations récentes et méthodes d'analyse*, Nathan, Paris.

MÉRENNE-SCHOUMAKER, B. (1996b), *La localisation des services*, Nathan, Paris.

MÉRENNE, E. (2003), *Géographie des transports: contraintes et enjoux*, Presses Universitaires de Rennes, Rennes.

METREX (2004), INFORME SOBRE LA SITUACIÓN DE METREX EN SUS PRIMEROS CINCO AÑOS 1996/2000.
http://www.eurometrex.org/ENT1/EN/About/about_METREX.php

MIEBACH CONSULTING (2009a), *Global logistics trends study 2009. Go local for performance. Key results of the Global Logistics and Supply Chain Trend Study*, may 2009, Frankfurt.
http://www.bdi-online.de/Dokumente/Verkehrspolitik/Global_Logistics_Trends_Study_Brochure_28_04_09.pdf

MIEBACH CONSULTING (2009b), *Global logistics trends study 2009. Go local for performance. Resultados clave del estudio sobre tendencies logísticas globales*, Jornadas técnicas del CEL, SIL 2009, 5 junio de 2009, Barcelona.
http://www.cel-logistica.org/upload/LogTrends09.pdf

MINISTERIO DE FOMENTO (1999), *Plataformas logísticas y centros de transporte de mercancías en España. Una visión de la situación actual y propuestas de intervención*, septiembre de 1999, Ministerio de Fomento, Madrid.
http://telecotrans.es/redctm/presentacion/index.html

MINISTERIO DE FOMENTO (2000), *Redes de infraestructuras estratégicas integradas en Europa. COST 328. Informe final*, serie monografías, Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Madrid.

MINISTERIO DE FOMENTO (2004a), *PEIT. Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte. Documento propuesta diciembre de 2004*, Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras y Planificación, Dirección General de Planificación y Coordinación Territorial, Madrid.

MINISTERIO DE FOMENTO (2004b), REAL DECRETO 2387/2004, DE 30 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento del Sector Ferroviario, B.O.E nº 315 de 31 de diciembre de 2004.

MINISTERIO DE FOMENTO (2009), *Memoria y Anejos Memoria*, *Estudio Informativo Ronda Sur Ferroviaria de Zaragoza*, Madrid.

MINISTERIO DE FOMENTO (2008), *Encuesta permanente del Transporte de Mercancías por Carretera.*
http://www.fomento.es/BE2/sedal/28040140.XLS.

MINISTERIO DE FOMENTO (2009a), *Estrategia Española de movilidad sostenible*, aprobada por el Consejo de Ministros, 30 de abril.
http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/149186F7-0EDB-4991-93DD-CFB76DD85CD1/46435/EstrategiaMovilidadSostenible.pdf

MINISTERIO DE FOMENTO (2009b), *Corredor Ferroviario de Altas Prestaciones Cantábrico –Mediterráneo*, presentación, septiembre de 2009.
http://www.vialibre-ffe.com/pdf/4400_Presentacion_corredor.pdf

MINISTERIO DE FOMENTO (2010a), *Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas*, Portal de Suelo y Políticas Urbanas, [en línea], Secretaría de Estado de Vivienda y Actuaciones Urbanas, [consulta: 14 de noviembre de 2010].
http://atlas.vivienda.es

MINISTERIO DE FOMENTO (2010b), *Las Áreas Urbanas. Metodología utilizada para la delimitación de las Áreas Urbanas*, Dirección General de Suelo y Políticas Urbanas, Ministerio de Fomento. http://siu.vivienda.es/portal/media/ayuda/Metodologia.pdf

MINISTERIO DE FOMENTO (2010c), *Plan Estratégico para el Impulso del Transporte Ferroviario de Mercancías en España (PEITFM)*, 14 de septiembre de 2010, Ministerio de Fomento.
http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/E9229D97-59DB-44BE-BA47-AC93A45C4C72/98696/10091401PEITMF.pdf

MINISTERIO DE FOMENTO (2010d), *Trafico en la Red de Carreteras del Estado. Año 2010. Distribuciones de tráfico en las estaciones de aforo,* Dirección General de Carreteras, Secretaría General de Infraestructuras, Ministerio de Fomento.
http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/01464472-01B2-44AA-AAB5-D5BAE062B1B8/105146/historico2009.pdf

MINISTERIO DE FOMENTO (2010e), *Mapa de Tráfico 2010, Vehículos pesados y vehículos con mercancías peligrosas*, Dirección General de Carreteras, Secretaría General de Infraestructuras, Ministerio de Fomento.
http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/0E2A9383-22F7-4B25-BF72-6A71389D096A/105128/MapPesados2010.pdf

MINISTERIO DE FOMENTO (2011), *Encuesta Permanente de Transporte de Mercancías por Carretera 2011*, D.G. de Programación Económica y Presupuestos, Ministerio de Fomento.

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA (2003), Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo.
http://www.boe.es/boe/dias/2003/12/23/pdfs/A45684-45772.pdf

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2000), *Principios Directores para el Desarrollo Territorial Sostenible del Continente Europeo*, Consejo de Europa, Conferencia Europea de Ministros responsables de Ordenación del Territorio (CEMAT), Hannover, 7 y 8 de septiembre de 2000, Unidad de Desarrollo Territorial, Secretaría de Estado de Aguas Y Costas, Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Medio Ambiente.
http://www.coe.int/t/dg4/cultureheritage/Source/Policies/CEMAT/Principles_SP.pdf

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (MMAMRM) (2007a), *Estrategia española de cambio climático y energía limpia horizonte 2007-2012 -2020*, 20 de julio.
http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/estrategia_cc/pdf/est_cc_energ_limp.pdf

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (MMAMRM) (2007b), *Medidas urgentes de la estrategia española de cambio climático y energía limpia - EECCEL-, 20 de julio.*
http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/estrategia_cc/pdf/plan_med_urg.pdf

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (MMAMRM) (2009), *Población y Sociedad Rural*, serie agrinfo, nº 12, febrero de 2009, Publicaciones de la Unidad de Análisis y Prospectiva, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
http://www.mapa.es/ministerio/pags/analisis_prospectiva/Agrinfo12.pdf

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS TRANSPORTES Y MEDIO AMBIENTE, (1995), *Cadenas de transporte multimodal*, MOPTMA, Secretaría General Técnica, Madrid.

MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN [en línea], Avance Anuario de Estadísticas del Ministerio de Trabajo e Inmigración 2010, Afiliación de Trabajadores al Sistema de la Seguridad Social, Trabajadores afiliados en alta laboral, según sector de

actividad y dependencia laboral, por comunidad autónoma y provincia, AFI-21A y AFI-21B, [consulta: junio 2011].
http://www.mtin.es/estadisticas/ANUARIO2010/AFI/index.htm

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES (2001) [en línea], *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001)*, 2ª edición, Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Peru. [consulta: septiembre 2011].
http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/DG-2001%20corregido-ok/INDEX.HTM

MOCELLIN, F. (2006), *Gestion des entrepôts et plates-formes*, 2e édition, DUNOD, Paris.

MÓDOL, J.R. (1998), *CASTELLS, M. La ciudad informacional. Tecnologías de la información, estructuración económica y el proceso urbano-regional*, Biblio 3W. Revista bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, nº 98, 20 de junio de 1998, Universidad de Barcelona.
http://www.ub.es/geocrit/b3w-98.htm

MONFORT BERNAT, A. (1992), *El ferrocarril del futuro. Especialización y competitividad*, en OP. Obras Públicas, El ferrocarril, II, nº 23, primavera, pp. 7-13, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Barcelona.

MONZÓN DE CÁCERES, A. (1988), *Los indicadores de accesibilidad y la planificación del transporte: concepto y clasificación*, TTC, Revista del Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones, nº 35, Nov.- Dic., Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones, Madrid.

MONZÓN DE CÁCERES, A. et al. (2005), *Infraestructuras de transporte terrestre y su influencia en los niveles de accesibilidad de la España peninsular*, Estudios de Construcción y Transporte, nº 103, julio a diciembre, pp. 97-112, Ministerio de Fomento, Madrid.

MORENO, A. y ESCOLANO, S. (1992), *Los servicios y el territorio*, Espacios y sociedades, Serie General nº19, Síntesis, Madrid.

MORENO JIMÉNEZ, J. A. (2002), *Logística multicriterio*, Grupo de decisión multicriterio, Universidad de Zaragoza, Periódico de Aragón, 30 junio 2002, Zaragoza.
http://gdmz/htm/articulo.htm

MORLOK, E. K. (1978), *Introduction to transportation engineering and planning*, McGraw-Hill, New York [etc.].

MORLOK, E. K. AND CHANG, D. J. (2004), Measuring capacity flexibility of a transportation system, Transportation Research, part A, issue 6, pp. 405-420.

doi:10.1016/j.tra.2004.03.001.

MOYA, M. (Coord.), (2006), *REORIENT. Business case for seamless intermodal freight transport*, official REORIENT brochure.
http://www.reorient.org.uk/pdfs/REORIENTlflt.pdf

MOYA, M. (Coord.), (2007), *REORIENT. Implementing Change in the European Railway System,* Deliverable D4.1, Version 1.1, Selection of Two Freight Corridors for Demonstration, of Seamless International Rail Freight Services: Modeling Freight Transport on the Corridors, Deis, University of Bologna.
https://www.reorient.org.uk/teratext/retrieve;setName=Set-1361077437;setRec=2;setSize=95;filename=/Deliverable%20D4.1--Final.pdf

MUÑIZ, I. (1998), *Externalidades, localización y crecimiento: una revisión bibliográfica*, en Estudios Regionales, nº 52, pp.155-175, Universidades Públicas de Andalucía.
http://www.revistaestudiosregionales.com/pdfs/pdf607.pdf

MUÑIZ, I., GALINDO, A. y GARCÍA, M. A. (2003) *¿Es Barcelona una ciudad policéntrica?*, Document de Treball, 03.09, Facultat de Ciències Econòmiques i Empresarials, Universitat Autónoma de Barcelona.
http://www.ecap.uab.es/RePEc/doc/wpdea0309.pdf

MUÑOZ, M. (1995), *RENFE 1941-1991. Medio siglo de ferrocarril público*, Ediciones Luna, Madrid.

MYRDAL, G. (1959), *Teoría económica y regiones subdesarrolladas*, Fondo de Cultura Económica, México D.F.

NAGEL, C. (2008), *The integration of rail transport into freight transport logistics Chain of logistics service providers*, Wissenschaftliche Arbeiten nº 2 des instituts für Land-und Seeverkehr der Technischen Universität Berlin, Eurail press, Berlin.

NAGURNEY, A., KE, K. and CRUZ, J. (2002a) *Dynamics of Supply Chains: A Multilevel (Logistical/Informational/Financial) Network Perspective*, The Virtual Center for Supernetwork, Isenberg School of Management University of Massachussets.
http://supernet.som.umass.edu/articles/dynsup.pdf

NAGURNEY, A., CRUZ, J. and MATSYPURA, D. (2002b) *Dynamics of Global Supply Chain Supernetworks*, The Virtual Center for Supernetwork, Isenberg School of Management University of Massachussets.
http://supernet.som.umass.edu/articles/globsup.pdf

NAGURNEY. A. (2002c) *Spatial Equilibration in Transport Networks*, The Virtual Center for Supernetwork, Isenberg School of Management University of Massachussets.
http://supernet.som.umass.edu/articles/handbooktgss.pdf

NAGURNEY, A., ZHANG, D. and Dong, D. (2002d) *Spatial economic networks with multicriteria producers and consumers: Statics and dynamics*, in *The Annals of Regional Science*, Volume 36, Number 1 (February 2002), pp. 79-105, http://ejournals.ebsco.com/direct.asp?ArticleID=11FQMB6HVM8YFPQ7XTUJ

NAGURNEY, A. and WAKOLBINGER, T. (2004a) *Supernetworks: An Introduction to the Concept and its Applications with a Specific Focus on Knowledge Supernetworks,* The Virtual Center for Supernetwork, Isenberg School of Management University of Massachussets.
http://supernet.som.umass.edu/articles/uksupernetworks.pdf

NAGURNEY. A. (2004b) *Supernetworks: Paradoxes, Challenges, and New Opportunities*, John F. Smith Memorial Professor, The Virtual Center for Supernetwork, Isenberg School of Management University of Massachussets.
http://supernet.som.umass.edu/articles/transform.pdf

NAGURNEY, A., MATSYPURA, D. (2005) *Global supply chain network dynamics with multicriteria decision-making under risk and uncertainty*, in Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol.41, is.6, november, pgs.585-612.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VHF-4GWBWD2-1/2/261cf676727f843dca06fde30198929c

NAGURNEY, A. (2006a) *Supernetwork*, ch. 1, The Virtual Center for Supernetwork, Isenberg School of Management University of Massachussets.
http://supernet.som.umass.edu/articles/nagurneyhandbook.pdf

NAGURNEY, A., LIU, Z. and WOOLLEY, T. (2006b) *Sustainable Supply Chain and Transportation Networks*, The Virtual Center for Supernetwork, Isenberg School of Management University of Massachussets.
http://supernet.som.umass.edu/articles/SustainableSupplyChains.pdf

NAGURNEY, A. (2009) *A system-optimization perspective for supply chain network integration: The horizontal merger case*, en Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 45, is. 1, pp. 1-15.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VHF-4S2VMFN-1/2/37447d3d31110cad191720dfd63def29

NAÑÓN BLÁZQUEZ, L, (2000), *Manual de Carreteras*, trabajo fin de carrera, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Alicante.
http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01.pdf

NASH, C. (2003), *Unification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency* (*UNITE)*, competitive and sustainable growth (GROWTH) programme, 5th Framework transport RTD, final report, version 1.0, noviembre, ITS, University of Leeds.
http://www.its.leeds.ac.uk/projects/unite/

NAVA FONSECA, C. A. (2006), *Analysis of a transport network based on georeference system and multicommodity network flow*, in Journal of Applied Research and Tecnology, Vol. 4, nº 001, april, pp. 50-78, Universidad Nacional Autónoma de Mexico.

NAVARRO FERRER, A.Mª. (1962) Geografía Urbana de Zaragoza. Geographica nº monográfico, enero- diciembre, 1.962, Dpto. de Geografía Aplicada del instituto ElCano del CSIC, Zaragoza.
http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=47440104&iCveNum=0

NEA TRANSPORT RESEARCH AND TRAINING BV (Coord.) (2004), *Traffic, bottlenecks and environmental analysis on 25 corridors; Scenarios, Traffic Forecasts and Analysis of Corridors on the Trans-European network, TEN-STAC*, D6 deliverable part I, september 2004.
http://ec.europa.eu/ten/transport/documentation/doc/2004_09_ten_stac_part1.pdf

NEA TRANSPORT RESEARCH AND TRAINING BV (Coord.) (2004), *Traffic, bottlenecks and environmental analysis on 25 corridors; Scenarios, Traffic Forecasts and Analysis of Corridors on the Trans-European network, TEN-STAC*, D6 deliverable part II, september 2004.
http://ec.europa.eu/ten/transport/documentation/doc/2004_09_ten_stac_part2.pdf

NEL.LO, O (1996), *Los confines de la ciudad sin confines. Estructura urbana y límites administrativos en la ciudad difusa,* seminario: La ciudad dispersa. Suburbanización y nuevas periferias", Centro de Cultura Contemporánea, febrero y abril de 1996, Barcelona.
http://archivouel.tripod.com/dispersa3.pdf

NEL.LO, O (2004), *¿Cambio de siglo, cambio de ciclo? las grandes ciudades españolas en el umbral del S. XXI*, en CIUDAD Y TERRITORIO Estudios Territoriales, XXXVI, nº 141-142, otoño-invierno 2004, pp.523-542.
http://www.mviv.es/es/pdf/CyTET/141/CT_141_523.pdf

NESTEAR (Coord.) (2005), MEDA TEN-T: *Towards an integrated multimodal network in Mediterranean,* Mediterranean and Trans-European Networks For Transport, INCO-MED proyect, Fifth Framework Programme for RT&D.
http://www.euromedtransport.org/fileadmin/download/maincontract/f5/f5_medaten_t.pdf

NIELSEN, L.D. ,JESPERSEN, P.H., PETERSEN, T. AND HANSEN, L.G. (2003), *Freight transport growth—a theoretical and methodological framework*, European Journal of Operational Research, vol. 144, nº 2, pp. 295-305.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VCT-46Y59H7-4/2/84e229da255267276a92bc0fdc8bc489

NIÉRAT, P. (1997), *Market area of rail-truck terminals: Pertinence of the spatial theory*, in Transportation Research Part A: Policy and Practice, vol. 31, issue 2, pp. 109-127.
www.sciencedirect.com/science/article/B6VG7-3SWT2RP-50/2/c30e01160e5ba98af506f7a95aa02c6c

NÓVOA RODRIGUEZ, X. (1992), *Los ingenieros y el ferrocarril: líneas, pasos y puentes*, en OP. Obras Públicas, El ferrocarril, III, nº 24, verano, pp. 104-127, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Barcelona.

OBSERVATORIO DEL FERROCARRIL EN ESPAÑA (OFE) (2007), *Primer Informe*, diciembre, Observatorio del Ferrocarril España, Madrid. http://www.observatoriodelferrocarril.es/archivos/documentos/INFORME_OFE2007%20DEFINITIVO%20(18%2012%202008).pdf

OBSERVATORIO DEL FERROCARRIL EN ESPAÑA (OFE) (2008), *Informe 2007. Documento de Trabajo*, 27 de noviembre, Observatorio del Ferrocarril España, Madrid. http://www.observatoriodelferrocarril.es/archivos/documentos/INFORME_OFE2007%20DEFINITIVO%20(09%2002%202009).pdf

OBSERVATORIO DEL FERROCARRIL EN ESPAÑA (OFE) (2010), *Informe 2009. Documento de Trabajo*, diciembre 2010, Observatorio del Ferrocarril España, Madrid. http://www.observatoriodelferrocarril.es/archivos/Ofe2010/ObservatorioFerrocarril_2009.pdf

OBSERVATORIO DEL FERROCARRIL EN ESPAÑA (OFE) (2011), *Informe 2010. Documento de Trabajo*, diciembre 2011, Observatorio del Ferrocarril España, Madrid. http://www.observatoriodelferrocarril.es/archivos/Ofe2010/ObservatorioFerrocarril_2010.pdf

OBSERVATORIO DEL FERROCARRIL EN ESPAÑA (OFE) (2012), *Informe 2011. Documento de Trabajo*, diciembre 2012, Observatorio del Ferrocarril España, Madrid. http://www.observatorioferrocarril.es/archivos/Ofe2011/ObservatorioFerrocarril_2011.pdf

OFFICE FÉDÉRAL DU DÉVELOPPEMENT TERRITORIAL (ARE), (2003), *Etude sur les effets territoriaux des infrastructures de transport «Tirer les leçons du passé pour planifier le futur» Aperçu du projet*, Département federal de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, OFCL, Diffusion publications, Berne. www.bbl.admin.ch/bundespublikationen

OFFNER, J. M. (1993), *Les "effets structurants" du transport: mythe politique, mystification scientiphique*, en *L'Espace Geographique, nº* 3, pp.233-242. http://ddata.over-blog.com/xxxyyy/0/00/42/10/article-offner-espace-geo.pdf

OFFNER, J. M., (2005), *Les opérateurs de réseaux, nouveaux maîtres des territoires ?*, Festival International de géographie 2005 : Le monde en réseaux. Lieux visibles, réseaux invisibles, 30 septembre au 2 octobre 2005, Saint-Dié-des-Vosges. http://fig-st-die.education.fr/actes/actes_2005/offner/article.htm

OJALA, L (1997), *Les nouvelles tendances de la logistique en Europe. Finlande*, en Les nouvelles tendances de la logistique en Europe :rapport de la cent quatrième Table Ronde d'Economie des Transports, tenue à Paris, les 3 et 4 octobre 1996, Conference Européenne des Ministres des Transports, Centre de Recherches Économiques, Éditions OCDE, Paris.

O'KELLY, M. E., BRYAN, D. L., SKORIN-KAPOV, D. and SKORIN-KAPOV, J. (1997), *Hub network design with single and multiple allocation: a computational study*, Location Science, Vol.4, nº 3, pp. 125-138. http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VG9-3VV02Y0-2/2/83e3b3fea1fa4aff553a8f30d650f54f

O'KELLY, M. E. and BRYAN, D. L. (1998), *Hub location with flow economies of scale*, Transportation Research Part B, Methodological, vol 32, nº 8, pp. 605-616. http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V99-3WGXNWK-9/2/29744f57badeb859c30f31f7b9678c03

O'KELLY, M. E. and BRYAN, D. (2002), *Interfacility interaction in models of hub and spoke networks*, Journal of Regional Science, Vol. 42, nº. 1, pp. 145–164.http://ejournals.ebsco.com/direct.asp?ArticleID=CD9YEV1LD1GN8K8G4H3M

ONUR GOKSEVEN, A. (2009), A*n optimization-simulation approach for locating warehouses in logistics networks*, Tesis for the degree of Master en Ciencias de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Graduate School New Brunswick Rutgers, The State University of New Jersey.
https://vpn.unizar.es/+CSCO+1h756767633A2F2F63656264687266672E687A762E70627A++/pqdweb?index=2&did=1681879361&SrchMode=1&sid=6&Fmt=14&VInst=PROD&VType=PQD&RQT=309&VName=PQD&TS=1244970565&clientId=67898

OOSTERHAVEN, J. y KNAAP, T. (2000), *Spatial economic impacts of Transport infrastructure investments*, Paper prepared for the TRANS-TALK Thematic Network, November 6-8, Brussels.
http://www.iccr-international.org/trans-talk/docs/ws2-oosterhaven.pdf

OP. OBRA PÚBLICA (1991), *El ferrocarril, I*, nº 22, invierno, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Barcelona.

OP. OBRA PÚBLICA (1992), *El ferrocarril ,II*, nº 23, primavera, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Barcelona.

OP. OBRA PÚBLICA (1992), *El ferrocarril, III*, nº 24, verano, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Barcelona.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES (2002a), *Transport intermodal de marchandises. Une évaluation comparative*, OCDE Editions, Paris.
http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/02BenchmarkingF.pdf

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES (2002b), *Investissements en infrastructure de transport et développement regional*, OCDE Editions, Paris.
http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/02RTRinvestF.pdf

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES (2006), *L'impact environnemental des transports. Comment le découpler de la croissance économique*, OCDE Browse_it editions, OCDE Editions, Paris.
http://www.oecd.org/document/47/0,3343,fr_2649_34363_37723631_1_1_1_1,00.html

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (1996), *Towards sustainable transportation*. *The Vancouver Conference*, 24-27 march 1996, OECD Proceedings, Paris.
http://www.oecd.org/dataoecd/28/54/2396815.pdf

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (2002a), *Impact of Transport Infrastructure Investment on Regional Development*, june, OECD Publications, Paris.
http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/02RTRinvestE.pdf

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (2002b), *Transport Logistics. Shared solutions to common challenges,* extract, august, OECD Publications, Paris.
http://browse.oecdbookshop.org/oecd/pdfs/browseit/7702061E.PDF

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (2008), *Sistema de vigilancia del clima. Alerta temprana de anomalías y fenómenos climáticos extremos.*
http://www.wmo.int/pages/publications/showcase/documents/Sistema_vigilancial_clima_S.pdf

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO (2001), *Perspectivas sobre el desarrollo mundial 2010: riqueza cambiante. Resumen en español*, Publicaciones OCDE, París.
http://www.oecd.org/dataoecd/37/52/45491257.pdf

ORTÚZAR, J. D. and WILLUMSEN, L. J. (2008), *Modelos de Transporte*, Ediciones de la Universidad de Cantabria, Santander.

PARLAMENTO EUROPEO (2001), *Fichas técnicas 1999-2002,* [On line: 22/10/2001] Dirección general de Estudios, L-2929, Luxemburgo.
http://www.europarl.europa.eu/factsheets/default_es.htm

PARLAMENTO EUROPEO (2004), *Decisión nº 884/2004/CE, por la que se modifica la Decisión n.º 1692/96/CE sobre las orientaciones comunitarias para el desarrollo de la red transeuropea de transporte*, de 29 de abril de 2004, Diario Oficial de la Unión Europea, de 30.4.2004, L 167, Bruselas.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:374:0072:0072:ES:PDF

PARLAMENTO EUROPEO (2008), *Resolución sobre el transporte de mercancías en Europa (2008/2008/ (INI))*, 28.7.2008, Bruselas.
http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2008-0409+0+DOC+XML+V0//ES

PARLAMENTO EUROPEO (2009), *Resolución sobre el Libro Verde sobre el futuro de la política RTE-T(2008/2218/ (INI))*, 22 de abril de 2009, Estrasburgo.
http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2009-0258+0+DOC+XML+V0//ES

PARRADO DÍEZ, S. (2004), *La desterritorialización de las ciudades y las consecuencias para la gobernanza en las metrópolis*, IX Congreso Internacional del CLAD, 2 al 5 de noviembre de 2004, Madrid.
http://www.uned.es/113016/archivos/clad-parrado-metropol-v3.pdf

PEETERS, D., THISSE, J. F. and THOMAS, I. (1998), *Transportation networks and the location of human activities*, 38th Congress of the European Regional Science Association, Vienna, 28 august - 1 september 1998.
http://www-sre.wu-wien.ac.at/ersa/ersaconfs/ersa98/papers/268.pdf

PEÑA, J. L. y LOZANO, M. V. (2004), *Las unidades de relieve aragonés*, en Peña, J. L., Longares L.A. y Sánchez, M. (Eds.), (2004), Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos, Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico, Zaragoza. http://age.ieg.csic.es/fisica/docs/002.pdf

PEÑA SÁNCHEZ, A.R. (2006), *Las disparidades económicas intrarregionales en Andalucía,* tesis doctoral.
http://www.eumed.net/tesis/2006/arps/

PÉREZ de las HERAS, M. (1997), *La Conservación de la Naturaleza*, Acento Editorial, Madrid.

PÉREZ MARTÍNEZ, P. J., VASSALLO MAGRO, J. M. y VILLAFAÑE ALONSO, P (2010), La reducción de los costes externos en el transporte terrestre de mercancías, Cátedra Amelio Ochoa, Fundación Francisco Corell, Madrid.

PÉREZ SERRANO, C. (1998), *La formación y los recursos humanos como base de competitividad para las PYMES*, En Economía Aragonesa, nº 3, pp.47-64, Servicio de Estudios, Ibercaja, Zaragoza.

PESQUERA GONZÁLEZ, M. A. (2005), *El desarrollo potencial Intermodal entre Aragón y Cantabria*, presentación, en I Jornadas del Transporte. Intermodalidad: La clave para el futuro del transporte, 15 y 16 de junio de 2005, Fundación Empresa Universidad Zaragoza (FEUZ), Zaragoza.

PESQUEUX, I. (2002), *Les reseaux et leur impact organisationnel*, XXIIIéme Congrès de la Association Française de Comptabilité, Toulouse, 16-17 mai.
http://www.afc-cca.com/archives/docs_congres/congres2002/pdf/Pesqueux__yvon.pdf

PÉTRIZ BORAU, J. M. y DOMÍNGUEZ HERNÁNDEZ, J. (2005), *Introducción al Ferrocarril en la provincia*, boletín informativo del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y La Rioja, nº 21, diciembre 2005, sección arqueología industrial, pp.44-56, C.O.I.I.A.R., Zaragoza.
http://www.coiiar.org/revista/204.pdf

PLASSARD, F. (1989), *Interconnexions et nouvelles polarités*, colloque les couloirs Rhin-Rhône dans l'espace europeénne, octobre 1989, Lyon.

PLASSARD, F. (1994), *Les réseaux de transport et de comunication*, en Encyclopédie de Géographie, Bailli, A., Ferras, R., Pumain, D (Dir..), ch. 27, pp 515-538, Economica, Paris.

PLASSARD, F. (1997), *Les effets des infrastructures de transport. Modèles et paradigmes*, en Burmeister, A. y Joignaux, G. (Dirs.), *Infraestructures de Transport et Territoires*, pp. 39-54, L'Harmattan, Paris.

PLASSARD, F. (2000), *Economie Espatiale*, Université Lumière Lyon 2, Département de Sciences Economiques, cours, Année universitaire 2000-2001.
http://pagesperso-orange.fr/site-plassard/espace.htm

PLASSARD, F. (2003), *Introduction a l'analyse des transports. Dess d'Aménagement,* Université Jean Moulin Lyon 3 Faculté de Géographie, Année universitaire 2002-2003.
http://pagesperso-orange.fr/site-plassard/transport.htm

PLASSARD, F. (2003), *Transport et territoire*, *recherche menée par le PREDIT 2, 1996-2000,* La documentation Française*,* Paris.

PLAZA GUTIÉRREZ,J. I. (2000*), Ejes de crecimiento espacial y nuevos territorios de desarrollo en España: algunas reflexiones*, Eria, nº 52, pp. 113-130, Universidad de Oviedo.
http://www.revistaeria.es/index.php/eria/article/view/485/464

POTRYKOWSKI, M. y TAYLOR, Z. (1984), *Geografía del transporte*, Ariel, Barcelona.

PORTER M. E. (1991), *La ventaja competitiva de las naciones,* Plaza & Janés, Espulgues de Llobregat, Barcelona.

PORTER, M. E. (2000), *Location, clusters, and Company Strategy*, en Clark, G. L., Feldman, M. P. y Gertler, M. S. (edits.), The Oxford Handbook of Economic Geography, part III, Corporate Structure, Section 6, Competition Structure, Strategy, and Location, pp. 253-274, Oxford University Press, New York.

PORTER M. E. (2003), V*entaja competitiva. Creación y sostenimiento de un desenpeño superior*, Compañía Editorial Continental, 2002, segunda reimpresión, México D.F.

PORTER M.E. (2004), *Estrategia competitiva. Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*, Compañía Editorial Continental, México D.F.

PRICEWATERHOUSECOORS AUDITORES S.L. (2011), Informe *Tomando la vía hacia un transporte de mercancías inteligente,* Grupo de Transportes de PwC, 30 de marzo de 2011, www.pwc.es

PRECEDO LEDO, A. (1988), *La Red Urbana*, Colección Geografía de España, nº18, Editorial Síntesis S.A., Madrid.

PRECEDO LEDO, A. (1992), *La localización industrial*, Colección Espacios y Sociedades, nº 18, Editorial Síntesis S.A., Madrid.

PRECEDO LEDO, A. (2004), *Nuevas realidades territoriales para el siglo XXI: Desarrollo local, identidad territorial y ciudad difusa*, Colección Espacios y Sociedades, nº 10, Editorial Síntesis S.A., Madrid.

PRESIDENCIA DE LA COMISIÓN EUROPEA (2001), *Conclusiones de la presidencia. Consejo Europeo de Gotemburgo 15 y 16 de junio de 2001*, SN 200/1/01 REV 1. http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/es/ec/00200-r1.es1.pdf

PRICE D. G. y BLAIR, A. M. (1989), *The Changing Geography of the Service Sector*, Belhaven Press, London.

PRIEMUS, H. and ZONNEVELD, W. (2003), *What are corridors and what are the issues? Introduction to special issue: the governance of corridors*, in Journal of Transport Geography, vol. 11, n. 3, pp. 167-177. www.sciencedirect.com/science/article/B6VG8-494HN6S-1/2/bda394115cee752a7cdd7a8054f8521f

PRUD'HOMME, R. (2004), *Infrastructure and Development*, Annual Bank Conference on Development Economics, May 3-5, Washington. http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2004/05/13/000265513_20040513160037/Original/28975.doc

PUERTOS DEL ESTADO (2011), *3.1.16. Clasificación de las mercancías por el medio de transporte de entrada o salida del puerto*, 3.1. Tráfico de mercancías, Tráfico Portuario 2011, Anuario Estadístico 2011. [en línea] [fecha de consulta: 05 de marzo de 2013] http://www.puertos.es/sites/default/files/anuario_estadistico2011/archivos_internos/contenidos/03/030116.html

PUERTOS DEL ESTADO (2007-2008-2009-2010), *3.1.16. Clasificación de las mercancías por el medio de transporte de entrada o salida del puerto*, Tráfico Portuario, cap. 3, Anuario estadístico 2010. http://www.puertos.es/estadisticas/anuarios_de_puertos/index.html

PUJADAS, R. y FONT, J. (1998), *Ordenación y planificación territorial*, Espacios y sociedades, Serie Mayor nº8, Síntesis, Madrid.

PUYOL, R., ESTÉBANEZ, J. y MÉNDEZ, R. (1995), *Geografía Humana*, Cátedra D.L., Madrid.

QUESADA, S. (1978), *La Teoría de los Sistemas y la Geografía Humana*, Geocrítica nº 17, septiembre de 1978, Cátedra de Geografía Humana de la Universidad de Bracelona, Ediciones de la Universidad de Barcelona, Barcelona.

REGGIANI, A. y RIETVELD, P. (2007), *Las redes de transporte desde un enfoque multidisciplinar*, pp. 127-150, Thomson Civitas, D. L., Cizur Menor (Navarra).

RÉGION MIDI-PYRÉNÉES (2005), *Alternativas*, revista del programa Pirene, nº especial Pirene II, 2º trimestre 2005.

RÉGION MIDI-PYRÉNÉES (2007), *Alternativas*, revista del programa Pirene, nº especial Pirene III, 3er trimestre 2007.

REICHMAN, S. (1983), *Les transports: Servitude o Liberté*, collection Espace et Liberté, Presses Universitaires de France, Paris.

REIGADA GRANADA, R. (2004), *Las infraestructuras logísticas de Andalucía como factor de mejora del desarrollo regional*, en Logística y Transporte de Mercancías, VI Congreso de Ingeniería del Transporte, Infraestructuras de Transporte y Logística como Motor de Desarrollo de las Regiones Europeas, pp. 1.457-1.464, Zaragoza 23-25 de junio de 2004, Emilio Larrodé y Luís Castejón (Eds.), Zaragoza.

RENFE (1984), *Album de Material Motor*, Trenes Hoy, Dirección de Material, Renfe.

RENFE (1989), *Atlas de los Ferrocarriles Españoles*, Gabinete de información y relaciones Externas (G.I.R.E), Plaza & Janés Editores S. A., Barcelona.

RENFE, Parque de material motor de Renfe, actualización 24-10-2008, intranet Renfe.

RENFE, Manuales descriptivos y de conducción, locomotoras 251, 253, 269, 289.1, 319.2. 319.4 333.3, varios años, aula multimedia, intranet Renfe.

RENFE (s.f.), *Diccionario de Términos Ferroviarios.* [en línea], [consulta: 22 de marzo de 2009].
http://www.renfe.es/comunicacion/mundotren/prensa/dicciona.html#g

RENFE MERCANCÏAS (2011*), Plan de Transportes Mercancías* de 6 de marzo de 2011 y de 4 de septiembre de 2011, Gerencia de Planificación y Análisis, Dirección de Servicios Productivos y Terminales, Renfe Mercancías.

REYNAUD, C. (2008), *NEW OPERA. The network dimension*, in New Opera. Final Conference, sep. 30th- 2008, Brussels.
http://www.newopera.org/sites/default/files/newopera/new_opera_overall_presentations.ppt

RICHARDSON, B. C. (2005), *Sustainable Transport: analisys frameworks*, en Journal of Transport Geography, vol.13, nº 1, pp. 29-39.

http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VG8-4F3FDY4-1/2/0d20a223a4e743caefe1325a1a94367b

ROBUSTÉ ANTÓN, F. (2001), *La logística de transporte y los centros integrados de mercancías, Ponencia I*, pp. 27-50, Primeras jornadas sobre Centros Integrados de Mercancías (CIM), (Burgos, 30 nov-1 dic de 2000), Asociación Española de la Carretera, Madrid.

ROBUSTÉ ANTÓN, F. (2005), *Logística del transporte*, Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya S. L., Barcelona.

ROBINSON, G. M. (1998), *Methods and Techniques in Human Geography*, Wiley&Sons, New York.

ROCA CLADERA, J. (Dir.) (2001), *Estudio prospectivo del sistema urbano del sudoeste europeo (INTERREG IIC). La caracterización territorial y funcional de las Áreas Metropolitanas españolas. Resumen Ejecutivo*, Ministerio de Medio Ambiente.
http://www-cpsv.upc.es/documents/Interreg_resumen.pdf

ROCA CLADERA, J. (2003), *La delimitación de la ciudad: ¿una cuestión imposible?*,

en CIUDAD Y TERRITORIO Estudios Territoriales, XXXV, nº 135, primavera 2003, pp.17-36.
http://www.mviv.es/es/pdf/CyTET/135/CT_135_017.pdf

ROCA CLADERA, J., BURNS, M. y MOIX BERGEDÀ, M. (2005), *Las áreas metropolitanas españolas. Evolución 1991-2001*.
http://www.edebedigital.com/EV/mjavaloyes/areas%20metropolitanas.pdf

RODRIGUE J.P., COMTOIS, C. y SLACK, B. (2006), *The Geography of Transport Systems.*
http://people.hofstra.edu/geotrans/

RODRIGUES, A. M., BOWERSOX, D. J. and CALANTONE, R. J. (2005), *Estimation of global and national logistics expenditures: 2002 data update*, in Journal of Business Logistics, Vol. 26, Is. nº 2, pp. 1-16, from ABI/INFORM Global database. (Document ID: 914824721).

RODRÍGUEZ, J. L. (1999), *Transporte de mercancías y servicios logísticos*, en *Boletín de información mensual. Puertos del Estado,* nº 64, mayo 1999, p.4-8.

RODRÍGUEZ BUGARÍN, M. (1995), *Líneas de débil tráfico***,** Revista de Obras Públicas, nº 3.347, octubre1995, pp.15-30, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid.
http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1995/1995_octubre_3347_02.pdf

RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ, F. (Edit.) (2009), *Áreas metropolitanas de España. La nueva forma de ciudad*, Ediciones de la Universiadad de Oviedo, Gijón.

ROSO, V. and LÉVÊQUE, P. (2002), *Dry Port concept for seaport inland access with intermodal solutions*, Division of Logistics and Transportation, Department of Technology Management and Economics, Chalmers University of Technology, Göteborg

ROSO, V. (2007), *Evaluation of the dry port concept from an environmental perspective: A note*, in Transportation Research Part D: Transport and Environment, vol. 12, nº 7, pp. 523-527.
www.sciencedirect.com/science/article/B6VH8-4PDKB4T-1/2/fabd79bfd851b800f2d5e6cfe20f743e

ROSSETTI, M. A. (2002), *Potential Impacts of Climate Change on Railroads,* in The Potential Impacts of Climate Change on Transportation, workshop, 2002, Part II Discussion Papers, U.S. Department of Transportation, Center for Climate Change.
http://climate.dot.gov/documents/workshop1002/rossetti.pdf

RUANO GÓMEZ, A. (2007), *Las líneas de Alta Velocidad frente a las convencionales. Adaptación de las líneas convencionales a Velocidad Alta*, tesis doctoral, marzo de 2007, Universitat Politècnica de Catalunya.
http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/5938

RUEDA, S. (2002), *Una nueva ordenación del territorio para la sociedad de redes*, en Subirats, J. (coord.), Redes, territorios y gobiernos, Colección: Territorio y Gobierno: Visiones, nº 1, marzo, pp. 269-293, Diputación de Barcelona, Barcelona.

SÁENZ, M. J., LAMBÁN, M. P., GARCÍA, C., ROYO, J. A. y CALAHORRA, R. (2006), *"Buenas prácticas en la gestión de la cadena de suministro: estudio empírico"*, documento de trabajo, nº 33/06, Fundación Economía Aragonesa FUNDEAR.
http://www.fundear.es/fotosbd/964123040rad2EBAF.pdf

SANAÚ, J. J. (1996), *El informe Biehl, diez años después*, en Información Comercial Española, ICE, revista de economía, nº 757, octubre, pp. 9-24, Ministerio Economía y Hacienda, Madrid.

SÁNCHEZ, M., OLLERO, A. y DEL VALLE, J. (2004), *La red fluvial de Aragón*, en Peña, J. L., Longares, L. A. y Sánchez, M. (Edits.), Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos, pp. 55-70, Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico, Zaragoza.
http://age.ieg.csic.es/fisica/docs/006.pdf

SÁNCHEZ ALBORNOZ, N. (compil.) (1985), *La modernización económica de España 1830-1930*, Alianza Editorial S.A., Madrid.

SÁNCHEZ GONZÁLEZ, J. y ZOFÍO PRIETO, J. L. (2009), *Espacio, distancia y localización: hacia la nueva Economía Geográfica*, en Información Comercial Española, ICE, revista de economía, monográfico, Aspectos territoriales del desarrollo: presente y futuro, nº 848, mayo-junio, pp. 9-28, Ministerio Economía y Hacienda, Madrid.
http://www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/ICE_848_9-28__68787935A43DB964CFE6365C78397AC5.pdf

SANCHO MARTÍ, J. (1989), *El espacio periurbano de Zaragoza*, vol. I, Cuadernos de Zaragoza nº 59, Ayuntamiento de Zaragoza, Zaragoza.

SANCHO MARTÍ, J. (1989), *El espacio periurbano de Zaragoza*, vol. II, Cuadernos de Zaragoza nº 59, Ayuntamiento de Zaragoza, Zaragoza.

SANTOS, M. (1990), *Por una geografía nueva*, Espasa Calpe D. L., Madrid.

SARABIA, A. A. (1995), *La Teoría General de Sistemas*, serie azul, monografía nº 2, publicaciones de ingeniería de sistemas, Isdefe, Madrid.
http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/web/la+teor%C3%ADa+general+de+sistemas/$file/teoria.pdf

SASSEN, S. (1999), *La Ciudad Global. Nueva York, Londres, Tokio*, Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires.

SAVY, M. (1993), *Logistique et Territoire*, Reclus D. L., Montpellier.

SAVY, M. (2007), *Le Transport de marchandises*, Éditions d'Organisation, Groupe Eyrolles, Paris.

SCHREYER, C. et al. (2004), *Costes externos del transporte*. *Estudio de actualización*, de estudio INFRAS/IWW 2000, de la Unión Internacional de Ferrocarriles (U.I.C.), resumen, octubre, Universidad de Karlsruhe, Kollegium am Schloss, Karlsruhe.
http://habitat.aq.upm.es/boletin/n28/ncost.es.pdf

SEGUÍ PONS, J.M. (2003), *Pluralidad de métodos y renovación conceptual en la geografía de los transportes del siglo XXI*, *Scripta Nova*, Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, Vol. VII, núm. 139, abril de 2003, Universidad de Barcelona.
http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-139.htm

SEGUÍ PONS, J.M. y MARTÍNEZ REYNÉS, M.R. (2004), *Geografía de los Transportes*. Universitat de les Illes Balears, Servei de Publicacions i Intercanvi Científic, Palma de Mallorca.

SERRANO MARTÍNEZ, J.M. (2000), *El papel de los ferrocarriles en la vertebración territorial española dentro del marco europeo comunitario en los umbrales del siglo XXI. Algunas notas*, en ESTÉBANEZ, J. y STAFF, W. (2000), Lecturas geográficas: Homenaje al profesor José Estébanez Álvarez, vol. II, pp. 1697-1706, Editorial Complutense, Madrid.

SERRANO RODRIGUEZ, A. (2003), *El modelo territorial europeo. Tendencias para el siglo XXI y sus implicaciones para el modelo territorial español*, en URBAN. Revista del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio, nº 8, Univ. Politécnica de Madrid. E.T.S. de Arquitectura. Dep. de Urbanística y Ordenación del Territorio,Madrid.
http://www.aq.upm.es/Departamentos/Urbanismo/public/urban/num/num.html

SERRANO SANZ, J. M. (Dir.) (2009), *Informe Económico de Aragón 2008*, Consejo Oficiales de Comercio e Aragonés de Cámaras Industria.
http://www.fundear.es/fotosbd/673004326rad13B16.pdf

SERRANO SANZ, J. M. (Dir.) (2010), *Informe Económico de Aragón 2009*, Consejo Aragonés de Cámaras Oficiales de Comercio e Industria.
http://www.fundear.es/fotosbd/156832352rad3D975.pdf

SERRATOSA I PALET, A. (1999), *Territorio e infraestructuras*, en OP. Obras Públicas, *La ingeniería civil española del siglo XX, II*, nº 49, tercera época, pp. 4-11, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Barcelona.

SEVESTRE, A. (2007), *Pôles de développement économique et logistique d'entreprise*, Thèse nº 3830, présentée le 29 juin 2007, Collège du Management de la Technologie, Chaire de logistique, économie et management, Section de management de la technologie et entrepreneuriat, École Polytechnique Fédérale de Lausanne.
http://biblion.epfl.ch/EPFL/theses/2007/3830/EPFL_TH3830.pdf

SHEPPARD, E. (2000), *Geography and economics? Conceptions of Space, Time, Interdependence, and Agency*, en Clark, G. L., Feldman, M. P. y Gertler, M. S. (edits.), The Oxford Handbook of Economic Geography, part I, Conceptual Perspectives, section 2, Analytical Frameworks, pp. 99-119, Oxford University Press, New York.

SHUPER, V. (1999), *La théorie des lieux centraux et les phénomènes d'évolution*, cibergeo, European Journal of Geography, nº 87. http://www.cybergeo.eu/index4844.html

SIMÓN GÓMEZ, J. L. (2007), *La construcción y el modelado del relieve en la Cordillera Ibérica*, en Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, vol. 15, nº 2, pp. 164-174.
http://www.raco.cat/index.php/ect/article/viewFile/120967/166482

SJÖSTEDT, L. (2009), *Theoretical background and intermediate local scenarios for services to be provided*, Presentation at the ERG meeting, 9 September 2009, Trondheim.
http://trg1.civil.soton.ac.uk/sf/SF_090909_Background_scenarios.pdf

SNED y SEGED (2006), *Nota informativa sobre el proyecto de túnel ferroviario a través del Estrecho de Gribaltar*, brochure, marzo 2006, Société Nationale d'Etudes du Détroit y Sociedad Española de Estudios para la comunicación fija a través del Estrecho de Gibraltar.
http://www.secegsa.com/esp/telecharger/brochure-fr.pdf

SNED y SEGED (2007), *Proyecto de túnel ferroviario a través del Estrecho de Gribaltar*, brochure, noviembre 2007, Société Nationale d'Etudes du Détroit y Sociedad Española de Estudios para la comunicación fija a través del Estrecho de Gibraltar.
http://www.sned.gov.ma/esp/telecharger/BROCHURE_ES_Nov07.pdf

SOARES, L. (2005), *Accesos a Sines*, en Necesidades de interconexión de las regiones SUDOE bajo un enfoque multimodal, Proyecto Pirene II, actas, junio 2005, pp. 10-22, Gobierno de Aragón, Zaragoza.

SOLER, V. (2002), *Redes Territoriales y desarrollo regional en la sociedad del conocimiento. El caso valenciano*, en Subirats, J. (coord.), Redes, territorios y gobiernos, Colección: Territorio y Gobierno: Visiones, nº 1, marzo, pp. 141-154, Diputación de Barcelona, Barcelona.

SORIANO BAEZA, M. (2005), *La gestión sostenible de los recursos*, en Manual de la empresa responsable, cap. 3, fascículo 03, noviembre, Biblioteca Empresarial Cinco días, Club de excelencia en sostenibilidad.
http://www.clubsostenibilidad.org/documentacion/2005/FASCiCULO%2003%20ok.pdf

SORIANO JIMÉNEZ, M. A. (2005), *Geología y geomorfología*, en BES GRACIA, P. y BLASCO ZUMETA (Coord.) (2005), Comarca de Ribera Baja del Ebro, Colección Territorio, nº 17, pp. 25-41, Departamento de Presidencia y Relaciones Institucionales, Diputación General de Aragón, Zaragoza.
http://portal.aragon.es/portal/page/portal/INFTERR/PUBLICACIONESDIGITALES/COLECCIONTERRITORIO/COMARCARIBERABAJAEBRO

SPIEKERMANN, K. AND NEUBAUER, J. (2002), *European accessibility and peripherality: Concepts, Models and Indicators*, Nordregio Working Paper 2002:9, Nordregio - the Nordic Centre for Spatial Development, Stockholm.
http://nordregio.shotcode.no/filer/Files/wp0209.pdf

SPIEKERMANN & WEGENER and RRG (2007), *Update of Selected Potential Accessibility Indicators. Final Report,* February 2007*,* European Espacial Planning Observation Network, ESPON.
http://www.mdrl.ro/espon_cd2/Project_Reports/Scientific_briefing_and_networking/MapUpdate_final_report.pdf

SPIM (1999), *Los centros de transporte de mercancías en España: conceptualización, elementos a considerar en relación a su ubicación y contribución al potenciamiento de la intermodalidad*, tomo I, Dirección General de Ferrocarriles y Transportes por Carretera, Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte, Ministerio de Fomento, Madrid.

SPIM (1999), *Los centros de transporte de mercancías en España: conceptualización, elementos a considerar en relación a su ubicación y contribución al potenciamiento de la intermodalidad*, tomo II, Dirección General de Ferrocarriles y Transportes por Carretera, Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transporte, Ministerio de Fomento, Madrid.

STABENAU, H. (1997), *Les nouvelles tendances de la logistique en Europe. Allemagne*, en Les nouvelles tendances de la logistique en Europe :rapport de la cent quatrième Table Ronde d'Economie des Transports, tenue à Paris, les 3 et 4 octobre 1996, Conference Européenne des Ministres des Transports, Centre de Recherches Économiques, Éditions OCDE, Paris.

STANK, T. P., DAVIS, B. R. and FUGATE, B. S. (2005), *A strategic framework for supply chain oriented logistics*, in Journal of Business Logistics, Vol. 26, Is. nº 2, pgs. 27-46.
http://proquest.umi.com/pqdweb?did=914824791&sid=1&Fmt=4&clientId=67898&RQT=309&VName=PQD

STEG, L y GIFFORD, R. (2005), *Sustainable transportation and quality of life*, en Journal of Geography of Transport, vol. 13, iss. 1, pp.59-69.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VG8-4F3NXWF-3/2/f5b80632662f75606d0e46a4360215fe

STECK, B. (2009), *Transport et développment*, en Transport et territoires. Enjeux et débats, pp. 125-155, collection Carrefours, Elipses, Paris.

STEFANSSON, G. *Collaborative logistics management and the role of third-party service providers*, en International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, vol. 36, nº2, pp. 76-92. ABI/INFORM Global. (Document ID: 1028907161).

STORPER, M. (2000), *Globalization, Localization, and Trade*, en Clark, G. L., Feldman, M. P. y Gertler, M. S. (edits.), The Oxford Handbook of Economic Geography, part II, Global Economic Integration, section 3, Investment and Trade, pp. 146-165, Oxford University Press, New York.

SUÁREZ BURGUET, C. (2007), *Los costes de transporte en la teoría del comercio internacional. Modelos y aplicaciones*, en Información Comercial Española, ICE, Revista de Economía, monográfico, Comercio internacional y costes de transporte, nº 834, enero-febrero, pp. 7-22, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid.
http://www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/ICE_834_7-22__3EE7878BCFC093A437CCDE09B9618501.pdf

SUBIRATS, J. (coord.) (2002), *Redes, territorios y gobiernos*, Colección: Territorio y Gobierno: Visiones, nº 1, marzo, 2002, Diputación de Barcelona, Barcelona.

SUSSMAN, J. (2000), *Introduction to Transportation Systems*, Artech House, Boston-London.

SYMONDS GROUP LTD., DEPARTMENT OF RAILWAYS & TRANSIT (2001), *A Study of Single Wagonload Rail Traffic*. *Final Report*, july 2001, European Commission, Directorate-General for Energy & Transport.
http://ec.europa.eu/transport/rail/research/doc/wagon-fin.pdf

TAAFFE, E. J., GAUTHIER, H. L. and O'KELLY, M. E. (1996), *Geography of Transportation*, Second Edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River.

TARROJA, A. y CAMAGNI, R. (coords.) (2006), *Una nueva cultura del territorio*, Colección: Territorio y Gobierno: Visiones, nº 4, febrero, 2006, Diputación de Barcelona, Barcelona.

TAVASSZY, L.A., BURGUESS, A. y RENES, G. (2004), *Integrated assessment of spatial economic and network effects of transport projects and policies,*

TEIXEIRA, P. F. (2004), *Contribución a la reducción de los costes de mantenimiento de vías de alta velocidad mediante la optimización de su rigidez vertical*, tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya.
http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0519105-092319//03Pmft03de03.pdf

TETRAPLAN A/S (coord.) (2009), *Mobility scenarios toward a post-carbon society. Qualitative analysis*, Transvisions study, task 1, may, project funded by the European Commission-DG TREN, Copenhagen, Denmark.
http://ec.europa.eu/transport/strategies/doc/2009_future_of_transport/20030331 transvisions_task_1_final_report.pdf

TETRAPLAN A/S (coord.) (2009), *Mobility scenarios toward a post-carbon society*. *Quantitative scenarios*, Transvisions study, task 2, may, project funded by the European Commission-DG TREN, Copenhagen, Denmark.
http://ec.europa.eu/transport/strategies/doc/2009_future_of_transport/20030331_transvisions_task_2_final_report.pdf

THE CENTER FOR SUSTAINABLE TRANSPORTATION (2005), *Defining Sustainable Transportation. Update of defining sustainable transportation: draft 2,* 31 march 2006, University of Winnipeg.
http://cst.uwinnipeg.ca/documents/Defining_Sustainable_2005.pdf

THOREZ, P. (2009), *Les échelles et leur articulation*, en Transport et territoires. Enjeux et débats, pp. 33-58, collection Carrefours, Elipses, Paris.

TORRES ESCOBAR, F. (2000), *El área de influencia de la ciudad de Badajoz en Portugal*, en ESTÉBANEZ, J. y STAFF, W. (2000), Lecturas geográficas: Homenaje al profesor José Estébanez Álvarez, vol. II, pp. 1299-1310, Editorial Complutense, Madrid.

TORREGO SERRANO, T. (1987), *Geografía de los transportes*, en Anales de la Universidad Complutense, nº6, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
http://www.ucm.es/BUCM/revistas/ghi/02119803/articulos/AGUC8686110285A.PDF

TORRÓN DURÁN, R. (1995), *El Análisis de Sistemas*, serie azul, monografía nº 16, publicaciones de ingeniería de sistemas, Isdefe, Madrid.
http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/web/An%C3%A1lisis+de+Sistemas/$file/Analisis.pdf

TOLLEY, R. S. y TURTON, B. J. (1999), *Transport Systems, Policy and Planning: a geographical approach*, Harlow : Longman, Essex.

TORRALBA, M. L. (Coord. Técn.) (1998), *Gran Atlas de Aragón*, Aneto, Zaragoza.

TRANSPORT RESEARCH BOARD (2008), *Potential Impacts of CLIMATE CHANGE on U.S. Transportation*, special report 290, Committee on Climate Change and U.S. Transportation, Transportation Research Borrad, Division on Earth and Life Studies.
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290.pdf

TRANSPORT RESEARCH KNOWLEDGE CENTRE (TRKC) (2001), *Tthematic synthesis of transport research results from the eu fourth framework programme, integrated policy aspects of sustainable mobility* , Thematic Paper nº 1, 3 september 2001.
http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200408/20040809_154832_04913_integrated_policy.pdf

TRANSPORT RESEARCH KNOWLEDGE CENTRE (TRKC) (2001), *Thematic synthesis of transport research results from the eu fourth framework programme, economic aspects of sustainable mobility*, Thematic Paper nº 2, 30 july 2001.
http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200408/20040809_153104_12283_economic_aspects.pdf

TRANSPORT RESEARCH KNOWLEDGE CENTRE (TRKC) (2001), *Thematic synthesis of transport research results from the eu fourth framework programme, social aspects of sustainable mobility*, Thematic Paper nº 3, 3 septembre 2001.
http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200408/20040809_155137_51313_social_aspects.pdf

TRANSPORT RESEARCH KNOWLEDGE CENTRE (TRKC) (2001), *Thematic synthesis of transport research results from the eu fourth framework programme, environmental aspects of sustainable mobility*, Thematic Paper nº 4, 5 october.
http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200408/20040809_154149_10632_environment_aspects.pdf

TRANSPORT RESEARCH KNOWLEDGE CENTRE (TRKC) (2001), *Thematic synthesis of transport research results from the eu fourth framework programme, efficiency and quality*, Thematic Paper nº 6, 22 october.
http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200408/20040809_153828_72083_efficiency_quality.pdf

TRANSPORT RESEARCH KNOWLEDGE CENTRE (TRKC) (2001), *Thematic synthesis of transport research results from the eu fourth framework programme, freight intermodality*, Thematic Paper nº 10, 8 october.
http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200408/20040809_154530_63190_freight.pdf

TRANSPORT RESEARCH KNOWLEDGE CENTRE (2010), *Towards an integrated transport system – freight focus*, European Communities.
http://www.transport-research.info/Upload/Documents/201006/20100602_172959_30571_TRKC_Freight_Logistics.pdf

TROCHE, G. (2006), *Cómo reavivar el tráfico de mercancías por ferrocarril en líneas secundarias – un ejemplo de Suecia*, Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2006), 15 junio 2006, Ciudad Real.
http://www.kth.se/polopoly_fs/1.42736!Troche2006_CIT.pdf

TRULLÉN, J. y BOIX, R. (2000), *Policentrismo y redes de ciudades en la región metropolitana de Barcelona*.
http://www.revecap.com/encuentros/anteriores/iiieea/autores/B/67.pdf

TRULLÉN, J. y BOIX, R. (2003), *Barcelona, metrópolis policéntrica en red,* Departament d'Economia Aplicada, Working Paper 03.03, Universitat Autónoma de Barcelona.
http://ddd.uab.cat/pub/estudis/2006/hdl_2072_2095/wpdea0303.pdf

ULLMAN, E.L., (1980), *Geography as spatial interaction*, University of Washington Press, cop., Seattle.

UNIDAD DE ASISTENCIA TÉCNICA AMBIENTAL PARA EL SECTOR TRANSPORTE (ACERCAR) (2004), *Logística y Globalización*, Quinta Sensibilización: Encuentro Empresarial para Transportadores de Carga, 27 de mayo 2004, programa ACERCAR TRANSPORTE, Cámara de Comercio de Bogotá.
http://www.acercar.org.co/transporte/memorias/docs/05sens_logistica.pdf

UNIÓN EUROPEA (2006), *Tratado de la Unión Europea y Tratado constitutivo de la Comunidad Europea (versiones consolidadas)*, en Diario Oficial de la Unión Europea, 29 de diciembre de 2006, nº C 321 E/2.
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2006:321E:0001:0331:ES:pdf

UNIÓN EUROPEA (2011), Libro Blanco del transporte. *Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible*,

Dirección General de Movilidad y Transportes, Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/doc/2011_white_paper/white-paper-illustrated-brochure_es.pdf.

UNIÓN INTERNACIONAL DE FERROCARRILES (U.I.C.) (2008), *Tráfico de Mercancías por Vagón Completo*, en Boletín Vía Libre, 15 de abril de 2009.
http://www.vialibre-ffe.com/pdf/3399trafico_mercan_europa.pdf

UNIPORT BILBAO, BILBAO PLAZA MARÍTIMA S. L. e IDOM (2005), *Promoción del short sea shipping en el arco atlántico*, febrero 2005, ESPACIO ATLÁNTICO 2007-2013.
http://www.atlantique-2007-2013.org

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (1972), *Report of the United Nations conference on the Human Environment*, Stockholm, UNEP, Division of Communications and Public Information (DCPI), Nairobi, Kenya.
http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=97

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (1987), *Report of the world Commission on the Environment and Development*, note by the secretary-General.
http://daccessdds.un.org/doc/UNDOC/GEN/N87/184/67/IMG/N8718467.pdf

UNITED NATIONS (2004) *Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*, Department of Economic and social Affaire, Division for sustainable Development.
http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/riodeclaration.htm

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA (2006), *Master Universitario en Logística, Transporte y Seguridad Vial, Módulo IV, Modos de Transporte y Política de Transporte*, UNED, Madrid.

UREÑA, J.M. (1979), *Tipos de efectos de las infraestructuras en el territorio*, Revista de Obras Públicas, Tomo nº 126, nº 3165, enero, pp. 33-42, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (España), Madrid.
http://ropdigital.ciccp.es/

VAN DE VOOREN, F.W.C.J. (2004), *Modelling transport in interaction with the economy*, en Transport Research Part E: Logistics and Transportation Review, , vol.40, nº 5, pp.417-437.
http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VHF-4C6KWY4-1/2/e3978aa47fffd63e1fab0da5490dbdb1

VAN ZUIDAM, R. (1980), *Un levantamiento geomorfológico de la región de Zaragoza*, Geographicalia, nº 6, abril-junio de 1980, pp. 103-134, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=59701&orden=0

VASALLO, J. M. y PÉREZ de VILLAR, P. (2007), *El marco logístico del transporte en España de cara a la implantación de un plan sectorial en la Unión Europea (documento final)*, junio 2007, nº doc.: 015756, Ministerio de Fomento y Transyt, Madrid.

VÁZQUEZ BARQUERO, A. (1996), *Infraestructuras, Territorio y Desarrollo Local*, en Información Comercial Española, ICE, revista de economía, nº 757, octubre, pp. 83-93, Ministerio Economía y Hacienda, Madrid.

VÁZQUEZ BARQUERO, A. (1999), *El desarrollo local en los tiempos de la globalización*, en CIUDAD Y TERRITORIO Estudios Territoriales, Vol. XXXI nº 122, *Desarrollo local y regional frente al siglo XXI*, Ministerio de Fomento, Madrid.

VÁZQUEZ BARQUERO, A. (1999), *Desarrollo, redes e innovación: lecciones sobre desarrollo endógeno*, Ediciones Pirámide, Madrid.

VÁZQUEZ BARQUERO, A. (2000), *Desarrollo endógeno y globalización,* Universidad Nacional de San Martín, Centro Estudios Desarrollo y Territorio, Buenos Aires. http://www.cedet.edu.ar/sitio/administracion/agenda/vazquez_barquero.pdf

VELILLA ALMARAZ, L. M., (1990), *La incidencia de las temperaturas ambientales en las roturas del carril*, Revista de Obras Públicas, nº 3.296, noviembre 1990, pp.23-31, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid. http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1990/1990_noviembre_3296_02.pdf

VELOZO, R. (2005), *Tendencias en el desarrollo de redes de distribución inspirado en el servicio al cliente*, KON INTERNATIONAL. http://www.komintl.com/pub/eng/WPapers/reprints/atualidad_200506.pdf

VELTZ, P. (1994), *Des territoires pour apprendre et innover*, Collection Monde en tours, série Territoires et Societé, éditions l'aube, La Tour d'Aigues.

VELTZ, P. (1999), *Mundialización, ciudades y territorios: la economía del archipiélago*, Ariel, Barcelona.

WHEBELL, C. F. J. (1969), *Corridors: a theory of urban system*, in Annals of the Association of American Geographers, vol. 59, n.1, pp. 1-26. http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8306.1969.tb00655.x

VÍA LIBRE (2009), *Los trenes de mercancías de Renfe evitaron un impacto medioambiental en 2008 valorado en 900 millones de euros*, en Operadores: Noticias de actualidad, de 01 de septiembre de 2009, Fundación de los Ferrocarriles Españoles. http://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=4035&cs=oper

VILA, C. (2004), *Logística de la carga aérea*, Colección GESTIONA, LogisBook, Barcelona.

VILADECANS, E. (2000), *El papel de las economías de aglomeración en la localización de las actividades industriales. Un análisis del caso español*, Tesis Doctoral, colecció de Tesis Doctorals Microfitxades, núm 3769, Publicacions i edicions UB, Universitat de Barcelona, Barcelona.

VILLAREJO, A., MONCHOLÍ, D, LÓPEZ, M. RABANAQUE, I. y CABELLO, A. (2005), *Análisis del impacto territorial de la T.C.P*., en Necesidades de interconexión de las regiones SUDOE bajo un enfoque multimodal, Proyecto Pirene II, actas, junio 2005, pp. 93-101, Gobierno de Aragón, Zaragoza.

VIVEZ, P (2005), *El ferrocarril aéreo entre la Minas de Tierga y Calatayud*, Alarifes. Patrimonio tecnológico e industrial, nº 13, 27 de noviembre de 2005, p.48-50, Cuadernos de Cazabaret, Mas de las Matas (Teruel). http://www.dpz.es/turismo/multimedia/no_editados_patronato/varios/cazarabet/Alarifes-13.pdf

VOICU, A. M. and HORSEWOOD, N. J. (2007), *El comercio en Europa central y oriental: ¿han convertido en obsoletos los costes de transporte a los modelos gravitacionales?*, en Información Comercial Española, ICE, Revista de Economía, monográfico, Comercio internacional y costes de transporte, nº 834, enero-febrero, pp. 113-131, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid. http://www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/ICE_834_113-131__16A090D9B99ADCAAADBA1D8B86941324.pdf

VOSSLH (2008), Ficha Técnica Euro 4000. http://www.vossloh-espana.com/en/home/home.html

VON BERTALANFFY, L. (1968), *Teoría General de los Sistemas. Fundamentos, desarrollos, aplicaciones*, 3ª reimpresión 1993, Fondo de Cultura Económica, Madrid.

WAIS, F. (1974): *Historia de los ferrocarriles Españoles.* Editora Nacional, Madrid.

WHITE, I. D., MOTTERSHEAD, D. N. and HARRISON S. J. (1992), *Environmental Systems. An introductory text*, second edition, Chapman & Hall, London.

WHITE, H. P. and SENIOR, M. L. (1983), *Transport Geography*, Longman, London.

WHITE, I. D., MOTTERSHEAD, D. N., HARRISON, S. J. (1993), *Environmental Systems: An introductory te*xt, Chapman & Hall, London.

WILSON, B. (1993), *Sistemas: conceptos, metodologías y aplicaciones*, Grupo Noriega [etc.], México [etc].

WOLKOWITSCH, M. (1973), *Géographie des Transports*, Armand Colin, París.

WOXENIUS, J. (1994), *Modelling European Combined Transport as an Industrial System*, Degree of Licenciate of Ingineering, Department of Transportation and Logistics, Chalmers University, Göteborg. [en línea], [consulta: 6 de junio de 2004]. http://publications.lib.chalmers.se/cpl/record/index.xsql?pubid=1196

WOXENIUS, J., 1998, *Development of small-scale intermodal freight transportation in a systems context*, Doctoral thesis, Department of Transportation and Logistics, Chalmers University of Technology, Göteborg. [en línea], [consulta: 6 de junio de 2004].
http://publications.lib.chalmers.se/cpl/record/index.xsql?pubid=973

WOXENIUS, J., ROSO V. and LUMSDEN, K. (2004), T*he Dry Port concept—Connecting seaports with their hinterland by rail*, The First International Conference on Logistics Strategy for Ports (ICLSP), Dalian, China, 22-26 September 2004.
http://www.hgu.gu.se/Files/foretagsekonomi/LoT/Johan/Publications/Other_articles/Eng/2004_ICLSP_Dalian_Wox-Ros-Lum.pdf

XU, J., HANCOCK, K.L., AND SOUTHWORTH, F. (2003) *Simulation of Regional Freight Movement on the TTMNet: Trade & Transportation Multi-Networks*, TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM, The Virtual Center for Supernetwork, Isenberg School of Management University of Massachussets.
http://supernet.som.umass.edu/articles/TRB2003-000576.pdf

YETANO RUÍZ, L. M. (1978), La evolución geomorfológica del valle de la Huerva, Geographicalia, nº 2, junio de 1978, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

ZARAGOZA, A. (2000), *La I+D y los Centros Integrados de Mercancías*, Ponencia VIII, pp. 117-133, Primeras jornadas sobre Centros Integrados de Mercancías (CIM), Burgos, 30 de noviembe al 1 diciembre de 2000, Asociación Española de la Carretera, Madrid.

ZOIDO NARANJO, F. *et al.* (2000), *Diccionario de geografía urbana, urbanismo y ordenación del territorio*, Editorial Ariel S.A., Barcelona.

OTRAS FUENTES

http://www.mfom.es

http://www.boe.es

http://www.adif.es

http://intranet.adif.es

http://www.renfe.es

http://portal.aragon.es

http://www.cortesaragon.es/

http://www.zaragoza.es
http://www.transpirenaica.org/ESP/PortadaES.asp
http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/index_es.html
http://epp.eurostat.ec.europa.eu
http://uic.asso.fr/
http://www.otif.org/html/e/droit_convention.php
http://ec.europa.eu/environment/air/transport/sustainable.htm
http://ec.europa.eu/environment/air/index_en.htm
http://ec.europa.eu/environment/soil/index_en.htm
http://ec.europa.eu/environment/water/index_en.htm
http://ec.europa.eu/environment/nature_biodiversity/index_en.htm
http://europa.eu/index_es.htm
http://www.icao.int/
http://www.imo.org/
http://people.hofstra.edu/geotrans/tgsg/
http://www.cag-acg.ca/
http://www.ferropedia.es
http://age.ieg.csic.es/inicio.htm
http://www.abdn.ac.uk/tgrg/
http://www.uctc.net/papers/papersalpha.shtml#G
http://www.imt.mx
http://www.geog.umontreal.ca/geotrans/index.html
http://pubsindex.trb.org/default.asp
http://www.fhwa.dot.gov/webstate.htm
http://web.mit.edu/
http://geography.berkeley.edu/
http://biblioteca.unizar.es/
http://rebiun.crue.org/
http://www.vialibre.org
http://www.transports.equipement.gouv.fr/
http://www.puertos.es/
http://eng.rzd.ru/
http://www.spanishrailway.com/
http://www.euroferroviarios.neet/
http://www.aena.es
http://siu.vivienda.es
http://www.aemet.es
http://www.wmo.int/
http://www.noaa.gov/

http://www.contrenrenfe.com/pdf/plataformas.pdf
http://www.irionrenfe.com/pdf/vagones_abiertos.pdf
http://www.irionrenfe.com/pdf/vagones_cerrados.pdf
http://www.irionrenfe.com/pdf/vagones_plataforma.pdf
http://www.multirenfe.com/pdf/multi_cistenas.pdf
http://www.multirenfe.com/pdf/multi_tolvas.pdf
http://www.multirenfe.com/pdf/multi_cerrados.pdf
http://www.multirenfe.com/pdf/multi_abiertos.pdf
http://www.multirenfe.com/pdf/multi_plataformas.pdf
http://www.pecovasa.es/pecovasa.html

ANEXOS

1. EL FERROCARRIL EN ESPAÑA
2. LA INDUSTRIALIZACIÓN ESPAÑOLA
3. MEDIO AMBIENTE
4. ELEMENTOS DE TRANSPORTE EN EL SUBSISTEMA POLÍTICO
5. METODOLOGÍA PARA ESTABLECER ÁREAS DE INFLUENCIA MODELOS GRAVITATORIOS
6. REDES FERROVIARIAS ESPAÑOLAS
7. ENCUESTA. POTENCIAL DE UTILIZACIÓN DEL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR FERROCARRIL
8. LEY ÓMNIBUS. PRESTACIÓN DE SERVICIOS EN LA RED FERROVIARIA DE INTERÉS GENERAL ADMINISTRADA POR ADIF

ANEXO 1. EL FERROCARRIL EN ESPAÑA

LOS ORÍGENES

A modo de ejemplo y como paradigma de los efectos económicos de la implantación del ferrocarril, en un sentido amplio, no de su cuantificación, haremos una breve reseña histórica sobre la génesis del ferrocarril en España y sus efectos.

Las noticias del Ferrocarril de Liverpool a Manchester, inaugurado en 1930, tuvieron la natural repercusión en algunas regiones en que las actividades económicas se mostraban más pujantes. El ferrocarril fue un factor imprescindible para el proceso de industrialización, en distintos momentos, de la mayoría de los países y por lo tanto de su desarrollo.

Al referirnos a la industrialización no se debe olvidar que entre los factores que son a la vez causa y efecto de la revolución industrial, como afirma Frutos (1983, p.18), se encuentran las revoluciones que podemos llamar complementarias, la de los transportes, la agraria y la demográfica.

La incorporación de España a la industrialización se produce, según Frutos (1983, p.34), "...tarde y de forma incompleta, iniciándose el proceso a mediados del siglo XIX y no generalizándose hasta las primeras décadas del siglo XX.", además, según la misma autora, también se caracteriza por modificar los tradicionales centros geográficos de localización industrial, por mantener un avance discontinuo con un marcado intervencionismo estatal y por una fuerte dependencia exterior.

Para que se produzca la revolución agraria es necesaria la introducción de nuevos cultivos, mejoras técnicas, mecanización, etc., estimulado todo ello por una demanda creciente de alimentos por parte de la población industrial en aumento, ligada al fenómeno de urbanización de las ciudades acelerado por el éxodo rural.

En cuanto a la revolución demográfica se consolida a consecuencia de la revolución agraria que produce más alimentos, haciendo que la población esté mejor alimentada, y los avances científicos que mejoran las condiciones sanitarias y reducen la mortalidad.

Con respecto a la revolución de los transportes, hay que decir que es algo imprescindible para agilizar el comercio y con él la producción. La invención del ferrocarril no sólo supone unas comunicaciones más rápidas, sino que es motor de desarrollo para la industria siderúrgica con los efectos multiplicadores y las subsiguientes economías de aglomeración que se producen en el entorno en que se localizan.

En España en el siglo XIX, será la iniciativa privada la que demuestre mayor interés hacia este modo de transporte, dadas sus características de mayor capacidad de carga, mayor velocidad y menor coste. Las primeras tentativas parten de la iniciativa privada, ya que Fernando VII y su gobierno no demostraron excesivo interés. La primera solicitud de una línea ferroviaria, como señala Mateo (en Artola et al. 1978, vol I, p.32), se produce durante la última fase de su reinado, desde Jerez al Portal, o muelle sobre el río Guadalquivir (7.000 varas) en el Puerto de Santa María; se concede en septiembre de 1829. La falta de apoyo financiero y desinterés público hace que el concesionario desistiese.

Así, habrán de pasar aún casi veinte años para que se construya la primera línea en nuestro país, hasta el 28-10-1848, cuando se inaugura la primera línea de ferrocarril en la península, entre Barcelona y Mataró, con 29 km, y sin subvención estatal. Este retraso en la construcción de los ferrocarriles se debería, según Gallego (1979, p.64) a diversos factores: Inactividad estatal, falta de capitales, escasa capacidad técnica,

atraso económico en general, orografía, causas políticas como la guerra carlista y la crisis de 1847/48.

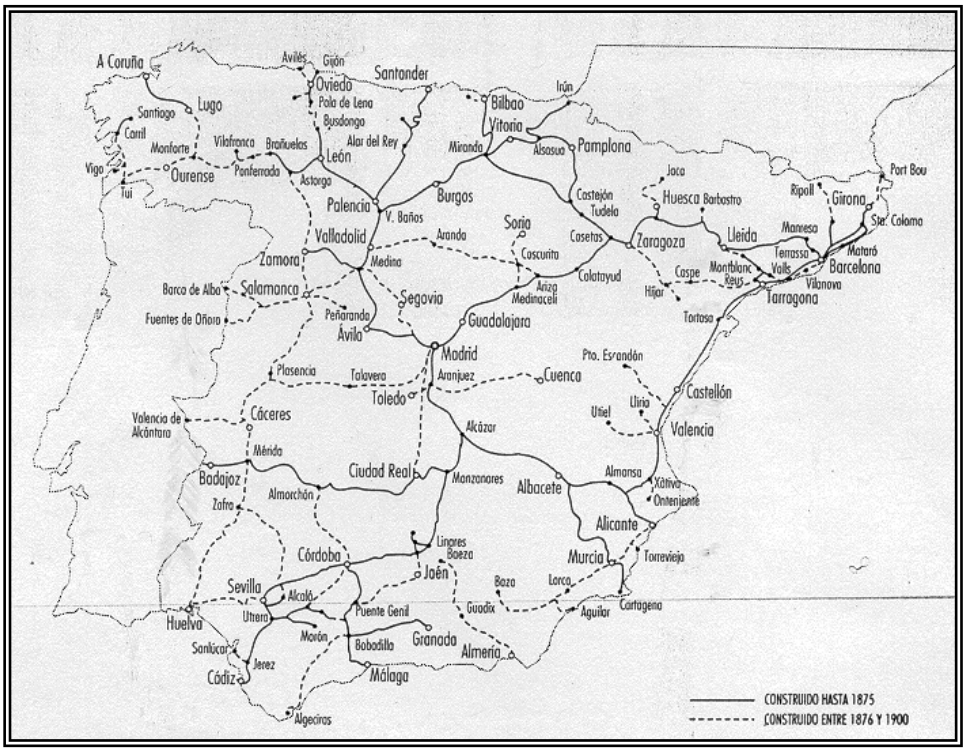
En la creación y evolución posterior del sistema ferroviario, podemos apreciar, por una parte una doble vertiente, la política y la económica, y por otra, el marco físico morfoestructural que condicionaron el trazado de la red.

Con respecto a la doble vertiente política y económica el Plan General de Ferrocarriles se comienza a desarrollar en 1850 y transcurre hasta 1877; su máximo exponente será la Ley de ferrocarriles de 1855. La ley de Ferrocarriles de 1877 varió poco de la anterior. Ambas leyes de ferrocarriles y el trazado de la Red estuvo sujeto a innumerables propuestas en el Parlamento, condicionadas por un sinfín de intereses de toda índole, económicos, regionales, locales, incluso personales por parte de caciques con peso en el parlamento o de oscuros intereses como los del Marqués de Salamanca.

Sin embargo, la fidelidad al esquema radial continuó, aunque la excesiva centralidad de la red se intentó corregir, como indica Mateo (en Artola et al. Vol. II, 1978, p.130), con la Ley de 25 de diciembre de 1912 por la que se dispuso "…la construcción de una red de ferrocarriles complementarios, para acortar distancias en los trayectos o arbitrar enlaces entre las líneas…", haciendo referencia al Plan General de 1877.

En cuanto al marco físico estructural, es sabido que la disposición espacial del relieve en la península ibérica obedece a una serie de unidades morfoestructurales, claramente diferenciadas, las que han condicionado las comunicaciones entre las distintas regiones españolas. Este relieve, con numerosas áreas de montaña, ha condicionado los trazados de las infraestructuras y los tipos de poblamiento, que son muy dispersos en estas zonas, dificultando las comunicaciones entre las distintas regiones españolas y dentro de las mismas.

Mapa 1. Estado de la Red ferroviaria española en el año 1900



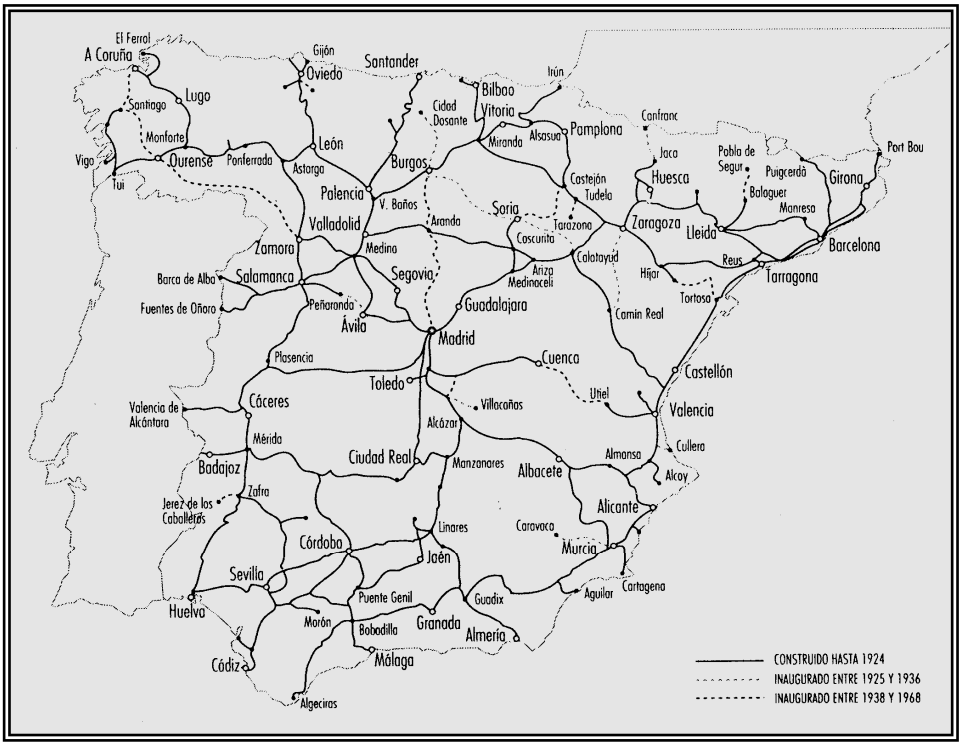
Fuente: Artola, M. (dir.) et al., 1978, mapa II-13, p.254.

La anterior afirmación queda refrendada en las dificultades encontradas para la construcción del ferrocarril, que fueron muchas, ya que se hubo de salvar

innumerables puertos y desfiladeros en esta orografía difícil, resultando el trazado de la red, técnicamente, un desafío.

Por ejemplo, hasta finales de los años cuarenta del siglo XX, "...se construyeron 13.314 km de líneas que precisaron de 1.005 túneles, con 289 km en total, y 4.092 puentes, con 88 km, en una topografía que obliga a tener el 78% de la líneas en rampa y el 33.5 % en curva." (Hernández, 1992, p.84).

Mapa 2. Red ferroviaria española en el año 1968



Fuente: Nóvoa, 1992, figura nº 18, p.116.

La distribución espacial de estas líneas y, por consiguiente de la red resultante, se configuró en una estructura radial; no es otra distinta que la de la red carretera existente en ese momento. Este tipo de trazado trataba de enlazar los máximos puntos con el menor coste posible, potenciando Madrid, las capitales provinciales más productivas y, posteriormente, todas las fronteras de Francia y Portugal y los más importantes puertos (Ver mapa 1 y 2).

Como señala Gutiérrez Puebla (2003, p. 323), el ferrocarril revolucionó el panorama de los transportes de la época, y "…fue el soporte sobre el que se apoyó el desarrollo de los espacios interiores, rompiendo su aislamiento tradicional e integrándolos en mercados mucho más amplios."

En relación al ancho de vía, tan polémico, fueron criterios técnicos, por la difícil orografía y no políticos, los que hicieron adoptar los seis pies castellanos (1,6716 m), con este ancho se podían alcanzar mayores velocidades, igualdad de carga y mayor estabilidad, si bien, ha dificultado y dificulta los flujos con el resto de Europa.

Salvando la distancia histórica y temporal nos parece adecuada y aplicable para la construcción de la red ferroviaria española la afirmación de López Pita de que "La elección del trazado de una nueva línea de ferrocarril es el resultado final de la consideración de numerosas variables. La experiencia en el ámbito europeo pone de relieve que no hay criterios universales y que cada corredor presenta unas características propias que convierten en singular su propia problemática.", (López Pita, 1996, p.63).

Para finalizar esta breve reseña histórica, hemos de decir que los efectos económicos de la construcción del ferrocarril en España han estado sujetos a una cierta polémica.

Según Anes (en Artola et al., 1978, vol. II, p.358), Tortella (1974) afirma que "…las inversiones en ferrocarriles, inversiones en capital social fijo, no sólo no favorecieron el incremento de las inversiones en actividades directamente productivas sino que compitieron con ellas, dado que las disponibilidades invertibles eran escasas…" .

Tortella (1982) también afirma que al realizarse por delante de la demanda impidieron el desarrollo de la industria al detraer unos recursos escasos y que se construyeron demasiados ferrocarriles para las necesidades reales de la economía española de mediados del siglo XIX. (Gómez Mendoza, en Sánchez Albornoz, 1985, p.108).

Nadal, como señala Gómez Mendoza "…ha rechazado la alternativa ferrocarriles o industria propuesta por Tortella, y en su lugar se muestra favorable a una red distinta: una red reticular en vez de radial, más adecuada a las necesidades reales de la economía española…" (Gómez Mendoza, 1982, p.31).

Sin embargo, para Gómez Mendoza (1991), los responsables de los ministerios económicos de mediados del siglo XIX creyeron más conveniente la opción "exceso de capacidad". Partían de la convicción de que para promover el desarrollo económico de España se requería una inversión mínima en el sector de transportes como prerrequisito para la implantación de las actividades directamente productivas.

La construcción del ferrocarril tuvo varios efectos importantes, según Gómez Mendoza (1982, pp.111-116.):

- Permitió ampliar el tamaño de los mercados.
- Creó "*backward linkages*" o efectos hacia atrás, al demandar ciertos productos como hulla y hierro, además de mano de obra.
- Produjo ahorro social, al reducir el volumen de recursos productivos necesarios para obtener una cantidad dada de servicios de transporte.

De los tres efectos que cita este autor y que, en nuestra opinión, son acertados, desde el punto de vista geográfico, el primero es el más importante ya que posibilita el incremento de la interacción entre grupos humanos y entre lugares.

PRINCIPALES ACTORES OPERATIVOS EN EL SISTEMA DE TRANSPORTES DE MERCANCÍAS POR FERROCARRIL ACTUAL

Con el nuevo modelo de ferrocarril en España implantado a partir de 2005 el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias[670], en el ámbito del transporte de mercancías y a través de su área de Servicios Logísticos, tiene la misión de gestionar con eficacia y seguridad las instalaciones destinadas a prestar servicios a las empresas operadoras de transporte ferroviario de mercancías (ver mapa 3).

[670] Nos centraremos en la Red Convencional administrada por ADIF, que corresponde a la mayor parte de la RFIG y es la que soporta el volumen más importante de tráficos (en 2007 el 82,2% de los trenes que circularon por la RFIG).

Mapa 3. Red ferroviaria de la Península Ibérica. Diciembre 2008

Fuente: Chomenko, B. (2009)
http://www.bueker.net/trainspotting/map.php?file=maps/iberian-peninsula/iberian-peninsula_spanish.gif

Su reto es convertir a esas instalaciones en un factor de atracción de nuevos clientes hacia el ferrocarril y aumentar su cuota de mercado a través de la comunicación permanente con estos, facilitando el intercambio modal, aportando valor añadido a la cadena logística e incrementando la calidad percibida por dichos clientes.

Porque para la adecuada articulación de la Cadena de Suministro, el sistema de transporte es un aspecto crítico y se concibe como un elemento clave. Para una empresa la capacidad de entregar constantemente productos a tiempo, al precio correcto y con la calidad adecuada afecta favorablemente la opinión del cliente sobre del servicio. En tal virtud, el transporte requiere ser un servicio de calidad en términos de seguridad, regularidad, oportunidad, entregas a tiempo y costes para ambas partes del proceso.

Para conseguir el objetivo, la mencionada Área de Servicios Logísticos a través de su Dirección Ejecutiva y las seis Gerencias que cubren la geografía española peninsular, gestiona unas 100 instalaciones logísticas que disponen de recursos para atender los tráficos por ferrocarril tanto de transporte combinado como de carga general (graneles, productos semielaborados, manufacturados, paletizados, materias peligrosas y otras mercancías), desde las que se atienden las demandas existentes en la Red.

Las principales funciones de esta área son las de gestionar las instalaciones de mercancías de ADIF que le han sido asignadas garantizando la prestación de servicios adicionales, complementarios y auxiliares con criterios de eficiencia y calidad, con respeto a los principios de objetividad, transparencia y no-discriminación.

Cuadro 1. Servicios de ADIF

SERVICIOS ADICIONALES	
SA-1	Acceso de trenes a Instalaciones
SA-2	Expedición de trenes desde Instalaciones
SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	
SC-1	Operaciones sobre el material asociadas al acceso o expedición de trenes
SC-2	Operaciones de acceso a Instalaciones exteriores sin vehículo de maniobras
SC-3	Operaciones de acceso a Instalaciones exteriores con vehículo de maniobras
SC-4	Maniobras en Instalaciones sin vehículo de maniobras
SC-5	Maniobras en Instalaciones con vehículo de maniobras
SC-6	Manipulación de unidades de transporte intermodal
SC-7	Transbordo de carga completa en las instalaciones fronterizas de Irún y PortBou
SC-8	Suministro de la corriente de tracción
SC-9	Suministro de combustible
SC-10	Transportes Excepcionales
SERVICIOS AUXILIARES	
SX-1	Facturación comercial
SX-2	Pesaje de vagones
SX-3	Suministro de arena
SX-4	Estocaje de unidades de transporte intermodal
SX-5	Almacenaje de unidades de transporte intermodal
SX-6	Limpieza de material
SX-7	Planificación de acarreos e información al Cliente
SX-8	Apoyo a la admisión/envío de trenes y/o circulaciones en régimen de maniobras a/desde Instalaciones
SX-9	Modificaciones y/o Adaptaciones de la Infraestructura Ferroviaria para Transportes Excepcionales
Estos servicios, que se citan a título enunciativo y no limitativo, se prestarán mediante solicitud expresa, sin que ADIF este obligado a prestarlos. Podrán ser objeto de este tipo de servicios otras prestaciones que, sin estar expresamente relacionadas, pudieran convenirse entre las partes.	

Fuente: ADIF, 2009, p.111.

En la cuadro 1 se muestran los tipos de servicio que presta ADIF a las empresas ferroviarias. Los Servicios Adicionales, son los de acceso desde la vía a las instalaciones de suministro mantenimiento y reparación existentes en la Red gestionada por ADIF.

Los Servicios Complementarios son aquellos que ADIF puede ofrecer a las empresas ferroviarias. Queda obligado a prestarlos a aquellas que lo soliciten.

Por último, los Servicios Auxiliares son los que las empresas ferroviarias pueden solicitar a ADIF o a otros prestadores, sin que ADIF esté obligado a prestarlos.

También es una función de ADIF, ofertar otros servicios logísticos ligados al transporte de mercancías por ferrocarril en un contexto liberalizado. También fomentar el intercambio modal de mercancías, optimizar los recursos disponibles y potenciar la seguridad en las operaciones.

ADIF, presta su apoyo a las empresas ferroviarias con licencia y candidatos con capacidad asignada que así los demanden, conforme a las condiciones establecidas en la Declaración de la Red.

El área de Servicios Logísticos al estar incluida en la organización de ADIF, también hace suyo el Plan Estratégico de esta organización. Dicho Plan tiene como objetivo potenciar el transporte ferroviario español mediante el desarrollo y la gestión de un sistema de infraestructuras seguro, eficiente, sostenible desde el punto de vista medioambiental y con altos estándares de calidad.

Por ello, también participará en la identificación de las necesidades de nuevas infraestructuras para el transporte de mercancías, ante un posible crecimiento de demanda, y en el logro de la optimización del régimen de mantenimiento de las infraestructuras de sus instalaciones.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que toda la estructura empresarial de ADIF y sus recursos apoyan la actividad de dicha Área. Por ello, tiene a su disposición un departamento específico de innovación tecnológica (I+D+i) para identificar e incorporar soluciones avanzadas desarrolladas en colaboración con el tejido industrial y científico del país. El Área de Servicios Logísticos en su esfuerzo por adaptarse al mercado liberalizado de mercancías, desde finales de 2008 está propiciado un cambio en su estrategia de negocio para proporcionar un aporte de valor añadido a las terminales evolucionando de instalaciones de tratamiento ferroviario a instalaciones logísticas.

El nuevo modelo de Negocio de la Dirección Ejecutiva de Servicios Logísticos define cuatro modelos de gestión de sus instalaciones logísticas para adaptarse mejor a los requerimientos de los clientes y fomentar la competitividad con una oferta transparente y equitativa para todas las empresas que las utilizan (ver cuadro 2).

Cuadro 2. Modelos de Gestión del nuevo Modelo de Negocio. (D. E. Servicios Logísticos)

NUEVOS MODELOS DE GESTIÓN			
TIPO DE GESTIÓN	**MODALIDAD**	**ACTOR DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO**	**RÉGIMEN DE LA INSTALACIÓN**
GESTIÓN DIRECTA		ADIF presta todos los servicios logísticos (adicionales, complementarios y auxiliares)	Exclusividad
GESTIÓN POR TERCEROS	GESTIÓN PROPIA	La propia empresa ferroviaria presta los servios complementarios y auxiliares para sí misma y sólo para sus tráficos	No exclusividad Puede ser compartida entre varias empresas ferroviarias
	GESTIÓN INTEGRAL	Empresa habilitada por ADIF para prestar los servicios logísticos (adicionales, complementarios y auxiliares) a las empresas ferroviarias	Exclusividad
GESTIÓN POR SOCIEDADES		Colaboración entre ADIF y otras empresas ferroviarias para la prestación de todos los servicios logísticos (adicionales, complementarios y auxiliares), explotación y desarrollos logísticos. Empresas y operadores logísticos, autoridades portuarias, empresas ferroviarias y administraciones territoriales	Exclusividad

Fuente: ADIF (2008, www.adif.es, documentación interna), Líneas (2009, nº 5, mayo, pp.10-18). Elaboración propia

El nuevo modelo de Negocio, una vez analizada en profundidad la actividad desarrollada por la Dirección Ejecutiva y por las empresas ferroviarias europeas con su misma actividad. También ha definido una nueva clasificación de las instalaciones logísticas.

Dichas instalaciones se han estructurado en tres niveles, Centros Logísticos, Instalaciones Logísticas e Instalaciones Técnicas en función de su tamaño, de su situación, de los recursos que tiene asignados y del tipo de operación que se realiza en ellas.

Los Centros Logísticos, de gran importancia estratégica, son en torno a 30 y corresponden a las grandes terminales, sólo en 16 de ellos se presta servicio a casi la mitad de los trenes de mercancías. Se sitúan en las relaciones por las que circulan los flujos principales de mercancías y poseen una accesibilidad viaria inmejorable.

Sólo prestan servicios logísticos relacionados con la manipulación y almacenaje de las mercancías que aportan valor añadido a la cadena de transporte.

Por su ubicación estratégica en los corredores de transporte, por las dimensiones del espacio logístico y recursos asignados son grandes terminales intermodales de carga que cuentan con las instalaciones, con las infraestructuras ferroviarias y con los medios técnicos y humanos necesarios para garantizar el intercambio de mercancías entre modos de transporte.

Además, disponen de recursos para atender los tráficos por ferrocarril de carga general (graneles, productos semielaborados, manufacturados, paletizados, materias peligrosas y otras mercancías), desde las que se atienden las demandas existentes en la Red.

Por su situación, accesibilidad, características y recursos asignados estos Centros tienen una gran potencialidad de desarrollo logístico (ver mapa 4).

Mapa 4. Instalaciones Logísticas principales de mercancías

Fuente: ADIF, Declaración de Red, 2009, ma a 3, anexo G, . 175.

En cuanto a las Instalaciones Logísticas, entorno a 130, tienen las mismas funciones que los anteriores, pero a menor escala por su tamaño y recursos asignados.

Por último, tienen la consideración de Instalaciones Técnicas unas 229. Son instalaciones ferroviarias que se dedican a realizar operaciones sobre el material ferroviario, relacionadas con su estacionamiento, la agregación y segregación de vehículos ferroviarios y la preparación de los mismos para su puesta en circulación.

Las instalaciones técnicas están conformadas por todas las infraestructuras ferroviarias (vías, instalaciones de señalización, de seguridad y de electrificación) que, gestionadas por el Administrador de Infraestructuras ferroviarias contribuyen a garantizar le eficacia global del sistema ferroviario.

Asimismo, para realizar las operaciones necesarias, estas instalaciones logísticas y ferroviarias cuentan con medios especializados, por su capacidad y adecuación técnica, como son 116 tractores de maniobra, 38 grúas pórtico, 40 grúas móviles, 12 locotractores, 37 básculas estáticas y dinámicas para el pesaje de vagones y 68 básculas en grúas para pesaje de contenedores (Fuente: ADIF, 2009, www.adif.es).

También, con la presencia creciente de nuevos operadores en el actual mercado liberalizado es necesario ofrecer un sistema de gestión e información transparente y no discriminatorio a todas las empresas que demandan y reciben servicios logísticos. Para ello, se ha desarrollado un nuevo sistema informático que gestiona la información para las empresas de transporte y las instalaciones logísticas.

Actualmente, las empresas utilizan las tecnologías de la información principalmente como soporte en las operaciones de procesamiento de la información, como activadora de la innovación y como un elemento de reducción de espacio y tiempo.

El nuevo sistema permite la gestión automatizada de los centros logísticos. Se establece una comunicación Wifi entre los puestos de control, los operarios y las grúas proporcionando información del estado de los centros y de sus recursos.

La aplicación informática desarrollada, denominada *Agyl*, *Aplicación para Gestión y la Logística*, entre otras prestaciones, permitirá conocer a las operadoras de mercancías la situación de sus cargas en todo momento y en tiempo real.

Así por ejemplo, en el acceso a las terminales se están instalando lectores automáticos de las numeraciones de las cabezas tractoras y de los contenedores que envían la información al sistema informático. De esta forma se facilita el control y localización de los contenedores en la playa de estocaje para su entrega al cliente y para la carga en los vagones, aportando una mejora sustancial en su gestión.

Sin embargo, en nuestra opinión, también se debería incorporar en las vías de entrada lectores de la numeración de los vagones para poder enviar la información al sistema informático y controlar que los trenes llegan completos a las terminales con mayor rapidez.

Otra cuestión importante de la actividad del área de Servicios Logísticos son las interacciones entre los distintos actores del sistema de transporte y del sistema logístico, además, de con otros actores del sistema productivo.

Así, podemos apreciar como el impacto de la nueva organización de la producción mundial también se ha visto reflejada en la concentración de la industria del transporte y en la tendencia a la colaboración entre todos los actores, dado que el transporte es uno de los tramos de la Cadena de Suministro más difíciles de armonizar con las necesidades de los proveedores y los clientes, porque los subsistemas de abastecimiento y distribución constituyen procesos dinámicos que en la cadena de suministro exigen una alta coordinación.

Por lo tanto, en los últimos años, como ya se ha señalado, el sector ferroviario ha sufrido transformaciones globales importantes que ha propiciado alianzas y fusiones

que ha aportado buenos resultados a quienes han apostado por la logística multimodal más que por los tráficos unimodales.

Con respecto a esto, señala la revista líneas que, "Actualmente, en España existen unas 200 plataformas logísticas. La Dirección Ejecutiva [de Servicios Logísticos] ha estudiado la posibilidad de estar presente en aquellas que tengan como referente el ferrocarril…siempre con el objetivo de potenciar e impulsar el transporte de mercancías por ferrocarril, captar actividad e inversiones para las terminales y ofertar el mejor servicio a los clientes." (ADIF, 2009b, p. 15).

Incluso, como afirman Jiménez Sánchez y Hernández García, 2002, p. 188), "Las actividades que se deben integrar al transporte, son todas aquellas que de alguna u otra forma se encuentran interrelacionadas entre si y con el mismo, como son: diseño de producto, diseño de embalaje y de contenedores, decisiones de compra, política de precio del producto, decisiones de ubicación de plantas o fabricantes, selección de canal de distribución y diseño de la cadena de abastecimiento."

Sobre la colaboración con otros actores del sistema de transporte, que también lo son del logístico, destacaremos la desarrollada entre ADIF y Puertos del Estado. Es conocido que un elemento fundamental en el sistema de transporte es el (sub)sistema portuario y su interacción con el (sub)sistema ferroviario, en ciertos puntos nodales, los puertos, de la superred de transporte. La interacción se produce con mayor intensidad, como ya se ha dicho, en los nodos más importantes, que son las puertas de entrada a los territorios (gateway).

Con la entrada en vigor de la Ley del Sector Ferroviario, también citada, en la gestión de las líneas férreas dentro de los puertos, se les otorgaron a las Autoridades Portuarias las mismas competencias de administrador de infraestructuras que a ADIF.

Es el Convenio Marco firmado entre ADIF y Puertos del Estado, el 31 de diciembre de 2005, que regula todos los aspectos de la interacción entre los dos subsistemas.

En la revista, además se dice (ibidem) que "…el nuevo Modelo de Negocio se plantea establecer con cada autoridad portuaria las condiciones operativas de acceso al puerto y los modelos de gestión para la prestación de servicios con el fin de integrar la actividad ferroportuaria del conjunto.".

Por su parte Renfe Operadora, en el ámbito de las mercancías, que gestiona el transporte por medio de la Dirección General de Servicios de Mercancías y Logística, también ha realizado un gran esfuerzo[671] para atender y mejorar cualquier necesidad de información, de logística y de postventa que el cliente necesite. Con una orientación hacia al cliente, está especializada en los diferentes sectores económicos que le permite atender al mercado de forma más ajustada a los requerimientos y variaciones de la demanda.

Esta operadora también realiza una fuerte apuesta por la innovación tecnológica y de procesos, lo que favorece una explotación cada vez más eficiente y una oferta con mayores cotas de competitividad en el ámbito de las mercancías.

De la misma forma, Renfe Mercancías genera nuevas oportunidades de negocio a partir de procesos y formas de comercialización novedosas posibilitando la integración con otros modos de transporte y servicios logísticos.

El desarrollo de proyectos Inter-empresariales vinculados al sector logístico, por la incorporación de empresas privadas al sector ferroviario al liberalizarse, se realiza mediante operaciones conjuntas que se materializan en múltiples sociedades.

[671] Renfe Operadora ha realizado el esfuerzo en tanto en mercancías como en viajeros, si bien, nos centramos sólo en las mercancías.

Renfe Operadora, a través de su Dirección General de Servicios de Mercancías y Logística, participa en la actualidad y de forma especializada en once empresas (ver cuadro 3).

Cuadro 3. Participación de Renfe Operadora en empresas vinculadas al sector logístico según Áreas de Mercado

ÁREAS DE MERCADO				
INTERMODAL	**AUTOMÓVIL**	**SIDERÚRGICOS**	**GRANELES**	**MULTIPRODUCTO**
Conte Rail Combiberia Intercontainer Ibérica	Transfesa Semat	Algebren Cadefer Rail Sagunto	ConstruRail Transfesa	Alfil Logistics

Fuente: Renfe Operadora, 2009, www.renfe.es. Elaboración propia

En un mercado donde la demanda de soluciones completas es creciente por la especialización de la Dirección General de Servicios de Mercancías y Logística en cinco Áreas de mercado, con servicios personalizados y con alcance en todo el ámbito peninsular es capaz de gestionar o participar en cualquier cadena de logística integral

El Área de Mercado de Graneles gestiona y comercializa soluciones logísticas para graneles sólidos (carbón, cementos, cereales, áridos, abonos, etc.) y todo tipo de prefabricados de hormigón (vigas, traviesas, dovelas, etc.) mediante servicios a medida de las necesidades de nuestros clientes.

Opera en toda la geografía peninsular, así como en el resto del continente europeo y su abarca toda la gama de interconexiones con origen o destino en factorías, puertos, terminales ferroviarias, almacenes y pie de obra, con los formatos de las mercancías a granel, en big bag, paletizada y flejada. Además, acepta fórmulas flexibles en las que puede aportar tanto equipo propio como del operador logístico habitual del cliente.

El Área de Mercado de Multiproducto, por su parte, atiende servicios de transporte ferroviario, diseñados y programados de acuerdo a los requerimientos de cada empresa. Está especializada en madera y papel, productos químicos, productos manufacturados y logística de distribución y en transportes especiales (por dimensiones o pesos excepcionales). El servicio se presta en trenes completos, en tráficos regulares, a partir de 500 Tm/tren de carga, con origen o destino en cualquier punto de la geografía nacional que admita el tráfico de vagón completo.

El Área de Mercado de Siderúrgicos dirige su oferta se dirige hacia empresas del sector siderúrgico productoras/cargadoras, a operadores logísticos especializados en este sector y a proyectos empresariales en los que Renfe Operadora participa. La unidad de venta es el tren completo, a partir de 500 toneladas netas, con regularidad mínima de un tren/semana o un equivalente anual de 25.000 Tm y cuenta con un numeroso parque de vagones para satisfacer la demanda de transporte de carriles, de bobinas, el tráfico de palanquilla y alambrón, de chatarras y subproductos, y para envíos de productos de más longitud.

Un Área con elevadas prestaciones logísticas es el Área de Mercado de Automoción. Especializada en el sector del automóvil, desarrolla servicios de transporte ferroviario orientados a la logística de grandes volúmenes de tráfico, planificados, a cualquier distancia. Con sus servicios ferroviarios aseguran la actividad logística de fábricas de automóviles (cadenas de montaje), almacenes, campas y puertos en cualquiera de sus múltiples combinaciones. Esta área de Negocio ofrece dos modalidades de transporte con dos productos diferenciados.

La primera modalidad es la denominada *logística de auto terminado*, con su producto *TREN COMPLETO*, es un servicio de transporte ferroviario de automóviles. Las

características del producto son una Capacidad de arrastre de 840 Tm. Brutas, Longitud máxima de tren de 450 m y una Capacidad de transporte de un mínimo de 180 vehículos por envío. También se ofrecen servicios de logística asociada, gestionando el uso de espacios en las campas de La Llagosta (Barcelona), Gandía (Valencia), Fuencarral, El Salobral y Torrejón (Madrid).

La segunda modalidad se denomina *logística de componentes y piezas de auto*. Esta especializada en el transporte de piezas y componentes entre plantas / terminales de los fabricantes del sector del automóvil tanto en régimen nacional como internacional.

El parque de locomotoras y vagones le permite ofrecer servicio de transporte en trenes completos (Surco + Tracción + vagones + Logística en terminales / fronteras), servicios de tracción (Surco + Locomotora) y alquiler de vagones. Asimismo ofrece servicios de logística asociada gestionando las interfases para la integración de las operaciones del administrador de infraestructuras y del cliente final en terminales y fronteras.

Señalaremos también que Renfe Operadora es miembro activo de la CIA (Comunidad Internacional del Automóvil), lo que supone una ventaja competitiva a la hora de planificar y poner a su disposición servicios de transporte en el ámbito internacional tanto para exportación, importación o transito por España, al ofrecer una solución logística de origen a destino que gestiona y coordina la cadena de servicios.

La última Área de Mercado en que se estructura la Dirección General de Servicios de Mercancías y Logística, es la de Intermodal. De ella destacaremos que es la que mayor proyección de crecimiento tiene. La razón está en las últimas décadas, el incremento de la contenerización ha sido constante y muy considerable. La razón la encontramos en que las economías de escala que se consiguen en el transporte de contenedores son muy importantes.

El contenedor ha contribuido de forma manifiesta al proceso de globalización. A consecuencia de ella, del crecimiento de la economía mundial y de la fragmentación de las localizaciones de los centros de producción y consumo, el tráfico de contenedores en todas las rutas comerciales mundiales ha crecido vertiginosamente, aunque más en las principales rutas.

Señalaremos, que el transporte de contenedores es el que tiene un mayor impacto sobre las actividades logísticas y en las Cadenas de Suministro modernas basadas en el transporte intermodal. Es por ello, que las empresas suministradoras de servicios de transporte de mercancías deben esforzarse en ofrecer un servicio intermodal de muy alta calidad para poder ser competitivas.

Esta Área de Negocio ofrece dos tipos de servicio para el transporte de contenedores[672] que pueden beneficiarse en función del volumen de facturación de algunos incentivos en los precios.

---

[672] La gran mayoría de los contenedores del parque mundial están construidos conforme a las normas ISO de la Organización Internacional de Normalización (ISO). El Comité Europeo de Normalización (CEN) ha emitido normas sobre las cajas móviles. Citamos como ejemplo por su interés la norma ISO 6346, que regula las dimensiones de los contenedores.

Otros organismos, como por ejemplo, la *Internacional Union of railways* (UIC), también emiten normas sobre contenedores y cajas móviles, en España también la Sociedad Española de Certificación y Normalización (AENOR), pero la tendencia es a que se engloben en las normas ISO y CEN.

Los contenedores deben llevar inscritas marcas en sus laterales que ofrecen distintas informaciones, entre ellas un código de propietario. La Oficina Internacional de Contenedores y Transporte Intermodal (BIC), *International Container Bureau* en inglés, asigna un código de propietario a cada propietario de un contenedor o empresa operadora. Estos códigos se enumeran en el Registro oficial CONTENEDORES 'BIC-Code".

El primero, *la Red intermodal multicliente*, que es la solución estándar de transporte ferroviario intermodal. Se trata de un servicio regular de trenes de contenedores, que cubren una oferta de 152 relaciones origen-destino en el ámbito nacional, con sus correspondientes enlaces para envíos al resto del continente. Es un servicio estable, con cumplimiento de condiciones y compromisos, y con precios públicos.

El servicio se realiza mediante trenes programados, tanto en fechas de circulación como en horarios de admisión y entrega de contenedores. El envío mínimo de un contenedor (20', 30', 40', 45' ó dimensiones equivalentes).

Opcionalmente este producto ofrece servicios de logística asociada, pudiendo configurarse cadenas de logística integral (puerta a puerta, almacenaje, distribución, despacho de aduana, alquiler de contenedores, etc).

Los contenedores del parque del Área de Mercado disponibles para el alquiler de los clientes son actualmente 1422. Los tipos de contenedor son el Cerrado Box 20 pies, el Cerrado 20 pies (open side), el Cerrado 20 pies (maxicadre), el Cerrado Box 30 pies, el Cerrado 30 pies (maxicadre), el Cerrado Box 40 pies ISO, el Cerrado 40 pies (maxicadre) y el Cerrado frigorífico 45 pies.

El segundo servicio, es el *Tren Cliente intermodal*, el Área de Mercado de Intermodal pone a disposición del mercado la solución logística más versátil y adaptable a cualquier requerimiento con unos precios altamente competitivos. Este servicio de transporte ferroviario de contenedores está diseñado y desarrollado de acuerdo con las exigencias y operativa de nuestros clientes. Orígenes y destinos, volumen y frecuencia de envíos, etc, son parámetros que define el cliente a la hora de confeccionar el producto. Se comercializa a partir de trenes completos, en viaje de ida y vuelta, tanto en el ámbito nacional como internacional.

Al igual que el primero, opcionalmente este producto ofrece servicios de logística asociada, pudiendo configurarse cadenas de logística integral de la misma forma. Para facilitar a los clientes la contratación de estos servicios y también añadir valor a los mismos, el 4 de junio de 2008 Renfe Mercancías lanzó la venta de "plazas" por medio de internet, un nuevo sistema de venta para los servicios de la red intermodal multicliente. La iniciativa forma parte del desarrollo de la Plataforma Omnium, un nuevo soporte tecnológico que aportará numerosas ventajas a la calidad y productividad de Renfe Mercancías en el mercado ya liberalizado.

Con este sistema, denominado ContainerCLICK, Renfe busca ofrecer un producto que se caracterice por el compromiso de plazo, la garantía del transporte, la planificación, la fiabilidad, la optimización de los recursos, la integración de servicios logísticos si el cliente así lo desea, la localización y el seguimiento del transporte y el control económico y de facturación. Además, para los clientes de los servicios de esta Área de Mercado se pone a disposición de los mismos el portal de servicios a clientes en Internet denominado *Club Teco*.

El portal ofrece un conjunto de herramientas de información y gestión en tiempo real que dan cobertura tanto al ámbito operativo como administrativo, en su relación con el operador. Así, muestra información sobre la trazabilidad de trenes y expediciones que permite conocer su localización en todo momento, también sobre mercancías peligrosas, además, de otras informaciones y documentación, órdenes de carga electrónica, avance de facturación, etc.

Otros servicios opcionales que se ofrecen son la colaboración o ayuda en la carga y descarga en muelle, la inmovilización de camión portacontenedores cuando el tiempo de carga o descarga exceda de dos horas para cualquier tipo de UTI (Unidades de

---

Señalaremos que un contenedor de 20 pies, corresponde a una *Twenty-feet Equivalent Unit*, Unidad de Transporte Equivalente. El TEU, es la unidad de medida de capacidad de transporte marítimo en contenedores y se ha establecido como unidad estándar del volumen de carga en el transporte intermodal de contenedores para los vehículos de transporte en todos los modos.

Transporte Intermodal), manipulación de toldos, limpieza y lavado de contenedores y utilización de grúa.

Indicaremos, por último, que el Área de Mercado de Intermodal ha puesto en marcha dos nuevos servicios ferroviarios de transporte internacional de contendores. El primero, en colaboración con el puerto de Barcelona y la empresa del grupo SNCF –Naviland Cargo— inauguró oficialmente el 29 de enero de 2009 El *Barcelyon Express*. Este nuevo servicio ferroviario de contenedores conecta el puerto de Barcelona y la terminal ferroviaria francesa de Vénissieux (Distrito de Lyon) en la región de Ródano-Los Alpes principal hub logístico de Francia.

Se comercializa mediante dos modalidades, multicliente que corresponden a envíos aislados a la demanda del cliente en un solo sentido o a través de la contratación de Slots de tres ó cinco plataformas en ida y vuelta durante un plazo de tiempo determinado. Las frecuencias son de tres trenes a semana en ambos sentidos.

Ofrece a las compañías navieras, consignatarios, transitarios, agentes de aduana y operadores, una nueva opción logística para encaminar sus mercancías en contenedor, procedentes de Asia y el Mediterráneo, desde el puerto de Barcelona hasta Lyon, uno de los principales centros de producción y consumo de Francia, además de la posibilidad de conectar en Lyon con el centro y norte de Europa a través de la red ferroviaria europea.

El segundo nuevo servicio de transporte de contenedores es el denominado *Iberian Link*, surge de la alianza estratégica entre Renfe Operadora y Comboios de Portugal (CP) y relaciona terminales españolas y portuguesas. El objetivo de esta alianza estratégica entre Renfe Operadora y CP es ofrecer una solución logística integral en la península para incrementar los tráficos España-Portugal, potenciar los mercados del contenedor marítimo y terrestre y optimizar la gestión conjunta de activos.

Todo ello permitirá aumentar el valor añadido y la calidad del servicio, aprovechar y potenciar sinergias empresariales y mejorar la productividad, potenciando el transporte peninsular de mercancías e impulsando la liberalización del transporte internacional de mercancías por ferrocarril.

Esta estrategia coincide, asimismo, con los objetivos de la Comisión Europea de desplazar tráfico rodado hacia el ferrocarril y los planes del Ministerio de Fomento. Destacaremos que la nueva oferta intermodal por ferrocarril de seis trenes semanales, con el nuevo servicio *Iberian Link*, supone el equivalente a la circulación de unos 7.200 camiones al año (ver mapa 5).

Las ventajas de este nuevo servicio son que aportará a compañías navieras, consignatarios, transitarios, agentes de aduana y operadores logísticos la posibilidad de transportar sus contenedores desde el litoral Atlántico al interior de la península y conectar con el resto de la red portuaria española.

Las expectativas de futuro son amplias y algunas van vinculadas al tráfico del sector automovilístico (Valladolid-Aveiro), un tanto demoradas hasta ahora por el retroceso de este sector productivo como consecuencia de la crisis que está afectando a todos los países y mercados mundiales.

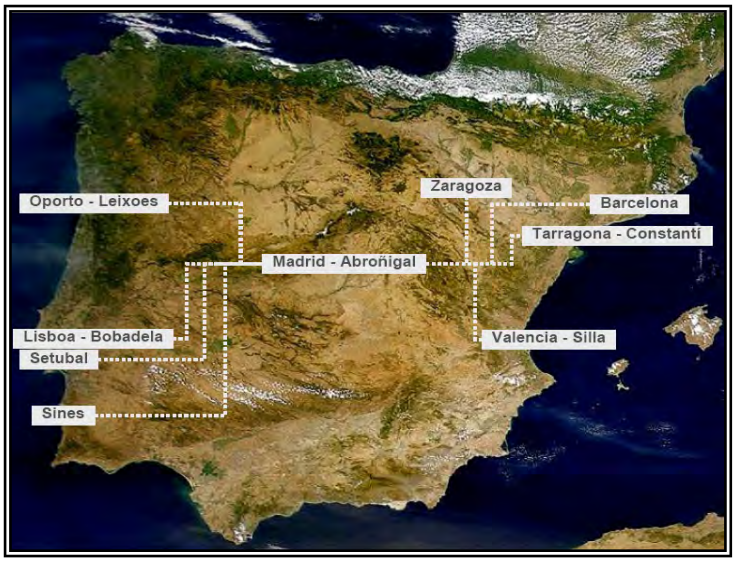
El servicio tiene una frecuencia de tres trenes semanales por sentido y comunica los puertos de Sines, Setúbal, Oporto (Leixoes) y Lisboa (Bobadela) con Madrid, Zaragoza, Tarragona (Constantí), Barcelona, Valencia (Silla) y Bilbao con la posibilidad de conectar desde Madrid Abroñigal con el resto de la Red Intermodal Multicliente.

Este servicio se conforma como una “oferta de transporte integral”: en origen incluye la recogida en la terminal del puerto o en la terminal ferroviaria, franquicia de veinticuatro horas de almacenaje, servicio de grúa y carga en el tren para su transporte, mientras que en destino incluye la entrega en terminal ferroviaria o en puerto, servicio de grúa, y franquicia de 48 horas de almacenaje. Opcionalmente el cliente podrá contratar el servicio de limpieza y mantenimiento del contenedor.

La oferta de carga alcanza las 2.880 toneladas y los 264 teus semanales por sentido. En este servicio la terminal madrileña de Abroñigal se configura con un gran Hub continental en el cual los contenedores son redistribuidos a la red de trenes de Renfe para llegar, en los estrictos plazos contratados, a los clientes del servicio.

Los tráficos Madrid-Lisboa tienen un tiempo de recorrido aproximado de quince horas plazo que mejora la oferta actual y se presenta como muy competitivo frente a la carretera. Igualmente, los precios por contenedor se han configurado para ser una oferta muy atractiva y competitiva para los clientes frente a la actual oferta de la carretera.

Mapa 5. Servicio Intermodal Iberian Link



Fuente: www.renfe.es, (2009)

Por otro lado, señalaremos, que la primera circulación interoperable fue establecida poco antes, el 3 de marzo de 2009, impulsada por ADIF y su equivalente portugués Refer, a través de la sociedad Ibercargo-Raíl, constituida por la española Comsa Rail Transport y la lusa Takargo Rail. Posteriormente, a finales del mismo mes, esta alianza de operadores puso en servicio otro tren de multicliente de contenedores entre Lisboa y Madrid.

Esta primera relación que se realizó, puso en servicio un enlace directo entre Zaragoza y Lisboa Puerto, con contenedores cargados de papel de Saica II (El Burgo de Ebro) en un surco de 1253 km.

Dicho transporte, con una capacidad de carga de 1.150 toneladas, se realiza dos días alternos por sentido cada semana con el encaminamiento Zaragoza-Guadalajara-Medina del Campo-Salamanca-Fuentes de Oñoro-frontera-Lisboa.

Asimismo, Ibercargo Rail puso en circulación el 6 de mayo de 2009 un servicio que con un recorrido 1231 km une la Terminal de Entroncamento, en la Región Centro portuguesa de Medio Tejo, con la terminal de mercancías de Constantí en Tarragona.

El proyecto, más amplio, pretende desarrollar tráficos combinados en el mercado ibérico con puntos extremos en Lisboa, Valencia, Barcelona, Madrid y Zaragoza, utilizando los pasos fronterizos de Fuentes de Oñoro, Valencia de Alcántara y Badajoz.

La característica más importante del servicio *Iberian Link* y de la sociedad Ibercargo-Raíl, desde el punto de vista técnico, es que se trata de la puesta en circulación de los primeros trenes interoperables en un recorrido hispanoluso con tracción de una locomotora homologada en ambos países.

La homologación por parte de ADIF y REFER de los sistemas de señalización y control en la locomotora (Asfa español y Convel portugués) es el avance tecnológico que permite aumentar la competitividad del transporte directo de mercancías entre España y Portugal. La tracción de de los trenes de Ibercargo Rail corresponderá en una primera fase íntegramente a las locomotoras diesel de la serie 335, modelo Euro 4000, de Comsa que, posteriormente, alternarán con las locomotoras gemelas de la flota de Takargo, numeradas en Portugal como serie 6000 una vez estén autorizadas para su circulación en la red de ADIF.

Recordaremos, que la no realización de cambio de tracción en la frontera supone un ahorro de tiempo muy importante, ya que la consigna de gestión de estos nuevos tráficos maximiza los compromisos de puntualidad en la circulación de los trenes.

Las relaciones de mercancías entre España y Portugal tienen la gran ventaja de compartir el ancho de vía. Los esfuerzos de ADIF y Refer, así como de las operadoras públicas Renfe y CP, y las privadas Comsa Rail y Takargo Rail están haciendo que, además, sea posible que las locomotoras puedan circular de manera indistinta por la red ibérica sin distinción de fronteras.

Estas cinco Áreas de Mercado mencionadas cuentan con un variado parque de locomotoras (ver tabla 1) y de vagones (ver cuadro 4) para desarrollar el transporte de las diferentes mercancías por las distintas líneas de la red.

Tabla 1. Parque de locomotoras de mercancías de línea de Renfe Operadora

PARQUE DE LOCOMOTORAS DE MERCANCÍAS RENFE OPERADORA								
TIPO TRACCIÓN	SERIE	Nº	VELOCIDAD (Km/h)	PESO (Tm)	POTENCIA (Kw)	DISPOSICIÓN EJES	TENSIÓN ALIMENTACIÓN	OTROS DATOS
ELÉCTRICAS	250	20	100	124	4.600	C'C'	3 kV cc	
	251	29	100	135	4.650	B'B'B'	3 kV cc	Es la única serie dotada en su totalidad de equipos chopper
	253	0	140	85	5.600	B'B'	3 kV cc	100 en proceso de construcción
	269100	85	80	88	3.100	B'B'	3 kV cc	
	269200	44	80	88	3.100	B'B'	3 kV cc	
	269700	18	120	88	3.100	B'B'	3 kV cc	Transformación para trenes intermodales
	269850	7	100	176	6.200	B'B'	3 kV cc	Circulan acopladas por parejas para formar máquinas dobles
	269950	20	100	88	3.100	B'B'	3 kV cc	
	279000	2	80	80	2.700	B'B'	3 kV cc	Originariamente eran bitensión a 1,5kV y 3 kV
	289000	1	80	84	3.100	Bo' Bo'	3 kV cc	Originariamente eran bitensión a 1,5kV y 3 kV
	289100	9	100	168	6.200	B'B'+B'B'	3 kV cc	Formadas por dos locomotoras 289000 a modo de tandem
DIESEL	311	1	90	80	785	Bo' Bo'		Utilizada para maniobras en León
	319200	28	120	110	1.190	Co' Co'		
	319300	11	120	117	1.641	Co' Co'		
	319400	10	140	116	1.641	Co' Co'		
	333300	66	120	120	2.100	Co' Co'		Reconstrucción de las locomotoras de la serie 333000

Fuente: Parque de material motor de Renfe, actualización 24-10-2008, intranet Renfe.
Elaboración propia

En la tabla se aprecia que Renfe Operadora cuenta con 350 locomotoras de línea, de las que 235 son eléctricas y 135 diesel. Al total de locomotoras eléctricas, habrá que añadir las 100 de la serie 253, en proceso de fabricación y entrega.

Destacaremos, que por primera vez Renfe compra locomotoras específicamente destinadas al tráfico de mercancías, lo que pone de manifiesto su nueva estrategia y el esfuerzo realizado. El proyecto, entre otros, se enmarca dentro de la estrategia de alianzas de Renfe con la industria ferroviaria para revitalizar el sector de la fabricación y el mantenimiento de trenes en España.

Respecto a las locomotoras a las que sustituirán, la nueva serie 253 mejorará la fiabilidad hasta una estimación de 200.000 km. También cerca de un 67 por ciento en potencia, es decir, que dadas las mismas condiciones de rampas y velocidad las nuevas locomotoras podrán arrastrar un 30 por ciento más de toneladas. Además las nuevas locomotoras podrán alcanzar una velocidad máxima de 140 km/h, frente a los 80 km/h y 100 km/h de las máquinas eléctricas a las que va a reemplazar.

Las dos primeras unidades fueron presentadas el 2 de abril de 2008 y ya circulan algunas unidades por la red. La adquisición de estas locomotoras supone un punto de partida hacia mejores niveles de fiabilidad, capacidad de tracción y eficiencia productiva que permitirán dar un salto de calidad en los servicios logísticos.

A las nuevas locomotoras se sumarán 91 locomotoras diesel renovadas, que permitirá que las locomotoras incrementen un 18 por ciento su capacidad de arrastre y con 20 años su vida útil.

Estas nuevas locomotoras se están fabricando en el Taller Central de Villaverde en Madrid, gracias a la alianza sellada entre Renfe y Bombardier. Los trabajos de fabricación se desarrollarán hasta 2010, además, del posterior mantenimiento compartido.

Otro proyecto de Renfe Mercancías, es el contrato firmado a finales de 2007 con Bombardier para el suministro de 100 locomotoras Traxx F140 DC. Las locomotoras han sido diseñadas para el transporte de mercancías en redes de 3.000 V de corriente continua y pueden alcanzar velocidades máximas de 140 km/h.

Por otra parte, en el cuadro siguiente (ver cuadro 4), vemos cinco tipos distintos de vagones, abiertos, cerrados, plataformas, tolvas y cisternas, dentro de cada tipo existen vagones con características distintas, lo que hace que el parque de vagones esté formado por 55 vagones distintos que se utilizarán en función de la naturaleza y características de las mercancías.

Actualmente, Renfe Operadora dispone de 14.328 vagones, con una capacidad de carga de más de 600.000 Tm, gran parte de ellos renovados y algunos de nueva fabricación, fruto del contrato programa 2006-2009 firmado entre Renfe Operadora y el Ministerio de Fomento para la renovación del material móvil de carga para sus servicios de mercancías y logística.

Así, a lo largo de 2009, contará con 288 vagones nuevos. De estas nuevas unidades 100 serán porta-automóviles, 78 serán vagones tolva para el transporte de graneles, 60 serán vagones cisterna para el transporte de diferentes combustibles y aceites, y 50 serán vagones plataforma para el transporte de productos siderúrgicos.

Puntualizaremos, que a causa de los avances tecnológicos y fruto de la investigación e innovación en técnicas constructivas y nuevos materiales, se construyen vagones cada vez con menor tara para que el peso máximo por eje sea aprovechado y poder incrementar la carga máxima de las mercancías transportadas.

El objetivo de Renfe Mercancías es potenciar su oferta de soluciones logísticas de transporte completas para graneles sólidos, como carbón, cemento o clínker (caliza cocida), para aceites o combustibles, y para distintos productos siderúrgicos como palanquilla, perfiles y chapa. En este sentido, el nuevo material de carga permitirá fortalecer la oferta logística de Renfe Mercancías e incidir en las ventajas que puede aportar el ferrocarril para la productividad de las empresas.

Sin embargo, sería necesario instalar en todos los vagones sensores que vigilasen el adecuado acondicionamiento de los cargamentos, calentamiento y agarrotamiento de ejes, cierre de puertas y trampillas, etc. Además, en el interior de todos los contenedores y cisternas, en mayor medida, en los que se transporten materias peligrosas y productos perecederos también se deberían instalar sensores que controlasen, según la naturaleza de la mercancía, la temperatura, presión, estanqueidad, etc. Los datos obtenidos se enviarían, vía satélite, al sistema informático para incorporarla al sistema de información.

Cuadro 4. Parque de vagones de Renfe Operadora

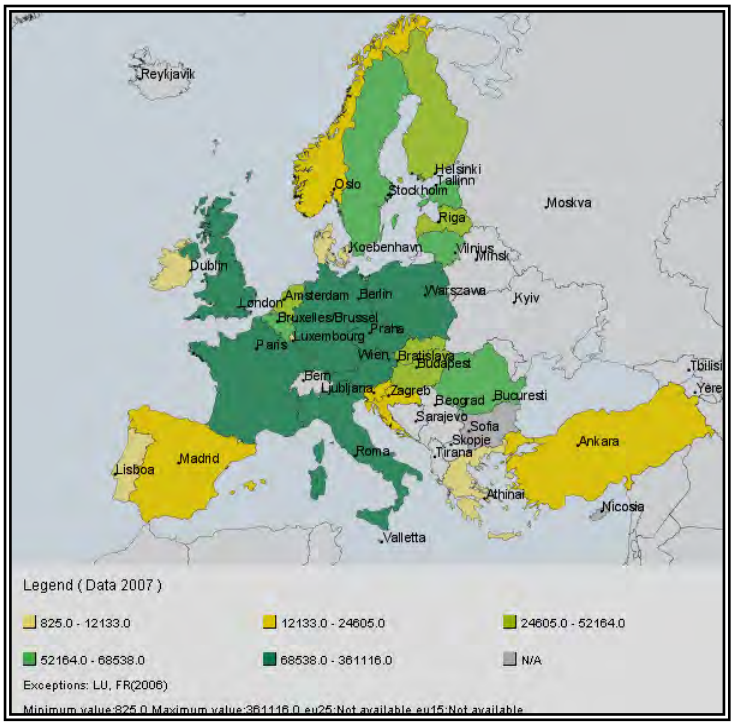
PARQUE DE VAGONES DE RENFE OPERADORA			
TIPO VAGÓN	SUBTIPO VAGÓN	CÓDIGO REPARTO	APLICACIONES COMERCIALES
ABIERTOS	Bordes Máximos (2 ejes)	X7	Madera en rollizos.
	Bordes Altos (2 ejes)	X8	Madera en rollizos.
	Bordes Máximos	XX	Polivalente
	Bordes Máximos	XX	Polivalente
	Portatraviesas (2 ejes)	X6	Traviesas
CERRADOS	Paredes deslizantes (2 ejes)	JPD1	Polivalente
	Paredes deslizantes (2 ejes)	JPD2	Polivalente
	Paredes deslizantes	JJ2	Espevial Mercancía paletizada
	Paredes deslizantes	JJ4	Espevial Mercancía paletizada
	Portabobinas con toldos deslizantes	JJ5	Bobinas con su eje en posición horizontal.
	Portabobinas con toldos deslizantes	JJ7	Bobinas de acero paletizadas, con su eje en posición vertical, y otros productos de alta densidad y peso
	Portabobinas con toldos deslizantes	JJ92	Bobinas con su eje en posición horizontal.
	Portabobinas con toldos deslizantes	JJ93	Bobinas con su eje en posición horizontal.
PLATAFORMAS	Convencional (2 ejes)	M1	Polivalente. Acondiconados 118 para palanquilla y alambrón
	Polivalente	MM2	Polivalente
	Polivalente	MM9C	Polivalente
	Polivalente	MM9L	Polivalente
	Porta-automóviles (4 ejes)	MA	Vehículos de carrtetera (hasta 5)
	Transporte de traviesas y automóviles (2 ejes)	MA1	Transporte de traviesas y automóviles
	Porta automóviles de 2 pisos (4 ejes)	MA5	Transporte de automóviles
	Porta-automóviles (2 ejes)	MA6	Transporte de automóviles
	Porta automóviles de 2 pisos	MMA	Transporte de automóviles
	Portabobinas	MMB	Bobinas con su eje en posición horizontal.
	Portabobinas	MMB9	Especial transporte de 2 bobinas de 32 Tm/unidad
	Polivalente-portacontenedores(2 ejes)	MQ	Traviesas y contenedores
	Polivalente	MM2Q	Productos siderúrgicos, graneles y contenedores de 20´, 30´y 40´.
	Portatraviesas (2 ejes)	M5	Traviesas de hormigón
	Transporte de alambrón	MM4	Bobinas de alambrón.
	Transporte de alambrón	MM42	Bobinas de alambrón.
	Trasporte de tubos y otros productos siderúrgicos	MM5	Trasporte de tubos y otros productos siderúrgicos
	Carrileros (2 ejes)	SM1	Transporte de carriles
	Portacontenedores (2 ejes)	MC/MCE	Transporte de contenedores y cajas móviles
	Portacontenedores (2 ejes)	MC3	Transporte de contenedores
	Portacontenedores (2 ejes)	MC4E	Transporte de contenedores
	Portacontenedores (2 ejes)	MC1	Transporte de contenedores
	Portacontenedores (2cont/vg.) para tpte sal	MM9S	Transporte de sal a granel, en contenedores.
	Portacontenedores	MMC/MMC1	Transporte de contenedores
	Portacontenedores	MMC3/MMC2	Transporte de contenedores
	Portacontenedores	MMC3E	Transporte de contenedores
	Transporte de contenedores, cajas móviles y semiremolques	MMP	Contenedores y cajas móviles de 20`,30` y 40'. Semirremolques camión
	Portacontenedores (3 bogies)	MMMC1	Transporte de contenedores
TOLVAS	Abierta (2x2 ejes)	T3	Transporte de balasto
	Abierta. Automática	TT4	Transporte carbón
	Abierta. Automática	TT49	Transporte carbón (de densidad entre 0,6 y 0,9 t./m.)
	Abierta	TT6	Minerales, Abonos, Remolacha,etc. Especial carbón de granulometria fina
	Abierta. Automática	TT9	Carbón, mineral y materia prima de construcción.
	Abierta	TTF	Transporte de balasto y materia prima de construcción
	Abierta	TTM	Balasto/mineral (de densidad > 1,5 Kg/dm) y materia prima de construcción
	Cerrada (2 ejes)	T1	Transporte de cereales/abono.
	Cerrada	TT5	Transporte de cereales/abono.
	Cerrada	TT7	Mineral, abono, remolacha y materia prima de construcción,etc.
	Cerrada	TT8	Transporte de cereales y graneles
	Cerrada	TTC9	Transporte de cemento y cenizas.
CISTERNA		RR2	Transporte combustibles líquidos
		RR92	Transporte combustibles líquidos

Fuente: Catálogo de vagones, www. Renfe.es (julio, 2009).

FLUJOS Y CORREDORES MÁS IMPORTANTES

Consideraremos el transporte de mercancías por ferrocarril en España como los servicios de transporte público de mercancías por ferrocarril, entendiendo por tales, el transporte por cuenta ajena mediante retribución económica, sobre líneas de la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG) y líneas ferroviarias de competencia autonómica del País Vasco, Cataluña y Castilla y León (OFE, 2007, p. 74); infraestructuras ferroviarias que discurren íntegramente en el territorio de una Comunidad Autónoma (ver anexo 6).

Mapa 6. Transporte de mercancías por ferrocarril



Fuente: Eurostat, Oficina Europea de Estadística
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/guip/themeAction.do

El transporte de mercancías por ferrocarril aumentó durante los últimos años pero no al mismo ritmo que el transporte por carretera. El número de toneladas por carretera es mucho mayor que el de toneladas transpotadas por ferrocarril. Este aumento, a pesar de que ha existido una disminución de la red y menos material rodante, debe indicar que la eficiencia de la industria del ferrocarril hoy es más alta (ver mapa 6)

El servicio de transporte de mercancías en el año 2007 presentó un total de 31,099 millones de toneladas netas transportadas, cifra que supone un leve incremento respecto al año anterior (0,31%). Del total de toneladas citado, Renfe operadora realizó el 94,05 % y los operadores privados el 0,85% (Ibidem, p. 84). Las toneladas netas/kilómetro registradas el año 2007 fueron 11.212 millones, lo que supuso también un descenso respecto al año anterior (- 3,58%) (Ibidem, p.83).

Por su parte, la relación entre el índice de toneladas netas/tren respecto a las toneladas brutas-tren, señalaremos que el aprovechamiento del tren, registra un valor de 40,8 %, presentando un crecimiento respecto al año anterior del 1,31%. Además, las toneladas brutas por tren fueron 769,6 lo que supuso un incremento del 1,07% sobre la masa media de los trenes registrada en el año 2006. (Ibidem, p.94).

Sobre la velocidad media de los trenes de mercancías en España en 2007 fue de 54,4 km/h, que es la media ponderada de los trenes de los operadores de los que se dispone de datos. En el año anterior fue de 54,6 km/h, lo que supone que en 2007 se ha producido un retroceso del 0,2 km/h (0,366 %), debido a los trenes de los operadores privados ya que los demás la han mantenido.

En el caso de los trenes de mercancías de Renfe-Operadora la velocidad media de los trenes fue de 54,6 km/h, la de los operadores privados sobre la red Adif fue de 44 km/h, la de FGC de 50 km/h aproximadamente; y la del ferrocarril de Ponferrada a Villablino, de 30 km/h aproximadamente (Ibidem, p.91).

Respecto al tipo de mercancía transportado por ferrocarril (Ver tabla 2 y 3) señalaremos en primer lugar, para conocer el peso que tiene cada operador, que en el año 2007, de los 31.099 millones de toneladas netas transportadas 24.737 millones (79,54 %) corresponden a Renfe Operadora, a las operadoras privadas 0,429 millones (1,38 %), a FEVE 3.751 millones (12,06 %), a EuskoTren 0,173 millones (0,56 %), a FGC 0,659 millones (2,12 %) y al ferrocarril de Ponferrada a Villablino 135 millones (4,34 %) (Ibidem, p.84).

Tabla 2. Tráficos de mercancías en España por tipo de producto

Toneladas km por productos *Millones de toneladas netas*	2005	%	2006	%	2007	*Reparto 2007*
TOTAL						
Siderúrgicos	2.295	17,97	2.707	-6,17	2.540	*22,69*
Graneles	1.994	-3,46	1.925	9,92	2.116	*19*
Multiproducto	1.248	-7,29	1.157	-0,61	1.150	*10,27*
Automovil	447	-6,49	418	15,79	484	*4,32*
Resto	377	-29,58	265	-3,56	256	*2,29*
Vagón completo Internacional	1.256	-10,99	1.118	13,15	1.265	*11,30*
Total vagón completo	**7.617**	-0,34	**7.591**	2,90	**7.811**	***70***
Intermodal	4.003	-0,55	3.981	-14,98	3.385	*30,23*
Total vagón completo+intermodal	**11.620**	-0,41	**11.572**	-3,25	**11.196**	***100***
Toneladas netas por productos *Miles toneladas netas*	2005	%	2006	%	2007	*Reparto 2007*
TOTAL						
Siderúrgicos	4.364	21,39	5.298	-3,41	5.117	*16,46*
Graneles	12.299	2,42	12.597	5,62	13.305	*42,78*
Multiproducto	2.334	-9,17	2.120	-3,40	2.048	*6,59*
Automovil	799	-9,89	720	16,81	841	*2,70*
Resto	1.909	-39,58	1.153	-11,19	1.024	*3,29*
Vagón completo Internacional	2.245	4,94	2.356	20,46	2.838	*9,13*
Total vagón completo	23.950	1,23	24.244	3,83	**25.174**	***80,95***
Intermodal	6.940	-2,61	6.759	-12,34	5.925	*19,05*
Total vagón completo+intermodal	**30.890**	0,37	**31.003**	0,31	**31.099**	***100***

Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España (OFE), tablas 6.4.1 y 6.4.2., pp. 97-98

También indicamos que de de los 11.212 millones de toneladas netas por kilómetro transportadas ese mismo año 10.547 millones (94,07 %) corresponden a Renfe Operadora, a las operadoras privadas 96 millones (0,85 %), a FEVE 460 millones (4,1 %), a EuskoTren 16 millones (0,15 %), a FGC 42 millones (0,37 %) y al ferrocarril de Ponferrada a Villablino 51 millones (0,46 %) (Ibidem, p.83). Se pone de manifiesto que es Renfe Operadora la que realiza los mayores tráficos en toneladas netas y sobre recorridos más largos.

Respecto al tipo de mercancía y operador transportado en vagón completo en ese año, cabe destacar que Renfe Operadora es con mucha diferencia la operadora que transporta los mayores volúmenes, tanto en toneladas netas como en toneladas netas/kilómetro (ver tabla 3).

En el transporte de mercancías de FEVE por productos destacan los graneles (principalmente carbones), si se mide por toneladas, y los siderúrgicos si se hace por toneladas netas/kilómetro.

Sobre los otros tres operadores de ferrocarril que no se incluyen en la tabla 3, diremos que el transporte de mercancías de los Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya en 2007 ha sido exclusivamente de graneles (principalmente sales). Por su parte el ferrocarril de Ponferrada a Villablino (MSP) ha transportado en el año 2007 exclusivamente carbones (hulla y antracita) para la central térmica de Compostilla (Ibidem, pp.100-101).

En el informe del OFE de 2009, se dice que no se poseen datos de EuskoTren ya que dichos datos los facilitan las operadoras. No obstante, en el informe del año anterior se dice que en el caso de Euskotren sólo se transporta bobinas de acero en colaboración con FEVE (OFE, 2008, p.55).

Tabla 3. Tráficos de mercancías en España por tipo de producto y operador. Año 2007

	Renfe Operadora				Operadores privados				FEVE				**Total Transportado**	
	Tn (%)	Tnkm (%)	Tn (Millones)	Tnkm (Millones)	Tn (%)	Tnkm (%)	Tn (Millones)	Tnkm (Millones)	Tn (%)	Tnkm (%)	Tn (Millones)	Tnkm (Millones)	Tn (Millones)	Tnkm (Millones)
Siderúrgicos	18	22	4,453	2320,340					15	57	0,563	69,000	5,015	2389,340
Graneles	32	17	7,916	1792,990	23	49	0,099	47,04	85	43	3,188	391,000	11,203	2231,030
Multiproducto	8	11	1,979	1160,170									1,979	1160,170
Automóvil	3	5	0,742	527,350									0,742	527,350
Resto	4	2	0,989	210,940					0,1	0,44	0,005	0,644	0,995	211,584
Vagón completo internacional	11	12	2,721	1265,640									2,721	1265,640
Total vagón completo	76	69	18,800	7277,430	23	49	0,099	47,04	100	100,4	3,756	460,644	22,655	7785,114
Intermodal	24	31	5,937	3269,570	77	51	0,330	48,96					6,267	3318,530
Total transportado			24,737	10547,000			0,429	96			3,756	460,644	28,922	11103,644

Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España (OFE), 2009. Elaboración propia

En cuanto al recorrido medio por tonelada de todos los operadores registrado en el 2007 fue de 361 kilómetros, presentando un descenso respecto a los 374 kilómetros por tonelada registrados el año anterior (- 3,58%). A Renfe operadora le corresponde el mayor recorrido medio con 426,36 kilómetros (OFE, 2009, p.85).

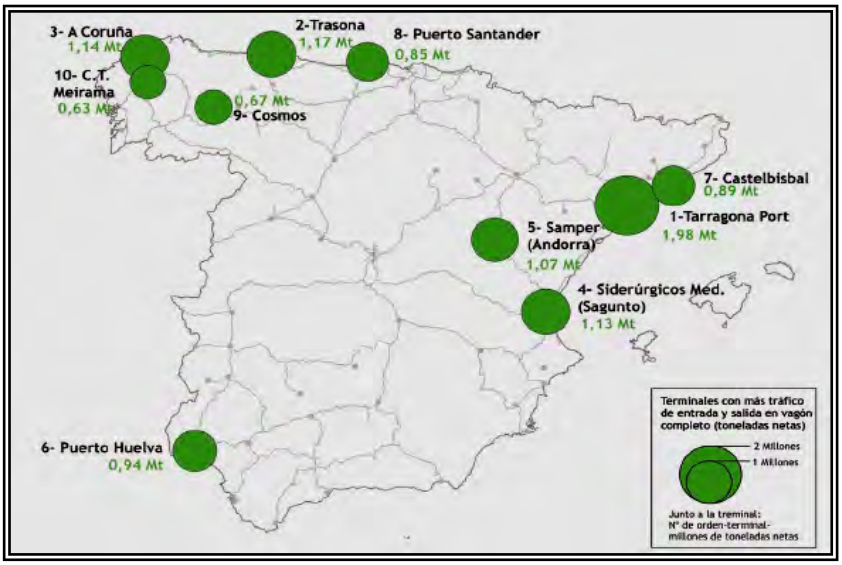
Por lo que respecta al tráfico en la Red Ferroviaria de Interés General[673] (RFIG), en 2007 (OFE, 2008, p.77), cada día circularon en España, de media, 264 trenes de mercancías (en los dos sentidos de circulación). De ellos, 217 corresponden a Renfe Operadora; 6,10 trenes al ferrocarril de Ponferrada a Villablino; 4,57 a los Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC); 33 a Feve y 3,58 a otros operadores privados. (Ibidem, p.89).

Adif gestionó la circulación de 185,569 millones de trenes/km (185,087 en 2006) de los que 309.981 trenes/km son de los operadores privados Continental Rail y Acciona Rail Services. Así pues, estos tráficos representaron, aproximadamente, un 0,19% del total de las circulaciones realizadas sobre la red Adif (Ibidem, p.90).

Las circulaciones de mercancías en la RFIG supusieron 37,402 millones de trenes/km. Los trenes/km operados por Renfe Mercancías ascendieron a 37,092 millones y los de las operadoras privadas supusieron un 0,82% de las circulaciones de mercancías en la RFIG (OFE, 2009, p.90).

Las diez terminales con más tráfico en toneladas netas, asicomo como suma del total de las toneladas recibidas y expedidas (ver mapa 7), corresponden a los puertos de A Coruña, Santander, Tarragona y Huelva.

Mapa 7. Terminales con mayor tráfico de mercancías. Año 2007 (toneladas netas recibidas y expedidas)



Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España (OFE), 20099, figura 6.5.1., p.103.

[673] La red más extensa y que soporta más tráfico corresponde a la administrada por Adif, a la mayor parte de la "Red Ferroviaria de Interés General", que se corresponde, en general, con las líneas de ancho normal español y las de alta velocidad. Pueden distinguirse dos subredes:

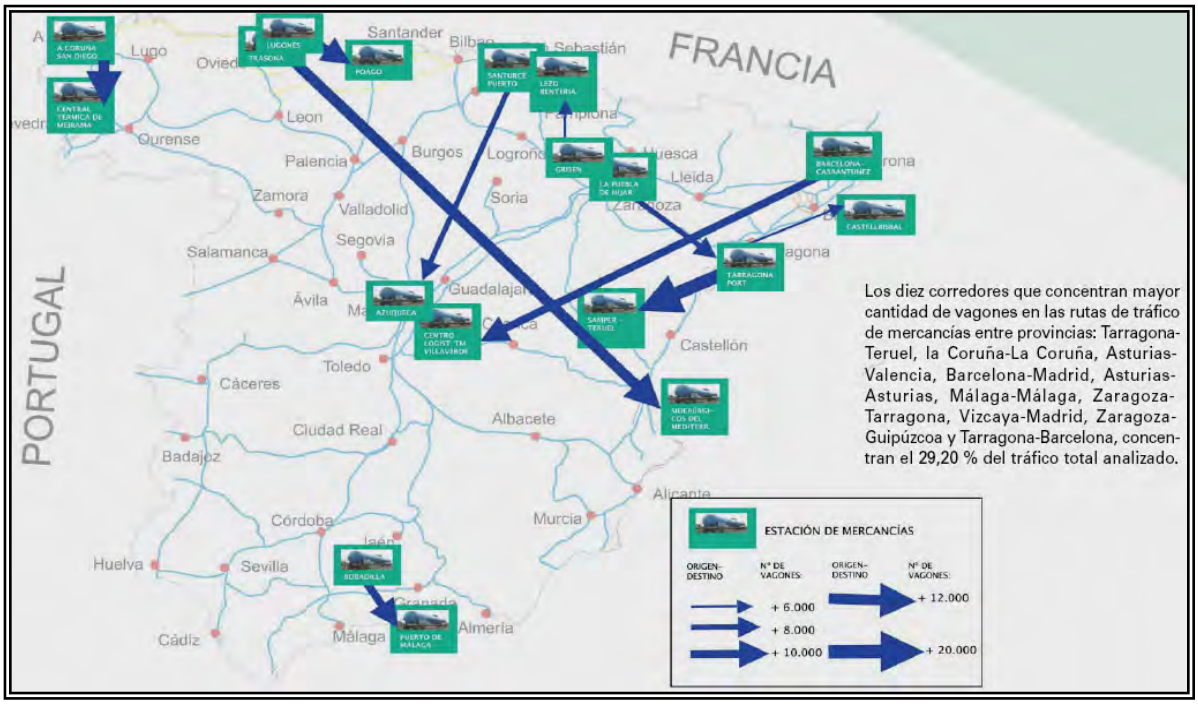
1.Red convencional, integrada por líneas y ramales de ancho de vía normal ibérico (1.668 mm), además de una línea de ancho de vía métrico. Estas líneas son propiedad del Estado, que delega en Adif su administración.

2.Red de alta velocidad, con ancho de vía UIC (1.435 mm), electrificada. (OFE, 2007, pp.24-25).

Para mayor información ver anexo 6.

Son terminales relacionadas con los productos siderúrgicos, Trasona (Asturias) y Castellbisbal (Barcelona), con las centrales térmicas, Meirama (A Coruña) y Samper de Calanda (Teruel), y los cementos, Cosmos (León), en el ramal de Villafranca del Bierzo.

Mapa 8. Principales corredores interprovinciales de mercancías. Año 2006 (nº de vagones transportados desde estación de origen)



Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España (OFE), 2007, mapa 5.1., p.65

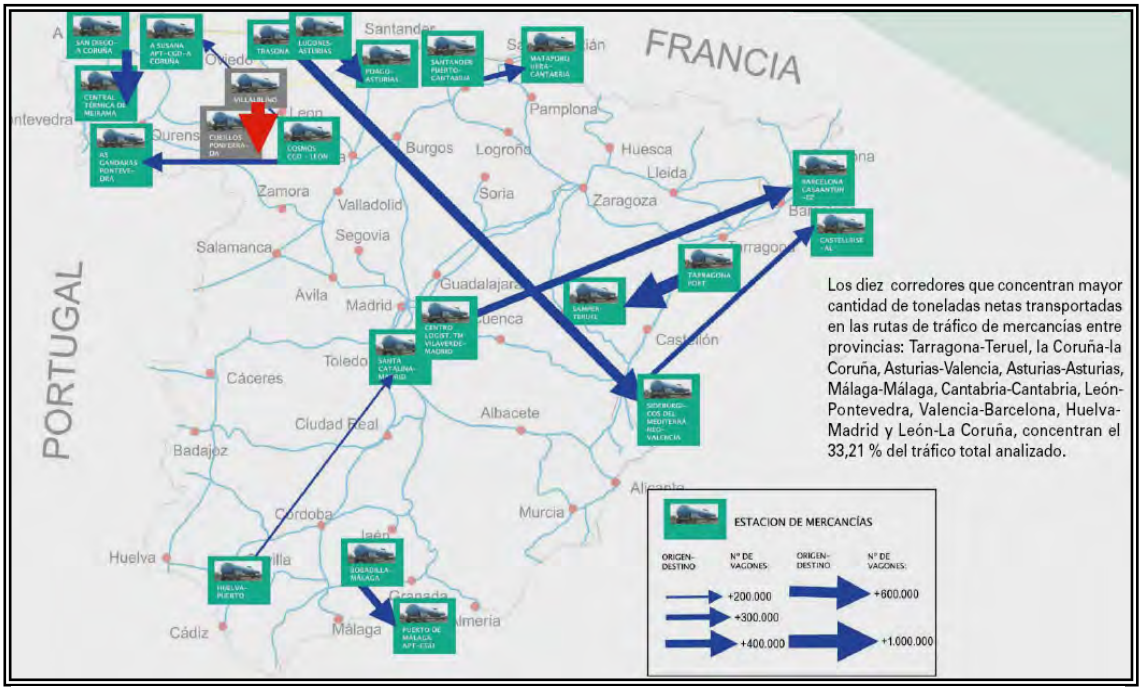
TRAFICOS DE MERCANCIAS INTERPROVINCIAL AÑO 2006

	ESTACION ORIGEN	PROVINCIA OR.	ESTACION DESTINO	PROV. DEST.	Vagones	Netas	Brutas
					0	317.448	14.796.373
1	TARRAGONA PORT	TARRAGONA	SAMPER	TERUEL	21.069	1.105.893	1.675.162
2	A CORUÑA-SAN DIEGO	LA CORUÑA	CENTRAL TERMICA DE MEIRAMA	LA CORUÑA	14.398	775.176	1.155.302
3	TRASONA	ASTURIAS	SIDERURGICOS DEL MEDIT.	VALENCIA	12.602	663.179	933.867
4	BARCELONA-CASAANTUNEZ	BARCELONA	CENTRO LOGISTICO TEM DE VILLAVERDE	MADRID	11.531	264.895	579.894
5	LUGONES	ASTURIAS	POAGO	ASTURIAS	10.655	560.628	825.287
6	PUERTO DE MALAGA APT-CGD	MALAGA	BOBADILLA	MALAGA	10.318	503.468	735.915
7	LA ALMOZARA	ZARAGOZA	TARRAGONA CLASIFICACION	TARRAGONA	9.217	85.927	246.618
8	SANTURCE PUERTO	VIZCAYA	AZUQUECA	MADRID	8.116	235.141	380.283
9	GRISEN	ZARAGOZA	LEZO-RENTERIA	GUIPUZCOA	7.924	86.481	256.193
10	TARRAGONA PORT	TARRAGONA	CASTELLBISBAL (APD)	BARCELONA	6.793	215.632	379.064
11	SANTANDER PUERTO	CANTABRIA	MATAPORQUERA	CANTABRIA	6.315	344.958	494.736
12	COSMOS CGD	LEON	AS GANDARAS (CGD)	PONTEVEDRA	6.246	328.066	462.054
13	SIDERURGICOS DEL MEDIT.	VALENCIA	CASTELLBISBAL (APD)	BARCELONA	6.124	326.704	473.696
14	ZUERA	ZARAGOZA	LA RODA DE ANDALUCIA	MALAGA	5.346	69.226	197.242
15	HUELVA-PUERTO	HUELVA	SANTA-CATALINA	MADRID	5.144	293.043	421.130
16	SESTAO-URBINAGA	VIZCAYA	IRUN CARGAS	GUIPUZCOA	4.831	253.960	359.873
17	COSMOS CGD	LEON	A SUSANA APT-CGD	LA CORUÑA	4.822	250.175	396.042
18	SANTIAGO DE COMPOSTELA	LA CORUÑA	ZARAGOZA ARRABAL-RICO Y ECHEVARRIA	ZARAGOZA	4.560	178.713	280.857
19	AS GANDARAS (CGD)	PONTEVEDRA	PINTO	MADRID	4.525	60.984	168.430
20	ZARAGOZA-ARRABAL	ZARAGOZA	GIRONA MERCADERIAS	GERONA	4.342	159.495	261.709

Fuente: Memorias de Operadores de Mercancías 2006, en OFE, 2007, tabla 5.9., p.64

En la tabla se indica las veinte relaciones con mayor número de vagones, que suponen aproximadamente el 42,74% del total del tráfico de mercancías nacional (ver mapa 8).

Mapa 9. Principales corredores interprovinciales de mercancías. Año 2006 (miles de toneladas netas transportadas desde estación de origen)



Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España (OFE), 2007, mapa, 5.2., p.66

TRAFICOS DE MERCANCIAS INTERPROVINCIAL AÑO 2006

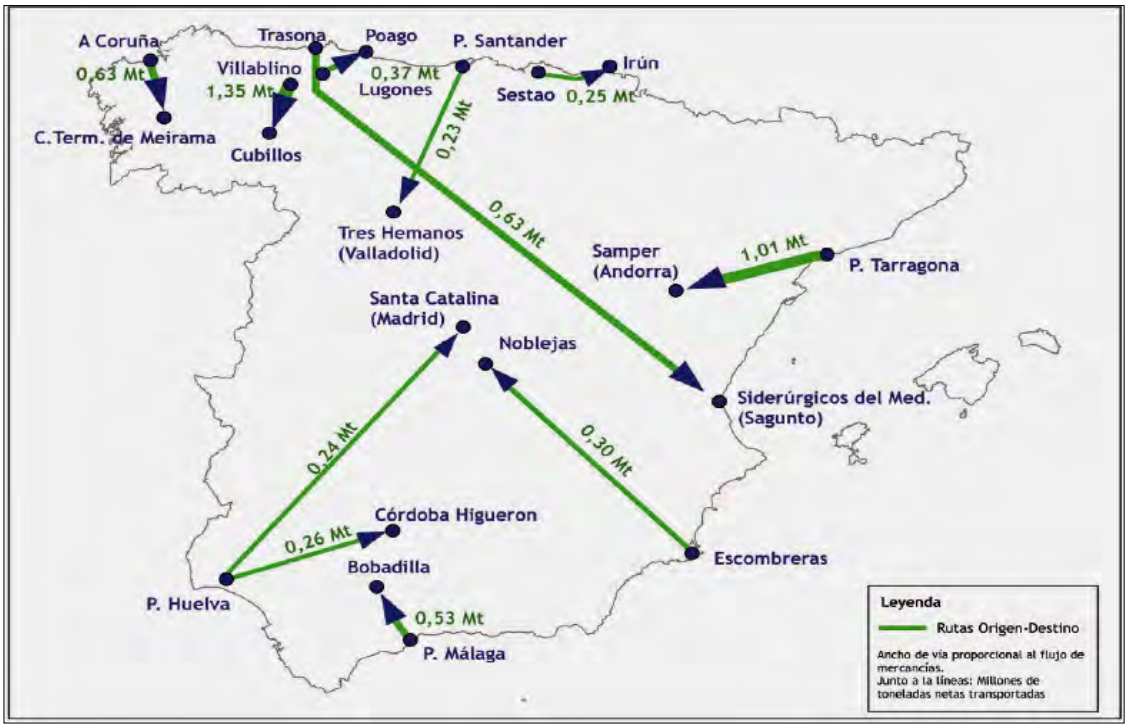
	ESTACION ORIGEN	PROVINCIA OR.	ESTACION DESTINO	PROV. DEST.	Vagones	Netas	Brutas
					0	[illegible]	[illegible]
1	TARRAGONA PORT	TARRAGONA	SAMPER	TERUEL	21.069	1.105.893	1.675.162
2	A CORUÑA-SAN DIEGO	LA CORUÑA	CENTRAL TERMICA DE MEIRAMA	LA CORUÑA	14.398	775.176	1.155.502
3	TRASONA	ASTURIAS	SIDERURGICOS DEL MEDIT.	VALENCIA	12.602	663.179	933.867
4	LUGONES	ASTURIAS	POAGO	ASTURIAS	10.855	560.626	825.287
5	PUERTO DE MALAGA APT-CGD	MALAGA	BOBADILLA	MALAGA	10.313	503.468	735.915
6	SANTANDER PUERTO	CANTABRIA	MATAPORQUERA	CANTABRIA	6.315	344.958	494.736
7	COSMOS CGD	LEON	AS GANDARAS (CGD)	PONTEVEDRA	6.245	328.066	462.054
8	SIDERURGICOS DEL MEDIT.	VALENCIA	CASTELLBISBAL (APD)	BARCELONA	6.124	326.704	473.696
9	HUELVA-PUERTO	HUELVA	SANTA-CATALINA	MADRID	5.144	293.043	421.130
10	COSMOS CGD	LEON	A SUSANA APT-CGD	LA CORUÑA	4.822	290.175	396.042
11	BARCELONA-CASAANTUNEZ	BARCELONA	CENTRO LOGISTICO TEM DE VILLAVERDE	MADRID	11.531	264.895	579.894
12	SESTAO-URBINAGA	VIZCAYA	IRUN CARGAS	GUIPUZCOA	4.831	253.980	359.873
13	SANTURCE PUERTO	VIZCAYA	AZUQUECA	MADRID	8.116	235.141	380.283
14	PORTBOU	GERONA	BARCELONA-CASAANTUNEZ	BARCELONA	4.323	233.365	337.461
15	TARRAGONA PORT	TARRAGONA	CASTELLBISBAL (APD)	BARCELONA	6.793	215.652	379.064
16	HUELVA-PUERTO	HUELVA	CORDOBA HIGUERON	CORDOBA	4.219	209.184	314.870
17	SANTANDER PUERTO	CANTABRIA	TRES HERMANOS CGD	VALLADOLID	4.300	198.743	306.567
18	HUELVA-PUERTO	HUELVA	CEMENTOS BALBOA (CGD) LA ALCONERA	BADAJOZ	3.677	193.600	290.584
19	MANRESA	BARCELONA	FLIX	TARRAGONA	3.152	184.042	259.923
20	IRUN CARGAS	GUIPUZCOA	EL SALOBRAL (CGD)	MADRID	3.749	179.845	272.053

Fuente: Memorias de Operadores de Mercancías 2006, en OFE, 2007, tabla 5.10., p.67

En la tabla se indica las veinte relaciones con mayor número de toneladas netas que suponen aproximadamente el 47,08% del total del tráfico de mercancías nacional (ver mapa 9).

La estimación que el administrador de la infraestructura realizó sobre las toneladas brutas/km transportadas sobre la red que administra, muestra que en 2007 las toneladas brutas/km de los operadores privados supusieron un 0,38% de las totales transportadas en la Red de Adif, y un 0,87 % de las totales efectuadas por trenes de mercancías (Ibidem, p.78).

Mapa 10. Principales corredores con mayor tráfico de mercancías. Año 2007 (millones de toneladas netas transportadas)



Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España, 2008, figura 6.5.2., p.109

2006			2007		
TERMINAL	Nº VAG	%	TERMINAL	Nº VAG	%
Tarragona Port	32.343	8,38	Tarragona Port	33.008	8,58
Trasona	21.816	5,66	Trasona	22.347	5,81
Grisen	19.492	5,05	Grisen	19.454	5,06
Huelva-Puerto	17.398	4,51	Santander Puerto	18.026	4,69
A Coruña-San Diego	16.342	4,24	Huelva-Puerto	17.967	4,67
Santander Puerto	16.085	4,17	A Coruña-San Diego	15.922	4,14
Cosmos CGD	12.645	3,28	Cosmos CGD	11.770	3,06
Siderurgicos del Mediterraneo (Sagunt)	11.143	2,89	Escombreras	11.393	2,96
Venta de Baños	9.762	2,53	Puerto de Málaga	10.723	2,79
Puerto de Málaga	9.725	2,52	Siderurgicos del Mediterraneo (Sagunt)	10.512	2,73
Total 10	166.751	43,23	Total 10	171.122	44,49
Resto	218.980	56,77	Resto	213.492	55,51
Total general	385.731	100	Total general	384.614	100

Fuente: datos de operadores, en OFE, 2008, tabla 6.5.6., p.108

Hay una correspondencia en la clasificación por número de vagones y toneladas. La principal relación en 2007 es entre Tarragona Port y Samper (Andorra-Teruel) con 1.019.535 toneladas, seguida por la A Coruña-San Diego a la Central Térmica de Meirama (A Coruña), con 635.823 y Trasona-Siderúrgicos del Mediterráneo (Sagunto) que alcanza a las 568.534 toneladas. Las 10 primeras relaciones suman un 28,11% del total (ver mapa 10).

Es necesario señalar, como se manifiesta en el documento fuente (OFE, 2008, p.108), que la inclusión de todos los tráficos que se realizaron en España cambia el análisis anterior, puesto que, por número de toneladas, la relación principal es la que se da en el ferrocarril Ponferrada-Villablino entre las terminales leonesas de Villablino y la Central Térmica de Compostilla en Cubillos del Sil.

En concreto, la media de toneladas transportadas en el periodo 2005-2007 entre las estaciones leonesas alcanzan 1.349.186 y sólo en 2005 el flujo entre estas estaciones es superada por el flujo entre la catalana Tarragona Port y la turolense de Samper de Calanda.

ANEXO 2. LA INDUSTRIALIZACIÓN ESPAÑOLA

DESEQUILIBRIOS EN EL DESARROLLO DE LAS REGIONES PENINSULARES

Dado el carácter inercial del proceso de acumulación es necesario referirnos, aunque escuetamente, al inicio de estos desequilibrios en el siglo XVII asociados al proceso de industrialización español; sin entrar en edades de la historia anteriores que bien podrían explicar algunos de estos desequilibrios en base a las relaciones de los distintos pobladores de España con el espacio, esto es, a sus "modos de vida" y los sistemas resultantes. Así, según Ferrer y Preciado (1981), el sistema de asentamientos, en parte heredado del pasado, fue modificado por la industrialización y los movimientos migratorios en sus componentes demográficos, espaciales y funcionales.

En principio, hay que referirse a la industrialización sin olvidar que para que triunfe una revolución industrial, según Frutos (1983), han de darse otras revoluciones que son a su vez, causa y efecto, y que le son complementarias: la de los transportes, la agraria y la demográfica.

La revolución agraria se produce con la introducción de nuevos cultivos, mejoras técnicas, mecanización, etc., estimulado todo ello por una demanda creciente de alimentos por parte de la población industrial en aumento, ligada al fenómeno de urbanización de las ciudades acelerado por el éxodo rural.

La revolución demográfica se consolida a consecuencia de la revolución agraria que produce más alimentos, haciendo que la población esté mejor alimentada, y los avances científicos que mejoran las condiciones sanitarias y reducen la mortalidad.

En lo que respecta a la revolución de los transportes hay que decir que es algo imprescindible para agilizar el comercio y con él la producción. La invención del ferrocarril no sólo supone unas comunicaciones más rápidas, sino que es motor de desarrollo para la industria siderúrgica con los efectos multiplicadores y las subsiguientes economías de aglomeración que se producen en el entorno en que se localizan. En el pasado, el ferrocarril fue un potente factor de localización industrial; las empresas se localizaban próximas al mercado o a las fuentes de materias primas dependiendo de su actividad y el tipo de bienes producidos.

La incorporación de España a la industrialización se produce, según Frutos (1983), "...tarde y de forma incompleta, iniciándose el proceso a mediados del siglo XIX y no generalizándose hasta las primeras décadas del siglo XX." , además, según la misma autora, también se caracteriza por modificar los tradicionales centros geográficos de localización industrial, por mantener un avance discontinuo con un marcado intervencionismo estatal y por una fuerte dependencia exterior.

La modificación de los tradicionales centros geográficos de localización industrial se debió a la profunda crisis del siglo XVII que llevó a la quiebra a algunos de los centros más prósperos de épocas anteriores por nuevas áreas de actividad y a las nuevas concepciones económicas sobre la producción. Esto implicará la sustitución de los antiguos centros artesanales por nuevas áreas de actividad.

Las regiones que emergen en sustitución de la deprimida Castilla son las regiones periféricas: Cataluña, la cornisa cantábrica, primero el País Vasco, posteriormente, Asturias y Santander, y la zona andaluza, sobre todo, Málaga y Sevilla. Su situación en la costa les facilita la recepción de tecnología y materias primas además de poseer capitales de origen agrario o indiano, algunos recursos mineros y hombres emprendedores capaces de aprovechar la coyuntura.

A mediados del siglo XIX la industria fabril aparece muy desigualmente repartida. Únicamente hay dos regiones con niveles superiores a la media, Cataluña y Andalucía.

A principios del siglo XX, el incremento industrial en Cataluña, impulsado por la rama textil, acentuó los desequilibrios. Valencia tomó el relevo a Andalucía, que pierde-constantemente a partir de aquí- peso en su contribución al PIB nacional. La siderurgia se afianza en Vizcaya y Castellón mediante el desarrollo de nuevas tecnologías, altos hornos en 1902 y 1917, respectivamente y en Asturias por la capacidad de empuje de la industria extractiva del carbón. Al estallar la primera guerra mundial la industrialización periférica, también llamada primera revolución industrial, estaba consolidada.

Hasta la Guerra Civil, en 1936 y, posteriormente, durante el periodo de autarquía hasta los años sesenta, Cataluña, El País Vasco y Asturias, según Ferrer y Preciado (,1981) satisficieron "la escasa demanda de un país esencialmente agrario con niveles de renta y de consumo muy bajos"(...)" en productos siderometalúrgicos, de base y transformados".

Las transformaciones estructurales que se producen en la industria durante el periodo desarrollista de la dictadura, la llamada segunda revolución industrial, y que significan el fin de la etapa autárquica, contribuyen a aumentar las desigualdades a pesar de los intentos para reducirlas que se llevaron a cabo por medio del "Plan de Estabilización" y sus "Planes de Desarrollo". En concreto el de 1964, que crea los "Polos de Promoción y Desarrollo Industrial", basados en la "Teoría de los Polos de Crecimiento" de Perroux, para disminuir las desigualdades entre regiones y que no tuvo los efectos deseados.

Los criterios de localización fueron: ciudades que teniendo ya una cierta actividad industrial estuviesen situadas en regiones con bajo nivel de renta, una excesiva dependencia de la agricultura y fuerte emigración. Los Polos de Desarrollo fueron: Burgos, Huelva, La Coruña, Sevilla, Valladolid, Vigo, Zaragoza, Granada, Córdoba, Oviedo, Logroño y Villagarcía de Arosa.

Según Cuadrado Roura (1987), se pretendía crear unas economías externas de aglomeración que atrajeran a los empresarios, pero en la mayoría de los polos la solución de los más elementales problemas de infraestructura o bien llegaron tarde o no llegaron nunca. También, reforzaron el centralismo de las capitales creando fenómenos de macrocefalia y difuminando o eclipsando los movimientos centrífugos difusores del desarrollo económico. Esto último parece bastante claro en los casos de Madrid o Zaragoza.

En 1973 la imagen es muy distinta de la de 1900. Ciertas especializaciones son aún visibles, textil catalán, alimentarias en Canarias, Extremadura, León y Andalucía, si bien en Navarra, Aragón y Castilla-La Mancha supera la media española, siderometalúrgica en Asturias y País Vasco, etc. Las otras ramas industriales también han progresado y, en algunas ocasiones, han configurado o renovado la industria de ciertas regiones. Así, la química en Murcia y Cataluña, el cuero, calzado y confección en Baleares y Valencia.

La crisis energética internacional de 1973, con efectos claros en la economía española a partir de 1975 y una segunda crisis en 1979, tuvieron como consecuencia una política de reconversión industrial tanto sectorial como de carácter geográfico con la figura de las "zonas de urgente reindustrialización" para ayudar a la áreas industriales tradicionales más afectadas por la crisis: Madrid, Barcelona, Bilbao, Asturias, Cádiz, Vigo y Ferrol.

A partir de 1986 y hasta 1990 es un periodo de expansión, según Tamames (1994), al que contribuye de "...manera decisiva el ingreso de España en la Comunidad Económica Europea..." .

El proceso de transformación de la industria española, identificado por algunos como la tercera revolución industrial, se produce, para Gil Olcina y Gómez Mendoza (2001) de forma acelerada y profunda.

Porque los cambios generados supusieron una "....progresiva globalización de los mercados y las estrategias empresariales (Dicken, 1998), la consolidación del paradigma tecnológico informacional que da paso a un espacio de redes o un tercer entorno (Castells, 1997 ; Echevarría, 1999), una nueva organización productiva que algunos denominan posfordista o flexible (Piore y Sabel, 1990), y una desregulación del sistema que reduce la presencia industrial del Estado en forma de privatización de empresas públicas y menor proteccionismo (Rallet y Torre [dirs.], 1996, Méndez, 1997; Storper, 1997). En este contexto surge ahora una nueva geografía industrial de España.....".

El nuevo mapa industrial se va a caracterizar por la desconcentración selectiva. Según los anteriores autores, a la importancia de la difusión difusión axial (Ejes del Arco Mediterráneo y del Ebro), "...se suma otra de carácter jerárquico, que modifica la relación entre áreas urbanas y rurales..." invirtiéndose la tendencia que había hasta 1980 de una correlación positiva entre tamaño urbano y tasa de crecimiento industrial, registrándose las mayores tasas de crecimiento en los núcleos más pequeños.

La accesibilidad a los principales mercados urbanos y los factores clásicos de localización ayudan a explicar la dinámica industrial de algunas áreas rurales, pero también los recursos específicos de carácter local que han hecho posible "...el desarrollo de sistemas productivos especializados, formados por redes de pequeñas empresas, especialmente numerosas en las regiones mediterráneas y de la mitad sur peninsular (Climent, 1997).".

ANEXO 3. CUESTIONES MEDIOAMBIENTALES

El término “medio ambiente” surge en la Conferencia de Naciones Unidas sobre medio ambiente desarrollada en Estocolmo en el año 1972. Tanto la Conferencia como la definición son importantes porque se adopta un enfoque ecológico de la Tierra y la preservación del medio para que sus pobladores consigan una mayor calidad de vida.

En esta Conferencia se aprobó el Programa de Acción que conlleva 109 recomendaciones para la cooperación internacional en materia ambiental, conocida como la *Declaración de Estocolmo*. También fue resultado de la Conferencia de Estocolmo la creación del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Según esta definición, el medio ambiente es el “conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas.”

Prueba del enfoque ecológico y las bases de la creciente preocupación por los temas ambientales es el propio texto de la Declaración del que extraemos dos párrafos para ilustrar estas afirmaciones:

“A nuestro alrededor vemos multiplicarse las pruebas del daño causado por el hombre en muchas regiones de la Tierra: niveles peligrosos de contaminación del agua, el aire, la tierra y los seres vivos; grandes trastornos del equilibrio ecológico de la biosfera; destrucción y agotamiento de recursos insustituibles y graves deficiencias, nocivas para la salud física, mental y social del hombre, en el medio por él creado, especialmente en aquel en que vive y trabaja” (*Declaración de Estocolmo 1972,* Punto 3).

“Las políticas ambientales de todos los Estados deberían estar encaminadas a aumentar el potencial de crecimiento actual o futuro de los países en desarrollo y no deberían coartar ese potencial ni obstaculizar el logro de mejores condiciones de vida para todos.” (*Declaración de Estocolmo 1972,* Principio 11).

Relacionado también con los conceptos de medio ambiente y desarrollo sostenible, esta el documento *Nuestro Futuro Común*, conocido como *Informe Brundtland*, que se elaboró en Nairobi en 1987 como resultado de la cuarta sesión de la Asamblea General de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, creada por las Naciones Unidas y que trató el tema del medio ambiente en el marco del desarrollo y la cooperación económica internacional.

Este informe, de carácter socioeconómico, fue el primer intento de conciliar desarrollo y sostenibilidad y en él se utilizó por primera vez el término “Desarrollo Sostenible”, que es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

En el informe, que se ha convertido en referencia mundial para la elaboración de estrategias y políticas de desarrollo sostenible, se destaca la incompatibilidad entre los modelos de producción y consumo vigentes en los países desarrollados y el uso racional de los recursos naturales y la capacidad de soporte de los ecosistemas.

Posteriormente, por citar sólo algunos ejemplos importantes, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo realizada en 1992 en Río de Janeiro, llamada *Cumbre de la Tierra,* se produjo la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, un conjunto de principios que define los derechos y deberes de los Estados. Sentó también las bases para varias iniciativas importantes en otras áreas fundamentales del desarrollo sostenible como la desertificación y temas relacionados con la biodiversidad. También surgió el concepto de consumo y producción sostenibles, que se verá más adelante en el subsistema económico.

Además, en esta cumbre, los acuerdos alcanzados permitieron adoptar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático –en vigor desde 1994— que permite, entre otras cosas, reforzar la conciencia pública a escala mundial de los problemas relacionados con el cambio climático.

En 1997, los gobiernos acordaron incorporar una adición a la Convención Marco, conocida con el nombre de Protocolo de Kyoto, que cuenta con medidas más enérgicas y jurídicamente vinculantes, para lograr una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en un plazo suficiente para que los ecosistemas se adapten de forma natural al cambio climático.

Actualmente, ya se está trabajando para cuando expire en 2012 el citado Protocolo. Así, en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el clima celebrada en diciembre de 2007 en Bali (Indonesia), se han presentado algunas propuestas para incluir en una hoja de ruta que permita avanzar después de la fecha en que finalice la validez del Protocolo de Kyoto.

En la Conferencia se subraya "la urgencia" de una acción internacional frente al calentamiento del planeta y se encarga a un equipo de expertos internacionales que estudie la evolución del clima.

También se han tomado decisiones, entre las que destaca, la de alentar a los países a luchar contra la deforestación y la degradación de los bosques con la perspectiva de dar un precio a cada tonelada de dióxido de carbono que no se emita a la atmósfera.

Como se puede apreciar de lo dicho sobre el medio ambiente hasta ahora, existe una preocupación creciente, tanto por parte de los ciudadanos, como de los Estados y la Unión Europea, si bien, según Pérez (Pérez 1997, p.18), esta inquietud se remonta a los estudiosos de la naturaleza que acompañaban a los conquistadores del siglo XVII en sus travesías en busca de nuevas tierras.

En lo que respecta a la atmósfera, para la Comisión Europea la consecución de los objetivos definidos en el protocolo de Kyoto para disminuir las crecientes emisiones de CO_2 y otros gases de efecto invernadero en el territorio de la Unión Europea en un asunto prioritario.

Para conseguir estos objetivos, entre otras medidas, lanzó en el año 2000 el *Programa Europeo del Cambio Climático* y en el año 2005 el *Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea*. Es un sistema mediante el cual se establece unas cuotas que marcan el límite de emisión anual de CO_2 para centrales eléctricas y grandes plantas consumidoras y la posibilidad de comprar por unas empresas la parte de las cuotas no emitidas por otras empresas.

Así mismo, para disminuir la contaminación atmosférica y mejorar la calidad del aire se puso en marcha el Sexto Programa de Acción Ambiental de la Unión Europea 2002-2012 titulado *Environment 2010. Our Future, Our Choice* acordado en 2001 y que se centra principalmente en temas de procedimiento, o la Iniciativa *Clean Air for Europe* iniciada también en 2001 y que constituye el centro de todos los esfuerzos para reducir la contaminación.

En relación al suelo, la Comisión Europea está tratando de contener los efectos negativos sobre el suelo como erosión, desertificación, pérdida de materia orgánica, salinización, etc que afectan a la salud humana, los ecosistemas, al cambio climático e, incluso, a la economía.

Existen diversas Políticas Comunitarias y Directivas para la protección del suelo, pero solo unos pocos países tienen legislación al efecto. En esta línea, resulta interesante la Comunicación de la Comisión Europea *Estrategia temática para la protección del suelo* COM (2006) 231 final, ya que la Comisión considera imprescindible disponer de una estrategia global de la Unión Europea para la protección del suelo.

En lo referente al agua, es también muy importante para la UE la protección de los recursos hídricos del planeta, el acceso al agua, en cantidad y calidad, de la población, la contaminación de mares y ríos. Son fundamentales la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) y la Directiva Marco del Medio Marino (2008/56/CE).

Con la primera Directiva, la Unión Europea quiere organizar la gestión de las aguas superficiales, continentales, de transición, costeras y subterráneas, con el fin de prevenir y reducir su contaminación, fomentar su uso sostenible, proteger el medio acuático, mejorar la situación de los ecosistemas acuáticos y paliar los efectos de las inundaciones y de las sequías.

Con la segunda, entre otras cosas, pretende promover la integración de las consideraciones medioambientales en todas las políticas pertinentes y proporcionar el pilar medioambiental para la futura política marítima de la Unión Europea.

Sobre la biodiversidad, la Unión Europea es también un elemento importante a nivel mundial. De la convención de Naciones Unidas, celebrada en Río de Janeiro en 1992 en el marco de la Cumbre de la Tierra, surge el Convenio sobre Diversidad Biológica que es suscrito, entre otros, por la Unión Europea.

Este Convenio busca asegurar la conservación y el uso sostenible de la diversidad de especies, los hábitats y ecosistemas que hay sobre el planeta. En el año 2003 entro en vigor para los países firmantes del Convenio el Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología para la diversidad biológica y la salud humana, que ha sido implementado en la Unión Europea con una serie de medidas legislativas para mejorar significativamente la pérdida de biodiversidad en su territorio para el año 2010.

ANEXO 4. ELEMENTOS DE TRANSPORTE EN EL SUBSISTEMA POLÍTICO

A continuación, se enumeran los elementos que se consideran más importantes que tienen influencia en el subsistema de transporte, si bien, no es intención desarrollar un registro exhaustivo y en profundidad de estos elementos. Algunos de ellos también se describen según el mismo principio pero aplicado al subsistema ferrocarril que es el objeto de la tesis.

SUBSISTEMA INSTITUCIONAL NACIONAL

Administración General del Estado

Ministerio de Fomento

Corresponde al Ministerio de Fomento la propuesta y ejecución de la política del Gobierno en materia de infraestructuras y de transporte terrestre de competencia estatal, aéreo y marítimo, con excepción de las atribuídas en materia de protección en el mar al Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Su estructura orgánica básica está desarrollada en el R. D. 1476/2004 de 18 de junio. (También R. D. 432/2008, de 12 de abril y R. D. 438/2008 de 14 de abril, sobre reestructuración de ministerios). (ver cuadro 1).

- Órganos superiores y directivos
  - Secretaría de Estado de Planificación y Relaciones Institucionales
    - Dirección General de Planificación
  - Secretaría de Estado de Infraestructuras
    - Dirección General de Carreteras
    - Dirección General de Ferrocarriles (Artº 5, R. D.1476/2004

Su función es la gestión de los asuntos relativos a la contratación, adquisiciones, expropiaciones y tramitación de los correspondientes expedientes de gasto, así como la iniciativa y propuesta de disposiciones en materias propias del ámbito de actuación del órgano directivo. Su estructura es:

- Subdirección General de Planes y Proyectos

  Tiene las siguientes funciones:

  La elaboración de los anteproyectos de presupuesto en relación con las inversiones ferroviarias así como su control y ajuste y el seguimiento de la ejecución presupuestaria.

  La elaboración, seguimiento, supervisión y control de la planificación operativa de infraestructuras ferroviarias y de los correspondientes planes ferroviarios.

  La elaboración, seguimiento, supervisión y control de estudios informativos y de anteproyectos y proyectos ferroviarios, y la elaboración de proyectos de delimitación y utilización de espacios ferroviarios.

- Subdirección General de Construcción

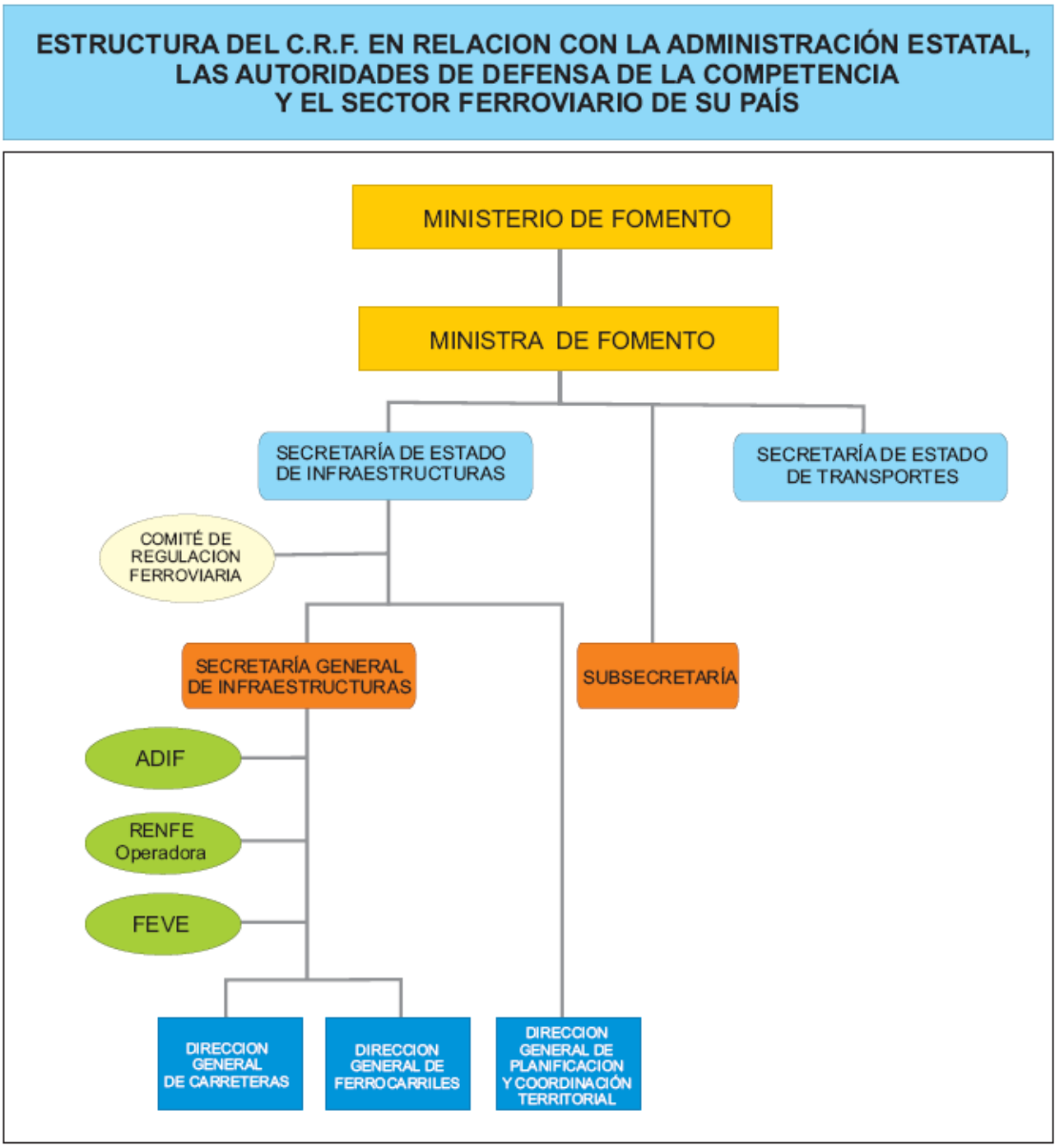
  Con la función de la gestión y control de la ejecución de las obras de infraestructuras ferroviarias de su competencia, velando por su calidad, el seguimiento técnico y el control económico de las obras y sus incidencias

- División de Regulación, Inspección y Normativa del Transporte Ferroviario

Sus funciones son: La elaboración de los proyectos de disposición de carácter general en materia de ferrocarriles y la coordinación con otros órganos administrativos y entidades públicas en esta materia.

La regulación, ordenación e inspección del transporte ferroviario, de acuerdo con la legislación vigente, así como, el seguimiento del contrato-programa con RENFE y FEVE.

Cuadro 1: Estructura del C.R.F



- Subsecretaría de Fomento
  - Secretaría General Técnica
- Secretaría General de Transportes
  - Dirección General de Transportes por Carretera
  - Dirección General de la Marina Mercante
  - Dirección General de Aviación civil

- Órganos Colegiados
  - Comité de Regulación Ferroviaria (CRF)

    Tiene encomendadas funciones de supervisión de la competencia del mercado ferroviario, para salvaguardar la pluralidad de la oferta y garantizar la igualdad entre empresas en las condiciones de acceso al mercado y desarrollo de su actividad.

Fuente: http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/ORGANOS_COLEGIADOS/CRF/comite_ferroviario_pdf.htm

  - El Consejo Nacional de Transportes Terrestres (CNTT)

    Es un órgano superior de la Administración para asesoramiento, consulta y debate sectorial en asuntos que afecten al funcionamiento del sistema de transportes.

  - La Comisión para la Coordinación del Transporte de Mercancías Peligrosas (CCTMP)

    Es un órgano consultivo creado en el año 1981 que se regula actualmente por el RD 1256/2003.

  - El Consejo de Obras Públicas (COP)

    Es el órgano colegiado superior, de carácter técnico, asesor y consultivo de los Ministerios de Fomento y de Medio Ambiente en materia de obras públicas relacionadas con la construcción, explotación, gestión y conservación de sus infraestructuras, el dominio público vial, hidráulico y marítimo-terrestre, la vivienda y el urbanismo, los transportes terrestres y el medio ambiente.

- Otros órganos, entes, sociedades, comisiones y agencias
  - Puertos del Estado y Autoridades Portuarias

    Es un Organismo Público dependiente del Ministerio de Fomento con responsabilidades globales sobre el conjunto del sistema portuario de titularidad estatal, encargado de la ejecución de la política portuaria del gobierno y de la coordinación y control de eficiencia del sistema portuario. Formado por 28 Autoridades Portuarias en las que se engloban los 44 puertos de interés general existentes; las facultades las ejerce en nombre del Estado en virtud de lo dispuesto en la Ley 27/1992, de 24 de noviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, modificada por la Ley 62/1997, de 26 de diciembre.

  - La Comisión Nacional de Salvamento Marítimo, creada por el Real Decreto 1217/2002, de 22 de noviembre.

  - La entidad pública empresarial Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR).

  - Aeropuertos Españoles y Navegación aérea (AENA)

    La Entidad Pública Empresarial Aena tiene personalidad jurídica propia e independiente de la del Estado, plena capacidad jurídica, pública y privada, y patrimonio propio. Se rige por lo dispuesto en el Real Decreto 905/1991, de 14 de junio, por el que se aprueba el Estatuto de dicha Entidad. Su objeto será, pues, la gestión de los aeropuertos civiles de interés general y de las instalaciones y redes de ayudas a la navegación aérea.

  - Comisión de investigación de accidentes e incidentes de aviación civil (CIAIAC). La Comisión de Estudio y Análisis de Notificaciones de

Incidentes de Tránsito Aéreo (CEANITA). La Sociedad para las Enseñanzas Aeronáuticas Civiles (SENASA).

oComisión para la Coordinación del Transporte de Mercancías Perecederas. R. D. 1010/2001 de 14 de septiembre.

oComisión para la coordinación de las actividades ferroviarias.

Se crea el 17 de enero de 2005; está adscrita a la Secretaría de Estado de Infraestructuras y Planificación.

El estudio y propuesta de medidas orientadas a la mejora del sistema ferroviario y a la coordinación de las actividades ferroviarias en especial de aquellas relacionadas con la administración de la infraestructura y la operación del transporte. En el ámbito de estas funciones la Comisión prestará especial atención a los aspectos relacionados con la calidad del servicio y la seguridad de la circulación.

La coordinación de las actuaciones del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) y de RENFE Operadora.

La intervención y, en su caso, la resolución de los conflictos que puedan suscitarse entre las dos entidades públicas empresariales citadas, como consecuencia de los cambios organizativos, estructurales y funcionales introducidos por Ley del Sector Ferroviario.

El conocimiento y consideración de los temas relacionados con la aplicación de la normativa del sector ferroviario, tanto en sus aspectos económicos como financieros y jurídicos, y en su caso, de las diferentes interpretaciones de la misma que puedan plantearse, así como, la elaboración de recomendaciones y propuestas sobre aquellos aspectos que sean sometidos a su consulta.

Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre (SEITT)

Es una sociedad mercantil estatal creada según la Ley de Patrimonio de las Administraciones Públicas. Tiene como uno de sus principales objetivos la gestión y el control de la construcción de infraestructuras de transporte terrestre (ferrocarril y carreteras) de titularidad estatal.

Esta entidad será responsable de la contratación de las obras, cuya financiación se realizará con cargo a sus presupuestos, mientras que Adif será el responsable de la dirección de las obras. Fue constituida el 30 de noviembre del 2005.

Administración autonómica

Aragón ha legislado en materia de sus competencia, como por ejemplo laLey 7/1998, de 16 de julio, por la que se aprueban las Directrices Generales de Ordenación Territorial para Aragón, Ley 8/1998, de 17 de diciembre, de Carreteras de Aragón o Ley 17/2001, de 29 de octubre, sobre la Plataforma Logística de Zaragoza.

Administración Local

En Zaragoza el Excmo. Ayuntamiento ha dictado ordenanzas municipales y reglamentos, como por ejemplo, la Ordenanza General de Tráfico del de Zaragoza de 19/02/2005 o la Ordenanza Municipal sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas de 12/02/1986.

Subsistema institucional europeo

Comisión Europea

Sus funciones son: proponer legislación al Parlamento y al Consejo. Gestionar y aplicar las políticas de la UE y el presupuesto. Hacer cumplir la legislación europea.

Representar a la Unión en la escena internacional. De las 17 Direcciones Generales de políticas de la Comisión Europea las que afectan más directamente al sistema de transportes son:

oDirección General de Energía y Transportes

Además de la elaboración de las políticas comunitarias de transportes y energía, y de ocuparse también de ayudas estatales, la Dirección General es responsable de la gestión de los programas de apoyo financiero para las redes transeuropeas de transporte, el desarrollo tecnológico y la innovación.

Consta de seis agencias y tres Subdirecciones Generales con once direcciones, entre las que se encuentran:

- Subdirecciones Generales
  - Transportes Terrestres
  - Transporte Aéreo
  - Transporte Marítimo, Galileo y Transportes Inteligentes
  - Logística del transporte, redes transeuropeas y comodadlidad
  - Fuentes renovables de Energía, eficiencia energética e innovación
- Agencias Ejecutivas

  oRed Transeuropea de Transportes, *Trans-European Transport Network Executive Agency* (TEN-TEA)

  La Agencia Ejecutiva de la Red Transeuropea de Transporte fue creada por la Decisión de la Comisión Europea de 16 de octubre de 2006 (2007/60/EC) para la administración de los fondos disponibles de la Unión Europea y para la promoción de la red transporte-Europea del transporte. De 2000 a 2006 los fondos estaban a cargo de los proyectos TEN-T.

  oAgencia Ejecutiva de Competitividad e Innovación, *Executive Agency for Competitiveness and Innovation* (EACI)

  Esta Agencia, operativa desde 2005, dirige los proyectos y eventos financiados por dicho programa y publica los conocimientos y las mejores prácticas resultantes de éstos, lo que da al programa un enfoque más nítido y una mayor visibilidad.
- Otras Agencias

  oAgencia Ferroviaria Europea, *European Railway Agency* (ERA)

  La Agencia Ferroviaria Europea fue puesta en marcha para ayudar a crear un área ferroviaria integrada reforzando la seguridad y la interoperabilidad (Norma (ec) nº 881/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 april 2004).

  Su tarea principal es desarrollar patrones técnicos y aproximaciones a la seguridad económicamente viables, trabajando estrechamente con las partes interesadas del sector ferroviario, las autoridades nacionales y las instituciones europeas. También actúa como la autoridad para el proyecto de sistema europeo de gestión de tráfico ferroviario, que ha sido puesto en marcha para crear una señalización estándar única a través de Europa.

  oAgencia Europea de Seguridad Aérea, *European Aviation Safety Agency* (EASA)

  Es un organismo al que le han sido asignadas tareas específicas de reglamentación y ejecución en el ámbito de la seguridad aérea se creó

en virtud del Reglamento (CE) nº 1592/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de julio de 2002 (DO L 240 de 7 de septiembre de 2002, derogado por el Reglamento (CE) nº 216/2008).

oLa Agencia Europea de Seguridad Marítima, *European Maritime Safety Agency* (EMSA)

Asiste a la Comisión y a los Estados miembros en materia de seguridad marítima y prevención de la contaminación causada por los buques y, para ello, vela por la aplicación correcta de la normativa europea y fomenta la cooperación entre los Estados miembros Regulation (EC) nº 1406/2002 of 27 June 2002.

oÓrgano de Vigilancia del del GNSS Europeo, *European GNSS Supervisory Authority* (GSA)

Bajo el acrónimo de GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) se engloban todas las técnicas de posicionamiento mediante satélites.

La más conocida de ellas es el GPS (*Global Positioning System*) pero hoy en día existen tanto de forma combinada como aislada otras técnicas disponibles como GLONASS, EGNOS, WAAS, MSAS y el futuro sistema GALILEO. Los sistemas GNSS cubren todas las posibilidades de posicionamiento mediante satélites.

(http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/matthias_ruete/organigram_en.html)

Otras organizaciones internacionales

Organización Internacional de Aviación Civil, Internacional Civil Aviation Organization (ICAO)

Es una Agencia de la Organización de Naciones Unidas creada en 1944 y que agrupa a representantes de los Estados miembros de todo el mundo. Es el organismo encargado de regular los métodos y procedimientos de la aviación civil internacional y características físicas de los aeropuertos.

Organización Marítima Internacional, International Maritime Organization (IMO)

Es un organismo de la Organización de Naciones Unidas especializado exclusivamente en asuntos marítimos; fue creado en 1959. Los objetivos de la Organización proporcionar un sistema de cooperación entre los Gobiernos en la esfera de la reglamentación y de las prácticas gubernamentales relativas a cuestiones técnicas de toda índole concernientes a la navegación comercial internacional. También alentar y facilitar la adopción general de normas tan elevadas como resulte factible en cuestiones relacionadas con la seguridad marítima, la eficiencia de la navegación y la prevención y contención de la contaminación del mar ocasionada por los buques.

ANEXO 5. METODOLOGÍA PARA ESTABLECER ÁREAS DE INFLUENCIA MODELOS GRAVITATORIOS

Según Mérenne, (1996), en la estimación de las áreas de mercado existen principalmente tres tipos de métodos: los modelos gravitatorios, las curvas de isocronas y las encuestas sobre la población.

La diferencia fundamental entre ellos es, como señala la autora, que si bien los dos primeros métodos permiten realiza una estimación del potencial de mercado de un Centro Comercial dado respecto a otros competidores, el método de las encuestas es el único que permite una aproximación a la realidad, puesto que se fundamenta en el conocimiento del comportamiento individual de los encuestados, si bien, esto va a requerir pesadas encuestas y un cuestionario preciso.

Los modelos gravitatorios son el fundamento de los llamados Modelos de Interacción Espacial, cuyo objetivo es modelizar todo movimiento o comunicación sobre el espacio, resultante de un proceso de decisión; esto implica un origen, un destino y el movimiento resultante de la elección que hace el origen del destino. Todos estos modelos tienen muchos campos de aplicación.

Existen diversos modelos de gravedad. Dos de los más sencillos de aplicar, y que serán los presentados aquí, son el de Reilly y el de Huff. Algunos otros modelos son: Modelo Multiplicativo de Interacción Competitiva, de Nakanishi y Cooper (1974); Modelo Logit Multinomial de McFadden (1974), Modelo Logit de Destinos Competitivos de Fotheringham y O'Kelly (1989). Hay que puntualizar que no todos los modelos son aplicables a cada caso.

EL MODELO DE REILLY

Como explican Berry y Parr, (1988), Reilly argumentó que la física newtoniana constituía una respuesta para estimar las áreas de mercado sin la necesidad de encuestar a los usuarios o clientes acerca de sus preferencias. Hannik, (1997), explica la "Ley de la Gravitación Universal de Reilly", basada en la idea de que un lugar atrae el comercio del área circundante en una relación directamente proporcional a la población del lugar e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Para este autor, hay una diferencia con el modelo gravitatorio que evalúa la interacción espacial entre dos lugares para que se produzcan flujos y se genere una demanda de transporte y es, que solo hay atracción en un sentido, no en ambos.

Por otra parte, es conveniente puntualizar que el tamaño de las ciudades, según Del Canto, Gutiérrez y Pérez (1998), puede ser medido en otras magnitudes como empleo, volumen de ventas etc. De la misma forma la distancia también se puede evaluar en tiempo o costes. La formulación del modelo es:

$$R_i = P_i / D_i^2$$

Donde:

R_i , es el atractivo comercial de un lugar .

P_i , es la población del lugar.

D_i , es la distancia hasta el lugar y desde el punto considerado como origen del desplazamiento con fines comerciales.

El resultado de la fórmula nos dará la proporción de desplazamientos que se realizarán desde la población origen hasta la población en que se pueda adquirir un bien de rango superior y que se encontrará en la ciudad, también de rango superior en la jerarquía de lugares centrales. Obviamente la influencia de un determinado lugar se reducirá con la distancia.

El " punto de ruptura " ó " *market breakpoint* ", se refiere a la localización en la que, según Hannink (1997), la atracción entre las dos áreas de influencia son iguales y por lo tanto delimita una frontera que estará situada a unas determinadas distancias de ambas ciudades competidoras. Fue un concepto que introdujeron Converse y Fetter posteriormente en la teoría de Reilly, (Berry y Parr , 1988). Este punto es el que define el límite del área de mercado. El cálculo de este punto se realiza con la fórmula siguiente:

$$B_A = D_{AC} / 1 + (P_C/P_A)^{1/2}$$

B_A , es el punto de ruptura

D_{AC} , es la distancia entre dos centros comerciales (Ay C)

P_C y P_A , es la población de A y C, respectivamente.

Esta ecuación se pensó que podría aplicarse de igual modo a las áreas de mercado del medio urbano como a las del medio rural. Pero según Mérenne, (1996), es más idóneo para la aplicación sobre el medio rural, donde la distancia efectivamente sí que actúa como un factor decisivo y, además, el número de establecimientos comerciales es menor, resultando una oferta mucho más restringida y menos variada que la de las ciudades donde la heterogeneidad en todos los sentidos es mucho mayor. De este modo, es en el medio rural donde podemos encontrar un comportamiento de tipo determinista del consumidor, ya que el consumidor, acudirá al centro más cercano para satisfacer su demanda y minimizar la fricción de la distancia.

EL MODELO DE HUFF

Se trata de un modelo probabilista para estimar las áreas de mercado. Tiene en cuenta la incertidumbre que incluye en el modelo el comportamiento del consumidor a la hora de elegir el establecimiento comercial al que acudir.

Según Hannik, (1997), en el modelo del Huff, las áreas de mercado se configuran, no como en el modelo de Reilly, con dos de las bases de la interacción espacial, sino con las tres: La oportunidad mediadora, (*intervening opportunity*), la complementariedad, (*complementarity*), y la transferibilidad, (*transferability*).

La oportunidad mediadora introduce la posibilidad de elección del consumidor entre los diferentes establecimientos comerciales o, en este caso, diferentes Plataformas Logísticas.

La complementariedad es la medida del establecimiento en términos de superficie de ventas, en este caso de servicios, que se traduce en una mayor variedad y volumen de los bienes (servicios) ofertados.

La transferibilidad, es la medida del tiempo de desplazamiento necesario hasta llegar al centro comercial; al aplicar el modelo sobre el espacio urbano son las condiciones de tráfico o la ruta elegida y, por tanto, el tiempo transcurrido, los determinantes de la atracción que ejerce un centro comercial y no la distancia física que es necesario recorrer para llegar a él, como ocurría en el modelo de Reilly. La formulación del modelo de Huff es :

$$P(C_{ij}) = (S_j / T_{ij}^k) / \sum (S_j / T_{ij}^k)$$

Donde:

$P(C_{ij})$ es la probabilidad de que un consumidor se desplace para comprar desde el origen i hasta el centro comercial j.

S_j la superficie de ventas del centro comercial.

T_{ij}^k el tiempo de viaje desde el origen i al centro comercial j.

K la constante que varía según el caso, para calibrar el tiempo de viaje.

El resultado calcula la probabilidad de que el consumidor tome la decisión de acudir o no a un determinado centro comercial, siendo esto consecuencia de haber comparado las cualidades de dicho centro respecto a los demás centros comerciales.

La suma de todas las probabilidades será uno, ya que se tienen en cuenta todos los centros comerciales.

La ventaja de este modelo es que se tiene en cuenta el comportamiento real del consumidor. Otra ventaja, es la posibilidad que tiene, según Mérenne (1996), de compartimentar un territorio en zonas que tengan la misma probabilidad de frecuentar un centro comercial dado, lo que facilita su visualización mediante mapas de isopletas.

El modelo de Huff, se aplica principalmente en aquellos casos en que existe duda sobre la gravitación de un municipio sobre más de dos áreas de influencia.

DISEÑO DEL MODELO

El punto de partida para la elaboración del modelo, es el modelo de Huff, pero modificado, ya que el atractivo de una Plataforma Logística no se puede valorar sólo con su superficie, hay otros factores como los servicios ofertados que también es necesario considerar.

Es por esto que se van a considerar todas las variables que puedan influir pero ponderando su peso. Las variables se tomarán en escala de intervalo asignando el valor 1, o el que se determine en la ponderación, al valor máximo. Así por ejemplo, las superficies de las Plataformas Logística pueden ir referidas a la superficie de la mayor, que será la que tome el valor máximo en la ponderación, o bien, según su peso en la superficie total de todas las Plataformas Logísticas. De la misma forma se actuará con todas las variables según extensión, número de empleados, etc.

Por otra parte, la fricción de la distancia no sólo está en función del tiempo de transporte o de sus costes, tomados de forma independiente, sino, de ambos; dependerá de las necesidades de la empresa y de la sensibilidad de la mercancía transportada, por lo tanto, habría que considerar las dos.

Además ambos factores están interrelacionados, es por esto, que o bien se incluyen los dos o bien se realiza un análisis de componentes principales para ver cuál de ellos explica mejor la fricción de la distancia. Obviamente aquí, se opta por la primera opción, pero sería muy interesante contar con datos reales para realizar ese análisis estadístico.

En el resultado final habrá áreas de influencia que se solapen, formando áreas de indiferencia. En ese caso si que se puede utilizar el modelo de Reilly, modificado por Converse y Fetter (Berry y Parr, 1988), considerando el factor distancia de la forma más conveniente para las necesidades de la empresa, de la misma forma que el factor población, ya que para este último se puede utilizar el criterio de dirigirse hacia una aglomeración urbana o el contrario, dependiendo también de las necesidades de la empresa.

Puede ser más interesante utilizar en lugar de la población el Producto Interior Bruto total, o en el sector que más nos interese, o el volumen de tráfico de mercancías, etc.

La metodología para el diseño del modelo y el análisis se estructura en varias fases que se presentan a continuación:

Fase 1: División del espacio en áreas funcionales

El primer paso va a ser encontrar un criterio que nos sirva para zonificar el territorio en determinadas entidades en función del objetivo perseguido. El más sencillo sería utilizar unidades administrativas como las Comunidades Autónomas o, preferentemente, las provincias, tomando como cabecera su capital, ya que existe

mucha información referida a estas unidades. Si se desea afinar más se pueden buscar dentro de cada provincia los puntos con mayores flujos de transporte o mayores volúmenes de producción, pero en este caso, obtener información será más difícil.

La capital de provincia que cuente con una (o varias) Plataforma Logística tendrá en la base de datos la información necesaria sobre la plataforma y la provincia; obviamente la capital de provincia que no tenga Plataforma Logística en la base de datos aparecerán sólo informaciones de la provincia.

Fase 2: Asignación de centroides

Esto nos permitirá georreferenciar espacialmente el origen de los desplazamientos de una capital de provincia a otra, a un punto localizado con coordenadas y, que además, al representarlo cartográficamente, contendrá la información sobre la probabilidad de atracción de cada centro comercial para cada distrito. La importancia de los centroides es esencial para la medición de la distancia a la que se encuentran las empresas e industrias de la Plataforma Logística.

Fase 3: Asignación y ponderación de variables

En el anteproyecto de la Plataforma Logística de Zaragoza del año 2001 (www.plazadosmil.com), se muestra un análisis de los servicios, generales, al transporte y logísticos, presentes en 27 Centros de Transporte y Logística europeos pertenecientes a *Europlatforms* (8 españoles, 12 franceses y 7 italianos).

El resultado es que existen 146 elementos distintos, entre infraestructuras y servicios, presentes en esos 27 centros (cuadro 1); estos elementos serán las variables consideradas. Se trata de una lista extensa agrupada en tres categorías: Servicios Generales, Servicios al Transporte y Tratamiento y Gestión de Mercancías, y Servicios Logísticos. Con objeto de ponderar el peso de cada una de las categorías y de las variables, ya que no todas tendrán la misma atracción, se ha decidido que el mejor sistema es aplicar la Técnica Delphi. Los valores asignados a cada servicio estarán en función de los requerimientos de los clientes, la naturaleza de las mercancías transportadas, etc.

La Delphi, es una técnica cualitativa para el análisis del estado de opinión que tiene un claro carácter prospectivo. Puede considerarse una técnica de autoinformación, es decir, un procedimiento de investigación en el que el origen de la misma procede de los informes, en este caso escritos, suministrados por los sujetos de estudio.

Dentro de las técnicas de autoinformación, esta técnica pertenece al tipo de entrevista en profundidad de grupo, las personas entrevistadas –representantes de sectores definidos de la población— suministran información que tiene que tratarse no de forma acumulativa, pues no se trata de una mera agregación de los contenidos de entrevistas individuales, sino de forma que clarifique el significado que dicha información tiene para el grupo concreto que se está investigando.

Para empezar a desarrollar esta técnica, es preciso formular con toda exactitud el problema a los expertos, par esto es necesario elaborar una pregunta o un cuestionario de forma abierta y no estructurado. Dicha pregunta estaría redactada, por ejemplo, en los siguientes términos: ¿Cómo ordenaría y con que peso ponderaría las siguientes variables en función de su importancia para determinar el área de influencia de una plataforma logística? Una vez recibidas las respuestas de los expertos, se sistematizan y categorizan recogiendo todos los enfoques y problemas.

Este segundo cuestionario se vuelve a enviar a los expertos; una vez devuelto por estos se procede de la misma forma volviéndolo a enviar tantas veces como se crea necesario.

Cuadro 1: Tabla de variables

TABLA DE VARIABLES		
SERVICIOS GENERALES	**SERVICIOS AL TRANSPORTE Y TRATAMIENTO YGESTIÓN DE MERCANCÍAS**	**SERVICIOS LOGÍSTICOS**
a) Servicios Personales	**OPERACIONES BÁSICAS**	**INTERMODALIDAD**
Baños Públicos/Duchas	Carga/descarga	Carga/descarga vagomesF.C.
Bar/Cafetería	Generales/transporte	FC-Mar-Aire
Hotel	Manipulado cargas	FC-ruta -aéreo
Lavandería	**ALMACENAJE**	FC-ruta fluvial
Restaurante	Almacén productos agrarios	Movimiento inter-modo cargas
Salas descanso	Aalmacenaje	Movimiento vagón-almacén
Sauna	Depósito	Operaciones inter-modo
Servicios médicos	Ensilado	Servicios regulares con terminales
b)Servicios públicos y sociales	**a) Tratamiento mercancías**	**INFRAESTRUCTª INTERNACINAL**
Sevicios públicos generales	Clasificación mercancías	**a)Instalaciones de fábrica**
Agencia de prensa	Depósito cargas tránsito	Andenes FC-ruta
Agencia de empleo	Depósito mercancías peligrosas	Andenes de carga/descarga
Centro de Formación Profesional	Depósitos de alta seguridad	Central camiones
Centro Médico Social	Embalaje	Muelles trenes completos
Guardería Infantil	Etiquetado	Terminal Intermodal
Información Tecnológica	Evaluación/Reparo daños	**b)Infraestructura operativa**
Inspeccción Técnica de vehículos	Fragmentado de cargas	Aparcamientos Logísticos
Instituto Transporte y Comercio	Just-in time-Selección	Áreas con enlace FC
Oficina Cámara de Comercio	Paletización	Cambio de vías FC
Oficina Consulta/información	Pesaje certificado	Campo operaciones piezas metálicas
Oficina Importación-exportación	Preparación productos agrarios	Grúa-puente pública
Oficina de tasas	Refrigeación industrial	Grúa-puente privada
Parque innovación tecnológica	Verificación de calidad	Operaciones carga aérea
Sala de reuniones	**b)Gestión Mercancias**	Parking/depósito intermodal
Servicio autobús	Codificación	**CONTENEDORES**
Servicio inspección de vehículos	Control de fletes	Contenedores:Reparación
Servicios aduaneros	Control de stocks	Contenedores:Depósito
Servicios Sociales	Distribución	Contenedores:Terminal
c)Servicios comerciales	Distribución local	Contenedores:box-pallets
Alquiler de trailers	Encauzamientos expediciones	Contenedores:Carga/descarga
Alquiler de vehículos	Facturación	Contenedores:Mantenimiento
Área de servicios	Gestión de stocks	Contenedores:roll-trainers
Centro Comercial (Supermercado)	Mensajería exprés	Inspección contenedores
Consultora de transportes	Personalización	**SERVICIOS BÁSICOS**
Estanco	Selección	Servicio de Aduana
Farmacia	Transporte a destino final	Servicio de control veterinario
Oficina Cambio de moneda	**VEHÍCULOS**	Servicios Ayuda Inmediata
Papelería	**a)Servicios Generales**	Servicio anti-incendios
Tienda de accesorios	Estación de Servicio	Servicios informáticos
SERVICIOS DE COMERCIO GENERAL	Gasolinera	
Centro de negocios	**b) Mantentº /Reparación**	
Centro de exibición de productos	Tunel lavado	
Centro ferial	Mantenimiento vehículos	
Compra-venta de vehículos	Reparación neumáticos	
Oficina de banca	Reparación vehículos	
Oficina de seguros	Taller reparaciones	
Oficinas Comerciales		
Tiendas		
SERVICIOS COMUNICACIÓN		
Centro información		
Correos		
Teléfono		
Internet		
SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO		
a) Servicios de vigilancia		

Fuente: http://www.plazadosmil.com . Elaboración propia

En fase final, el consenso se encontrará aplicando métodos estadísticos como el análisis multifactorial o cluster, o más sencillamente, utilizando técnicas estadísticas descriptivas.

Fase 4: Construcción de las matrices de distancias

Una vez establecidas las variables a considerar y sus ponderaciones, que van a constituir el numerador del modelo, hay que construir una serie de matrices, cuyos datos serán el denominador del modelo.

- Espaciales: Utilizando las distancias entre todas las capitales provinciales, o los centroides considerados, hasta cada una de las Plataformas Logísticas vamos a saber la distancia en kilómetros desde cada punto considerado hasta cada una de las Plataformas Logísticas. Será conveniente, si se utiliza más de un modo de transporte realizar la suma para conocer los kilómetros totales de un encaminamiento en concreto.

  La medida habría de hacerse utilizando los itinerarios reales de los encaminamientos. Caso de no existir habría de utilizarse el camino más corto pero utilizando infraestructuras de una cierta calidad, esto es, situadas el la parte alta de la jerarquía. Esta medida nos va a permitir obtener también medidas sobre la accesibilidad (índices de rodeo) a las Plataformas Logísticas.

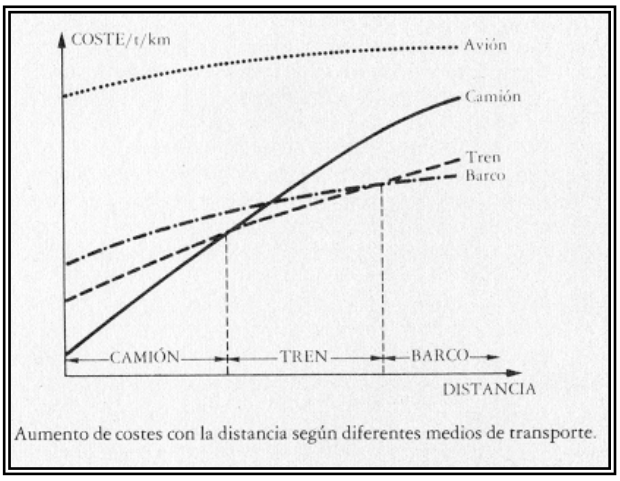
- Tiempos de viaje: De la misma forma que la anterior esta medida es necesaria porque los tiempos no van a ser los mismos aunque se tratase de la misma distancia espacial. El resto de consideraciones de la variable anterior son válidas para esta.

  El tiempo también nos va a permitir obtener medidas de accesibilidad como el índice trazado velocidad.

- Costes de transporte: También va a ser necesario considerar los costes de transporte, ya que no es suficiente considerar únicamente la distancia espacial y temporal. Es una variable importante porque forma parte de la estrategia de reducción de costes de producción. En este caso, se va a utilizar como exponente para matizar el efecto de fricción de la distancia.

  Tal y como planteó Hoover (1948), los costes de transporte no crecen prácticamente nunca en proporción directa al trayecto recorrido, sino que, tienden a reducir su valor unitario de forma progresiva al aumentar la distancia, debido a que al coste específico derivado del desplazamiento hay que añadir los generados en las terminales de carga y descarga que son fijos cualquiera que sea el trayecto a realizar. Además, el incremento de los costes aparece escalonado según umbrales de distancia que agrupan diversos puntos de origen y destino, estableciendo áreas uniformes de dimensiones a veces considerables.

Figura 1. Incremento de los costes de transporte por modo



Fuente: Puyol, R. et al., 1997, gráfico 5.10, p. 614

Por otra parte, la pendiente que presentan las curvas de coste de transporte resulta muy variable en función de los obstáculos naturales que se oponen al desplazamiento y, sobre todo, con el modo de transporte utilizado en cada caso. Taaffe (1973), señaló que nuestro tiempo puede ser definido como la "era del transporte en competencia".

Los diferentes medios de transporte presentan una relación distancia-coste característica en función de sus proporciones respectivas de costes fijos (infraestructura y material) y

variables (consumo energía, salarios, amortización, etc.). El camión, que presenta escasos costes fijos, pero eleva rápidamente los variables con la distancia, suele resultar más rentable para trayectos cortos y productos poco voluminosos; el ferrocarril lo es para distancias medias; y el barco para las largas; el avión, cada vez más utilizado se suele utilizar para productos con muy alto valor por unidad de peso o volumen (ver figura 1).

Fase 5: Construcción del modelo cuantitativo de estimación de áreas de influencia

Una vez definidas la totalidad de las variables se trata de construir el modelo cuantitativo. Ya se ha dicho que la base va a ser el modelo gravitatorio de Huff pero con modificaciones.

En el numerador se van a situar las variables "de atracción" de las plataformas logísticas agrupadas, como ya se ha dicho en tres categorías: Servicios Generales, Servicios al Transporte y tratamiento y gestión de mercancías, y Servicios Logísticos. Las variables que irán incluidas en cada categoría habrán sido valoradas y ponderadas por los expertos, de la misma forma que cada categoría.

Así tendremos en el **numerador**:

$$[\Sigma_{l=1}^{l} P_k * SG_k + \Sigma_{m=1}^{m} P_m ST_m + \Sigma_{n=1}^{n} P_n * SL_n] * S$$

siendo para cada plataforma logística

P_l = valor de la ponderación de cada servicio de la clase "Servicios Generales".

P_n = valor de la ponderación de cada servicio de la clase "Servicios al transporte y tratamiento y gestión de mercancías".

P_n = valor de la ponderación de cada servicio de la clase "Servicios Logísticos".

S = factor multiplicador (potenciador) en función de la superficie de la plataforma considerada

En el **denominador** tendremos:

$$(T_{ij})^{CT},$$

siendo:

T_{ij}= Tiempo de transporte total (de todos los modos de transporte) entre cada punto (capital de provincia) y todas las plataformas logísticas. (i= cada uno de los puntos considerados, que pueden ser las capitales de provincia; j= cada una de las plataformas).

^{CT}= Este exponente hace referencia a los costes unitarios de transporte y se va a utilizar para calibrar la fricción de la distancia. Tomará como máximo el valor 1, que corresponderá al valor unitario que tome el transporte total más caro. Se ha pensado que este valor ha de ser como máximo 1 porque valores más altos implicarían una fricción de la distancia muy grande, y como el servicio de una plataforma logística se trata de un bien de alto rango no se ajustaría a la realidad. Esto lo podemos ver en la figura 2.

Figura 2. Efecto de la distancia sobre la demanda

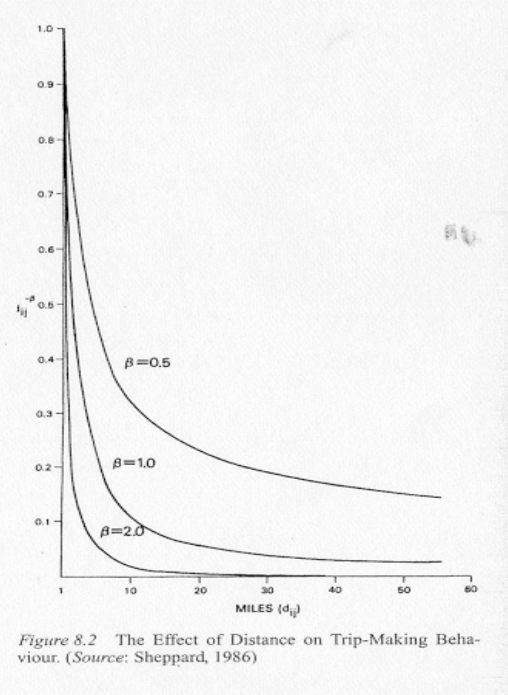


Figure 8.2 The Effect of Distance on Trip-Making Behaviour. (*Source*: Sheppard, 1986)

Fuente: Robinson, G., 1998, fig. 8.2, p. 228

En la figura, la función está diseñada para reflejar el comportamiento real o la percepción en respuesta a la distancia. El eje de ordenadas ($d_{ij}^{-ß}$), es el tamaño del efecto de disminución de la interacción entre los puntos i y j, cuando la distancia aumenta, *Miles* (d_{ij}), representada en el eje de abscisas.

El exponente, *ß*, Tiene el efecto de reducir la influencia de otros lugares cuando la distancia a ellos aumenta. Con *ß*= 0 distancia no tiene ningún efecto, mientras que con *ß*= 1, el impacto es lineal. Con valores de *ß*> 1 disminuye rápidamente la interacción con esos lugares que son más remotos.

Así pues, el modelo queda:

$$\frac{\left[\sum_{l=1}^{l} P_l * SG_l + \sum_{m=1}^{m} P_m ST_m + \sum_{n=1}^{n} P_n * SL_n\right] * S}{(T_{ij})^{CT}}$$

El valor de la atracción de la plataforma para cada punto tendrá la expresión:

$$APL_{ij} = \left(\sum_{l=1}^{l} P_l * SG_l + \sum_{m=1}^{m} P_m ST_m + \sum_{n=1}^{n} P_n * SL_n\right) * S * (T_{ij})^{-CT}$$

Aplicándolo hallaremos el valor de atracción de cada plataforma, j, APL_{ij} para cada punto considerado en el territorio, i (o capital de provincia).

Una vez confeccionada la matriz de atracciones ya se podrán calcular las probabilidades de que las empresas de cada punto se localicen o encaminen su producto hacia una u otra plataforma logística, sin entrar en otras consideraciones cualitativas o cuantitativas que pueden modificar su decisión.

Fase 6: Aplicación del modelo cuantitativo de estimación de áreas de influencia

Una vez resuelto el modelo, habrá que calcular el valor de la probabilidad de atracción de cada plataforma en cada punto considerado. Para obtener las probabilidades habrá que dividir la atracción de cada plataforma sobre el punto considerado, entre la suma de las atracciones de todas las plataformas a ese punto que nos interese incluir. Podemos realizar la misma operación para cada punto del territorio que nos interese tener en cuenta.

La operación descrita será:

$$PAPL_{ij} = \frac{APL_{ij}}{\sum APL_j}$$

Estas operaciones nos darán como resultado una matriz ij con las probabilidades de atracción de las plataformas logísticas y puntos que sean de nuestro interés. De esta forma podremos sustentar y realizar una cartografía de la probabilidad de atracción que ejerce cada plataforma logística sobre ciertos puntos del territorio, o bien de la probabilidad de que cada punto encamine sus mercancías a una plataforma logística determinada.

En los puntos considerados (o capitales de provincia) que sean atraídos con probabilidad similar a varias plataformas logísticas, para decidir la localización o el encaminamiento se puede utilizar, como ya se ha dicho, el modelo de Reilly modificado por el concepto de "punto de ruptura" introducido por Converse y Fetter (Berry y Parr, 1988), para tener un segundo criterio de decisión, y, que en cualquier lugar dependerá de las necesidades y objetivos de las empresas. El modelo de "punto de ruptura" o "Market Break Point" es:

$$PR_{j1j2} = \frac{D_{j1j2}}{1 + (P_{j1} / P_{j2})^{1/2}}$$

Siendo:

D_{j1j2} = Distancia entre pares de plataformas medido según el criterio que se ajuste a nuestros objetivos, bien distancia temporal o costes de transporte.

P_{j1} = Población de la ciudad donde se localiza una de las plataformas, es más conveniente utilizar el P.I.B. total o por sectores, o volumen de tráfico de mercancías, en función de los objetivos perseguidos.

P_{j2} = Población de la ciudad donde se localiza la otra de las plataformas, es más conveniente utilizar el P.I.B. total o por sectores, o volumen de tráfico de mercancías, en función de los objetivos perseguidos.

Fase 7: Cartografía

Una vez realizados los cálculos, la representación se hace mediante de mapas de isopletas, que pueden definirse como mapas cuantitativos de superficies, según Monkhous, F.G. y Wilkinson, H.R. (1968,1959) - citados en Carrera et al. (1998) al representar la distribución espacial de determinados fenómenos sobre el territorio mediante el empleo de líneas de igual valor, en nuestro caso, el trazado de líneas de isoprobabilidad.

El resultado será un mapa para cada plataforma logística en el que aparecerán todos los puntos considerados (o capitales de provincia) localizados entre las líneas de isoprobabilidad según sus probabilidades de atracción a esa Plataforma Logística en concreto. Para que los mapas sean correctos también habrá que hacer una interpolación de los valores entre las isolíneas.

ANEXO 6. REDES DE FERROCARRIL ESPAÑOLAS

CRITERIOS DE CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES PARA LA APLICACIÓN DE INDICADORES

En una clasificación *ad hoc* con criterios de homogeneización de servicio y ancho de vía y gestión, pueden distinguirse distintas tipologías de redes y subredes.

- La red más extensa y que soporta más tráfico corresponde a la denominada *Red Ferroviaria de Interés General* en la parte administrada por Adif, que se corresponde, en general, con las líneas de ancho ibérico español y las de alta velocidad. Pueden distinguirse dos subredes:
  - Red convencional, integrada por líneas y ramales de ancho de vía normal ibérico (1.668 mm), además de una línea de ancho de vía métrico. Estas líneas son propiedad del Estado que delega en Adif su administración.
  - Red de alta velocidad, con ancho de vía UIC (1.435 mm), electrificada en corriente alterna.
- Red de vía estrecha de ámbito supraregional. Se trata de diversas líneas interurbanas de ancho de vía métrico que no son gestionadas por las Comunidades Autónomas, por formar un entramado que discurre por varias Comunidades en la zona norte de España (Galicia, Asturias, León, Cantabria y País Vasco).
- Esta red es gestionada por la empresa pública Feve que actúa como administrador de infraestructura y operador de servicios de transporte sobre ella. Desde el punto de vista legal, esta red también está definida por la LSF como integrante de la "Red Ferroviaria de Interés General".
- Las redes ferroviarias regionales o autonómicas son las que discurren íntegramente por una Comunidad Autónoma que, generalmente, gestiona estas líneas. Resulta cada vez más difícil establecer las fronteras entre estas líneas y las de Metro o tranvías. Entre ellas, pueden citarse las siguientes:
  - Líneas de la provincia de Barcelona, gestionadas por Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC). Con dos grupos de líneas: las de ancho estándar (viajeros) y las de ancho métrico (viajeros y mercancías).
  - Líneas del País Vasco, que son gestionadas por Euskal Trenbide Sarea, que pueden clasificarse en dos bloques: Líneas metropolitanas de Bilbao y línea de Bilbao a San Sebastián y a la frontera.
  - Líneas de Comunidad del País Valenciano, en dos grupos:
    - Tres líneas en la provincia de Valencia, gestionadas (junto con una línea de tranvía) bajo la marca metrovalencia.
    - Línea de Alicante a Denia gestionada bajo la marca TramAlicante.
  - Líneas de los Servicios Ferroviarios de Mallorca (viajeros).
  - Línea de Cartagena a los Nietos, gestionada por Feve en la Región de Murcia con servicio exclusivo de viajeros.

- Ferrocarriles y ramales Industriales y privados. Junto a numerosos apartaderos o derivaciones particulares en el interior de factorías o polígonos industriales. Pueden identificarse algunas líneas de una cierta entidad que son propiedad de alguna empresa o grupo y sobre las que se desarrollan transportes privados. A su vez, en este grupo cabe distinguir entre líneas de ancho estándar ibérico (explotadas generalmente con la red estatal de vía ancha) y líneas de vía estrecha.
  - Líneas de vía ancha: Ferrocarril de Aceralia (Asturias) y ramales de Samper a Andorra (Teruel), a la Central de Meirama (La Coruña), al Puerto de Marín (Pontevedra) y la factoría de Repsol en Puertollano.
  - Líneas de vía estrecha: Ferrocarril de Ponferrada (Cubillos) a Villablino (León) y Ferrocarril de Soller (Palma de Mallorca).
  - Redes de ferrocarriles metropolitanos. Entre ellas,
  - Metro de Barcelona (ancho de vía de 1.435 y 1672 mm).
  - Metro de Madrid (1.445 mm).
  - Metro de Bilbao (1.000 mm).
- Redes tranviarias:
  - Trambesos, TramBaix y Tranvía Blau, en Barcelona (1.435 mm).
  - Tranvías de la Coruña.
  - Tranvía de Bilbao.
  - Tranvía de Vélez-Málaga.
  - Tranvía de Valencia (integrada en metro valencia) (1.000 mm).
  - El Tranvía de Alicante (utiliza en su mayor parte la red ferroviaria de vía estrecha) (1.000 mm).
- Existen en España otras líneas ferroviarias cuya finalidad básica no es el transporte, sino la recreativa o la experimentación técnica. Pueden, en este campo, citarse las siguientes:
  - Tramo de ensayos ferroviarios de Olmedo a Medina del Campo (Valladolid) (1.435 / 1.668 mm).
  - Redes ferroviarias del Parque de Atracciones de Madrid y Port Aventura (Tarragona).
  - Líneas de los Museos del ferrocarril de Río Tinto (Huelva), Azpeitia (Guipúzcoa), Arganda (Madrid) y Pobla de Lillet (Barcelona).
  - Líneas de ferrocarril de jardín en Cataluña.
- Todos los ferrocarriles mencionados anteriormente son de adherencia, pero existen también ferrocarriles con otros sistemas de tracción:
  - Ferrocarriles de cremallera de Nuria y de Montserrat (Barcelona) (1.000 mm).
  - Ferrocarriles Funiculares del Tibidado, Vallvidriera, Santa Cova, Montjuic, Sant Joan y Gélida (Barcelona), del Monte Igueldo (San Sebastián), de Artxanda y La Reineta (Bilbao), Bulnes (Asturias) y del Valle de los Caídos (El Escorial, Madrid).

(Fuente: OFE, 2007, pp.24-26)

Ámbito del transporte de mercancías

Se considera “transporte de mercancías” todos aquellos tráficos de mercancías en concepto de toneladas transportadas, toneladas km y volumen por tipo de producto por las distintas compañías ferroviarias.

Respecto a las compañías ferroviarias, se define como operador de transporte de mercancías, a la persona física o jurídica titular de una empresa que, ya sea bajo la configuración de agencia de transporte, de transitario, de almacenista distribuidor, o de empresa que disponga de sus propios vagones u otros elementos de transporte, se encuentre habilitada para intermediar en los términos legalmente establecidos en la contratación del transporte de mercancías, actuando como organización interpuesta entre los cargadores y los porteadores, y que contrata en nombre propio tanto con unos como con otros.

De acuerdo con esta definición, se consideran tráficos de mercancías a nivel nacional, los realizados por Renfe operadora, Feve, Euskotren, FGC y el ferrocarril Ponferrada-Villablino descritos a continuación.

Renfe operadora: que en el área de actividad de mercancías protagoniza una considerable transformación (debido al cambio de modelo organizativo) al pasar de una organización clásica y centralizada a otra descentralizada en áreas de negocio diferencias de acuerdo a los mercados a atender. Respecto al principal transporte realizado por la compañía destacan por orden de relevancia en volumen transportados los productos siderúrgicos, carbones, transporte internacional y cementos.

Feve: (Ferrocarriles de Vía Estrecha) es una empresa dedicada a la prestación de servicios de transporte ferroviario de viajeros y mercancías dependiente del Ministerio de Fomento. Destaca por su transporte de carbones, siderúrgicos y derivados, arena, aluminio, sosa, dolomía y otros.

Euskotren: operador integral de transporte que aglutina transporte urbano, a través del sistema tranviario de Euskotran; interurbano, con trenes de cercanía y de media distancia, servicios de autobús y funicular y el transporte de mercancías. Respecto a éste último tráfico hay que señalar que, al igual que en años anteriores, dicho tráfico ha sido gestionado en el marco de un acuerdo de colaboración existente entre Feve y Euskotren que consiste básicamente en el traslado de bobinas de acero desde la planta de Aceralia (Grupo Acerlor) en Avilés (Asturias) hasta la existente en la localidad navarra de Lesaka. Desde Avilés hasta Lasarte Oria la mercancía es transportada por ferrocarril a través de las redes ferroviarias de Feve (entra Avilés y Ariz) y Euskotren (entra Ariz y Lasarte Oria). Desde Lasarte Oria hasta Lesaka es transportado por carretera.

(Fuente: OFE, 2007, pp.24-26)

ANEXO 7. ENCUESTA PRESENTACIÓN

La encuesta que se presenta a continuación se encuadra dentro del estudio de investigación que se está desarrollando en la Universidad de Zaragoza a través del Área de Transportes y del Departamento de Geografía y no le llevará demasiado tiempo contestar a sus preguntas.

El objetivo de dicha encuesta es conocer el potencial de utilización del transporte por ferrocarril, solo o en cooperación con otros modos, para el transporte de mercancías producidas y consumidas en el entorno metropolitano de Zaragoza.

El estudio de investigación que se está desarrollando en la Universidad de Zaragoza trata de mejorar el sistema de transporte de mercancías en nuestro Territorio, buscando que dicho sistema sea moderno, eficaz y de calidad.

Para ello, por una parte, el sistema de transporte de mercancías ha de ser sostenible desde el punto de vista, económico, social y medioambiental y, por otra, competitivo desde el punto de vista empresarial, ofreciendo, entre otros factores, calidad, capacidad, fiabilidad, seguridad, trazabilidad y costes competitivos.

Le agradecemos de antemano su tiempo e interés en el convencimiento de que sus respuestas son imprescindibles para lograr estos objetivos.

Un cordial saludo.

CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA

Nombre:

Actividad principal (CNAE 93 y/o IAE):

Descripción actividad principal:

Nº de trabajadores:

Producción anual en toneladas:

¿Tiene su empresa área (o departamento) de logística o/y de transportes estructural y funcionalmente separado de las otras áreas (o departamentos) de la empresa?

☐SÍ

☐NO

¿Está dentro de algún polígono industrial?

☐SÍ

☐NO

(respuesta **SÍ**, indique en cuál.)

¿Tiene derivación particular de ferrocarril (apartadero)?

☐SÍ

☐Dentro de la empresa

☐Dentro del polígono industrial

☐NO

ORGANIZACIÓN DEL TRANSPORTE DE LA EMPRESA

1.¿Qué área o departamento de su empresa planifica y organiza el transporte en la distribución de su producción? (Marque la opción u opciones que considere)

☐Dirección

☐Producción

☐Comercial

☐Logística

☐Transporte

☐Otros (señale cuál)

2.¿Qué área o departamento de su empresa planifica y organiza el transporte en el aprovisionamiento para sus necesidades de producción? (Marque la opción u opciones que considere)

☐Dirección

☐Producción

☐Comercial

☐Logística

☐Transporte

☐Otros (señale cuál)

3.Señale en que parte de su cadena logística hay cooperación y/o planificación conjunta del transporte entre su empresa y los siguientes eslabones

☐Aprovisionamiento (proveedores)

☐Distribución (cliente)

4.En el caso de la distribución (envío a clientes), ¿tiene su empresa contratadas las tareas de transporte a otras empresas o las realiza ella misma? (Marque la opción en los dos niveles de concreción)

☐Otras empresas

☐Transportista en general

☐Operador Logístico

☐Otros (indicar)

☐Propia empresa

☐Posee flota propia de transporte

☐Alquila flota de transporte

☐Ambas

☐Coexisten ambas formas

Señale brevemente las razones de su elección.

5.Ordene asignando valores de 6 (más importante) a 1 (menos importante) los criterios que utiliza habitualmente para planificar y organizar sus envíos a los clientes. (si son otros indíquelos y ponga entre paréntesis el valor que les daría). (cuadro 1).

Cuadro 1: Criterios de elección para las expediciones a a los clientes

	Costes
	Fiabilidad (% de veces que el envío llega con retraso)
	Tiempo de transporte (incluida carga y descarga)
	Frecuencia de la oferta de transporte
	Trazabilidad (seguimiento informático de la mercancía)
	Seguridad (robos, pérdidas, deterioros, accidentes)

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSPORTE DE SU EMPRESA

6.Por favor, complete las casillas con la información solicitada en los dos cuadros siguientes sobre las características de sus expediciones-tipo (el normal o más frecuente), en relación a los destinos geográficos de las expediciones que envía a sus clientes (cuadro 2) y a los orígenes de los materiales o suministros que recibe de sus proveedores (cuadro 3) teniendo en cuenta que:

- Por nº medio de toneladas y de envíos se entiende que es en una semana normal del año en cuanto a producción y número de envíos (sin picos de demanda, algún tipo de problema, puentes, vacaciones, etc.).

Cuadro 2: Destino geográfico y características de las expediciones de las empresas

REGIÓN GEOGRÁFICA de DESTINO	**CARACTERÍSTICAS DE LAS EXPEDICIONES**	
ESPAÑA	Nº MEDIO DE TONELADAS EXPEDIDAS A LA SEMANA	Nº MEDIO DE ENVÍOS EXPEDIDOS POR SEMANA
Tarragona		
Bilbao		
Barcelona		
Valencia		
Madrid		
Valladolid		
Santander		
Asturias		
Coruña		
Pontevedra		
Málaga		
Sevilla		
Cádiz		
Algeciras		
PAÍSES EXTRANJEROS		
Alemania		
Reino Unido		
Francia		
Italia		
Portugal		
Bélgica		
Países Bajos		
Grecia		

Suecia		
Austria		
Suiza		
Hungría		
Polonia		
Rusia		
Rumanía		
Marruecos		
Argelia		
Turquía		
China		

Cuadro 3: Origen geográfico y características de las expediciones de las empresas

REGIÓN GEOGRÁFICA de ORIGEN	**CARACTERÍSTICAS DE LAS EXPEDICIONES**	
	Nº MEDIO DE TONELADAS RECIBIDAS A LA SEMANA	Nº MEDIO DE ENVÍOS RECIBIDOS POR SEMANA
ESPAÑA		
Tarragona		
Bilbao		
Barcelona		
Valencia		
Madrid		
Valladolid		
Santander		
Asturias		
Coruña		
Pontevedra		
Málaga		
Sevilla		
Cádiz		
Algeciras		
PAÍSES EXTRANJEROS		
Alemania		
Reino Unido		

Francia		
Italia		
Portugal		
Bélgica		
Países Bajos		
Grecia		
Suecia		
Austria		
Suiza		
Hungría		
Polonia		
Rusia		
Rumanía		
Marruecos		
Argelia		
Turquía		
China		

7.Por las características de sus expediciones o envíos-tipo, en cuanto a destinos y tamaño, cree que es posible transportarlos por ferrocarril como modo único o formando parte de una cadena intermodal (ferrocarril y otro modo).

(el trayecto corto de carretera en los acarreos en origen y destino hasta la estación o terminal ferroviaria no se considera intermodalidad)

☐SI

☐NO

Si ha contestado **SÍ** pase a la pregunta nº 10

8.Si ha contestado NO a la pregunta nº 7, indique cuál o cuáles son las causas (marque en los dos niveles de concreción)

☐Destino

☐No existe estación próxima

☐Existe estación pero no hay servicio de transporte que se ajuste a sus necesidades

☐Las frecuencias de trenes no son adecuadas a sus necesidades

☐Los costes de la ruptura de carga y transbordo a otro modo de transporte incrementan los costes totales del transporte

☐Se resiente la fiabilidad de su cadena logística

☐Piensa que pierde el control de su cadena de transporte

☐Tamaño de la expedición o envío

☐Las expediciones o envíos a cada destino no son adecuadas por su poco peso total (o volumen) como para llenar cada una de ellas un contenedor o vagón.

☐Las expediciones o envíos a cada destino no son adecuadas por su poco peso total (o volumen) como para formar cada una de ellas un lote de un tren multicliente con el mismo destino (más de 300 toneladas)

☐Las expediciones o envíos a cada destino no son adecuadas por su poco peso total (o volumen) como para completar cada una de ellas un tren completo (600 toneladas)

☐Otros (indique cuáles)

9.Si ha contestado NO a la pregunta nº 7

Si habitualmente transporta por carretera ¿Cree que por las por las características de sus expediciones o envíos-tipo podrían ajustarse a sus necesidades algunas de las dos formas siguientes de transportar los vehículos pesados de carretera por ferrocarril?

☐Carreteras rodantes (trailers completos cargados sobre plataformas ferroviarias con coche litera para los conductores o sin él)

☐Ferroutage (semirremolques sobre boggies ferroviarios)

☐No, ninguna se ajusta a mis necesidades

Si ha contestado **NO** a la pregunta nº 7 pase a la pregunta nº11

10.Si ha contestado SÍ a la pregunta nº 7

A) ¿qué unidad de cargamento se ajustaría mejor a sus necesidades?

☐Contenedor

☐Caja Móvil

☐Vagón especializado (cerrados, plataforma, bordes, cisterna, etc.)

B) En cuanto al volumen de la expedición

☐Cada expedición se compondría sólo de una unidad de cargamento

☐Cada expedición se varias unidades de cargamento (indique cuántas)

C) En cuanto al peso de cada expedición

☐Cada expedición no llegaría a 100 toneladas

☐Cada expedición estaría entre 100 y 300 toneladas

☐Cada expedición estaría entre 300 y 600 toneladas

☐Cada expedición estaría entre 600 y 900 toneladas

☐Cada expedición superaría las 900 toneladas

D) ¿Qué frecuencia de transporte se ajustaría a sus necesidades?

☐Diaria

☐Varios días a la semana (indique cuántos)

☐Semanal

☐Quincenal

☐Mensual

☐Otras (indique cuáles)

E) Cree que mejoraría el transporte de sus envíos y recepciones si dispusiera de derivación particular de ferrocarril (apartadero) en su empresa o dentro del polígono industrial en que el está instalada su empresa (si lo está)

☐SÍ

☐Dentro de la empresa (si no está en un polígono industrial)

☐Dentro del polígono industrial

☐NO

F) Si ha contestado SÍ en la pregunta anterior (punto E), ¿realizaría una inversión económica para disponer de derivación particular?

☐SÍ

☐NO

G) Si habitualmente transporta por carretera ¿Cree que por las por las características de sus expediciones o envíos-tipo podrían ajustarse a sus necesidades algunas de las dos formas siguientes de transportar los vehículos pesados de carretera por ferrocarril?

☐Carreteras rodantes (trailers completos cargados sobre plataformas ferroviarias, con coche litera para los conductores o sin él)

☐Ferroutage (semirremolques sobre boggies ferroviarios)

☐No, ninguna se ajusta a mis necesidades

11.¿Qué modo de transporte utiliza habitualmente para enviar sus expediciones?
(no se considera intermodadlidad, propiamente dicha, el acarreo por carretera en origen hasta la terminal ferroviaria, portuaria o aeroportuaria ni el acarreo desde la terminal ferroviaria de destino por carretera hasta el destino final).

☐Carretera

☐Ferrocarril

☐Avión

☐Intermodal

☐Ferrocarril-Carretera (o viceversa)

☐Ferrocarril-Marítima (o viceversa)

☐Carretera-Marítimo (o viceversa)

☐Carretera-Avión (o viceversa)

12.Si ha utilizado en alguna ocasión el ferrocarril o cualquiera de los distintos tipos intermodalidad con el ferrocarril para enviar o recibir sus expediciones, pero no lo usa habitualmente, indique su grado de satisfacción de cero a diez para cada uno de los siguientes conceptos (cuadro 4):

Cuadro 4: Destino geográfico y características des expediciones de las empresas por ferrocarril

SATISFACCIÓN	**CONCEPTOS**
	Costes
	Fiabilidad (% de veces que el envío llega con retraso
	Frecuencia del servicio de trenes
	Tiempo de transporte (incluida carga y descarga)
	Trazabilidad (seguimiento informático de la mercancía)
	Seguridad (deterioros, pérdidas, robos, accidentes, etc.)

13.Por favor, complete las casillas con la información solicitada en los dos cuadros siguientes sobre las características de la repartición modal de sus expediciones-tipo (el normal o más frecuente), en relación a los destinos geográficos de las expediciones que envía a sus clientes (cuadro 1) y a los orígenes de los materiales o suministros que recibe de sus proveedores (cuadro 2), teniendo en cuenta que:

▪En la opción intermodadalidad con el ferrocarril se incluirá todo tipo de intermodadalidad entre el ferrocarril y los otros modos, siempre que en el origen del trayecto, que es Zaragoza (cuadro 5), se utilice el ferrocarril. Se indicará la totalidad de las toneladas para todo el trayecto Zaragoza-destino como si se tratase de un único modo (ferrocarril+otro/s modo/s).

▪Si no se da la condición anterior, la totalidad de las toneladas transportadas para todo el trayecto Zaragoza-destino por cualquier modo de transporte se consignarán sin distinción en la opción "sólo carretera".

Cuadro 5: Criterios de elección modal para envío de las expediciones de las empresas.

REGIÓN GEOGRÁFICA de DESTINO	**REPARTICIÓN MODAL DEL TRANSPORTE**		
	SÓLO CARRETERA	SÓLO FERROCARRIL	INTERMODALIDAD CON EL FERROCARRIL
ESPAÑA	Toneladas transportadas en una semana media	Toneladas transportadas en una semana media	Toneladas transportadas en una semana media
Madrid			
Barcelona			
Tarragona			
Valencia			
Sevilla			
Asturias			
Bilbao			
Málaga			
Cádiz			
Algeciras			
Coruña			
Pontevedra			
Valladolid			
Santander			
PAÍSES EXTRANJEROS			
Alemania			
Reino Unido			
Francia			
Italia			
Portugal			

Bélgica			
Países Bajos			
Grecia			
Suecia			
Austria			
Suiza			
Hungría			
Polonia			
Rusia			
Rumanía			
Marruecos			
Argelia			
Turquía			
China			

- En la opción intermodadalidad con el ferrocarril se incluirá todo tipo de intermodadalidad entre el ferrocarril y los otros modos, siempre que en el destino del trayecto, que es Zaragoza (cuadro 6), se utilice el ferrocarril. Se consignarán la totalidad de las toneladas para todo el trayecto región de origen-Zaragoza como si se tratase de un único (otro/s modo/s+ferrocarril).
- Si no se da la condición anterior, la totalidad de las toneladas transportadas para todo el trayecto región de origen-Zaragoza por cualquier modo de transporte se consignarán sin distinción en la opción "sólo carretera".

Cuadro 6: Criterios de elección modal para la recepción de las expediciones de las empresas.

REGIÓN GEOGRÁFICA de ORIGEN	**REPARTICIÓN MODAL DEL TRANSPORTE**		
	SÓLO CARRETERA	SÓLO FERROCARRIL	INTERMODALIDAD CON EL FERROCARRIL
ESPAÑA	Toneladas transportadas en una semana media	Toneladas transportadas en una semana media	Toneladas transportadas en una semana media
Madrid			
Barcelona			
Tarragona			
Valencia			
Sevilla			

Asturias			
Bilbao			
Málaga			
Cádiz			
Algeciras			
Coruña			
Pontevedra			
Valladolid			
Santander			
PAÍSES EXTRANJEROS			
Alemania			
Reino Unido			
Francia			
Italia			
Portugal			
Bélgica			
Países Bajos			
Grecia			
Suecia			
Austria			
Suiza			
Hungría			
Polonia			
Rusia			
Rumanía			
Marruecos			
Argelia			
Turquía			
China			

INTENCIÓN DE CAMBIO DE MODO

Conteste a estas preguntas **SÓLO** si no utiliza habitualmente el ferrocarril o cualquiera de los distintos tipos de intermodalidad del ferrocarril con otro modo para enviar sus expediciones.

14. Si se mejorasen algunas condiciones tanto del servicio de transporte como de la posibilidad de acceder a las estaciones y terminales de ferrocarril, ¿estaría dispuesto a cambiar su habitual modo de transporte, bien por el ferrocarril como modo único, bien por la intermodalidad del ferrocarril con los otros modos de transporte para el envío de sus expediciones?

☐SÍ

☐Ferrocarril como modo único

☐Intermodalidad ferrocarril y carretera

☐Intermodadlidad ferrocarril y mar (puertos secos)

☐NO

Un puerto seco (en el interior) conecta la terminal ferroviaria directamente con su puerto marítimo de influencia.

15. Si ha contestado SÍ a la pregunta anterior, señale en su opinión, qué condiciones del servicio de transporte y cuánto tendrían que cambiar, y qué instalaciones de ferrocarril de las indicadas habría que construir.

A) <u>Servicio de transporte:</u>

☐Costes

☐Mucho

☐Bastante

☐algo

☐Nada

☐Fiabilidad

☐Mucho

☐Bastante

☐algo

☐Nada

☐Flexibilidad

☐Mucho

☐Bastante

☐Algo

☐Nada

☐Frecuencia

☐Mucho

☐Bastante

☐Algo

☐Nada

☐Seguridad

☐Mucho

☐Bastante

☐Algo

☐Nada

☐Tiempo (incluida carga y descarga)

☐Mucho

☐Bastante

☐Algo

☐Nada

B) Creación de nuevas infraestructuras

☐Derivación particular de ferrocarril (apartadero)

☐Dentro del recinto de su empresa (si no está en un polígono industrial)

☐Dentro del polígono industrial

☐Estación o terminal ferroviaria próxima a su empresa con elementos de manipulación y carga especializados para el tratamiento y envío de sus productos en vagones especializados.

PRESTACIÓN DE SERVICIOS EN LA RED FERROVIARIA DE INTERÉS GENERAL FERROVIARIO ADMINISTRADA POR ADIF (Ley 25/2009, 22 diciembre, Ley Ómnibus y R.D. 2387/2010, de 30 de diciembre)			
TIPO DE SERVICIO	**EMPRESA PRESTADORA**	**MODELO DE GESTIÓN**	**CONDICIONES** (Régimen Derecho privado, excepto Servicios Adicionales)
ADICIONAL (Es obligatoria su prestación a solicitud de empresas ferroviarias)	ADIF	**Gestión Directa**	
	ADIF	**Gestión Directa**	• Criterios Mº Fomento
		Gestión Indirecta	• Empresa Contratista seleccionada (Ley 31/2007; Ordenamiento Jurídico.) • No vinculada a EE.FF • Título Habilitante otorgado por Adif
COMPLEMENTARIO (Es obligatoria su prestación a solicitud EE.FF y Candidatos)	EMPRESAS HABILITADAS	Gestión Directa o Indirecta a su **Riesgo y Ventura**	• Acuerdo o contrato de disponibilidad de espacios, medios e instalaciones con Adif. • Título Habilitante otorgado por Adif • No Vinculadas a EE.FF
	EE.FF. y Candidatos titulares de M. R.	Gestión Directa en **Autoprestación**	• Acuerdo o contrato de disponibilidad de espacios, medios e instalaciones con Adif. • Prohibida prestación a empresas distintas
		Gestión Indirecta en **Autoprestación**	• Acuerdo o contrato de disponibilidad de espacios, medios e instalaciones con Adif. • Prohibida prestación a empresas distintas • Título Habilitante otorgado por Adif
AUXILIAR (No es obligatoria su prestación)	ADIF	**Gestión Directa**	
		Gestión Indirecta	• Empresa Contratista seleccionada (Ley 31/2007; Ordenamiento Jurídico) • Objeto social empresa: abarcar dichos servicios
	EMPRESAS HABILITADAS	**Gestión Directa**	• Acuerdo o contrato de disponibilidad de espacios, medios e instalaciones con Adif. • Objeto social empresa: abarcar dichos servicios
	EE.FF. y Candidatos titulares de M. R.	**Gestión Directa**	
		Gestión Directa en **Autoprestación**	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Principales agentes del sector ferroviario en España....10
Figura 1-2. La pluralidad conceptual y metodológica en la Geografía de los Transportes del siglo XXI....18
Figura 2-1. Estadios en el análisis de los sistemas regionales....35
Figura 2-2. Las cuatro formas de complejidad en geografía....37
Figura 2-3. Niveles de resolución....46
Figura 2-4. Metodología para el estudio de sistema de transporte....48
Figura 2-5. Principales líneas de investigación recientes sobre transformaciones socioeconómicas y territoriales en regiones metropolitanas....50
Figura 2-6. Tipos de policentrismo....61
Figura 2-7. Dimensiones morfológicas y relacionales del policentrismo....62
Figura 3-1. Diagrama de una Línea Puente (Bridge line) 72
Figura 3-2. Tres tipos de Puertas de Enlace (gateway)....74
Figura 3-3. Red Jerarquizada de ciudades y áreas de influencia....75
Figura 3-4. Área de influencia de los nodos principales de las redes de transporte....76
Figura 3-5. El cono de demanda espacial....79
Figura 3-6. Articulación del sistema productivo (según CEAT)....80
Figura 3-7. Ciclos, espacio y transporte....80
Figura 3-8. Cadena básica de producción 82
Figura 3-9. Fases del desarrollo de una red de transporte....84
Figura 3-10. Efecto de la distancia sobre la demanda....86
Figura 3-11. Red en Hub and Spokes....88
Figura 3-12. Ejemplos de redes hub and spoke 89
Figura 3-13. Flujos de forma fragmentada desde el fabricante al almacén al por menor y consolidación de los flujos usando una red “hub” 89
Figura 3-14. Jerarquía del sistema hub and spoke....90
Figura 3-15. Red Multietapa (Multi-Hop)....91
Figura 3-16. Efectos de las infraestructuras de transporte 94
Figura 3-17. Cómo las infraestructuras contribuyen al desarrollo....96
Figura 3-18. Efectos básicos en las redes de transporte....98
Figura 3-19. De la iniciativa de transporte a los efectos de red....99
Figura 3-20. Aumento de costes con la distancia por modos de transporte....102
Figura 3-21. Economías de escala en el transporte 103
Figura 3-22. Efectos locacionales de la ruptura de carga....104
Figura 3-23. Distintas escalas de los sistemas espaciales territoriales 105
Figura 3-24. Diferentes patrones de impacto espacial de la infraestructura de transporte 106
Figura 3-25. Demanda de servicios de la infraestructura de transporte 111
Figura 3-26. Desarrollo acumulativo y convergencia espacio-temporal 116
Figura 3-27. Infraestructuras y crecimiento acumulativo 118
Figura 4-1. Relaciones entre incremento del área de mercado, relocalización y transporte 122
Figura 4-2. Fuentes de la ventaja competitiva locacional 125
Figura 4-3. Ventajas de la globalización de empresas y/o actividades de innovación130
Figura 4-4. Influencia de los clusters sobre la naturaleza de la competencia local 131

Figura 4-5. La nueva jerarquía de las redes de ciudades 132
Figura 4-6. Las tres dimensiones del desarrollo sostenible 139
Figura 4-7. Cadena del ciclo de vida extracción – Producción – Consumo – Residuos 139
Figura 4-8. Impactos del sistema de transporte sobre el medioambiente..... 147
Figura 4-9. Marco conceptual para la integración entre el capital natural y el bienestar humano 148
Figura 4-10. Relaciones y conexiones entre los sistemas de transporte, logístico y de asentamientos 164
Figura 4-11. Dimensiones geográficas de la logística..... 165
Figura 4-12. Superred formada por los sistemas logístico, de transporte y de asentamientos 166
Figura 4-13. Estructura de la superred multinivel. Cadena de Suministro/Red del Sistema Social..... 167
Figura 4-14. Estructura de la red de la Cadena de Suministro Global..... 167
Figura 4-15. La Red de la Cadena de Suministro con plantas de fabricación 168
Figura 4-16. Evolución de la integración logística..... 170
Figura 4-17. Estructura convencional y contemporánea de los flujos de mercancías 171
Figura 4-18. Configuración de la Cadena de Suministro 172
Figura 4-19. Fricción Logística..... 173
Figura 4-20. Medidas que pueden ayudar a reducir las emisiones de CO2 y el impacto medioambiental 177
Figura 4-21. Esquema de la organización espacial de una red logística 178
Figura 4-22. Diagrama de una red en un sistema logístico..... 179
Figura 4-23. Seis tipos de cadenas de distribución 180
Figura 4-24. Distribución de mercancías y estrategias de red 180
Figura 4-25. Tipología de redes de distribución..... 181
Figura 4-26. Tipos de transporte en la cadena logística 182
Figura 4-27**.** Análisis de costes de distribución..... 183
Figura 4-28. Diseño de redes logísticas: Centralización vs. Descentralización..... 184
Figura 4-29. Tipología de espacios logísticos..... 185
Figura 4-30. Cadena de transporte 192
Figura 4-31. Interfaz Logística-Transporte 193
Figura 4-32. Integración del transporte con los eslabones de la Cadena de Suministro en las etapas de abastecimiento y distribución..... 196
Figura 4-33. Diferentes formas de organización 197
Figura 4-34. Integración horizontal y vertical 198
Figura 4-35. Dirección de la integración horizontal y vertical a lo largo de la cadena de valor de la logística del transporte..... 198
Figura 4-36. Estructuración de las cadenas de transporte integrado (intermodal) 201
Figura 4-37. Actividades intermodales..... 205
Figura 4-38. Área de influencia de una plataforma logística..... 208
Figura 4-39. Área de influencia de las plataformas logísticas en una red hub and spoke 210
Figura 4-40. Áreas de influencia urbana 214
Figura 4-41. Comparación entre un hinterland convencional y el concepto aplicado de puerto seco..... 216

Figura 4-42. Modelo conceptual para analizar el desarrollo del concepto de corredor 219
Figura 5-1. El Sistema de Transporte (I).....270
Figura 5-2. El Sistema de Transporte (II).....275
Figura 5-3. Elementos y Procesos en un Sistema Logístico.....279
Figura 5-4. El Sistema de Transporte en los Sistemas Territorial y Espacial 283
Figura 5-5. Jerarquía de los Sistemas Territorial, de Transportes y Logístico.....284
Figura 5-6. Sistemas de Transporte y Distribución Física (Sistema Logístico).....296
Figura 5-7. Organización para el análisis del sistema de transportes y distribución ..297
Figura 5-8. Administrador. Gestión, Control e I+D+i. Niveles N (-8)/1,…,3 a N (-10)/1,…,11 361
Figura 5-9. Administrador. Infraestructuras e Instalaciones de Línea. Mantenimiento. Niveles N (-8)/4 y 5 a N (-14)/1,…,9.....362
Figura 5-10. Administrador. Infraestructuras e Instalaciones de Terminales. Mantenimiento. Niveles N (-8)/4 y 5 a N (-14)/1,…,9. 363
Figura 5-11. Administrador. Operaciones y Energía. Niveles N (-8)/6…8 a N (-13)/1,…,7. 364
Figura 5-12. Leyenda Administrador. Operaciones y Energía. Niveles N (-8)/6…8 a N (-13)/1,…,7. 365
Figura 5-13. Operador de Transporte. Gestión, Control e I+D+i. Niveles N (-8)/1,…,3 a N (-10)/1,…,8. 366
Figura 5-14. Operador de Transporte. Servicios de Trenes y Servicios Logísticos N (-8)/4 y 5 a N (-11)/1,…,7. 367
Figura 5-15. Operador de Transporte. Vehículos: Locomotoras Diesel, y Mantenimiento y Modificación. Nivel N (-8)/4 y 5 368
Figura 5-16. Operador de Transporte. Vehículos: Locomotoras Eléctricas, y Mantenimiento y Modificación. Nivel N (-8)/4 y 5.....369
Figura 5-17. Operador de Transporte. Vehículos: Vagones y Mantenimiento, y Modificación. Nivel N (-8)/4 y 5 370
Figura 5-18. Operador Logístico. Distribución Física y Servicios Logísticos N (-8)/4 y 5 a N (-11)/1,…,7. 371
Figura 5-19 Servicios Logísticos del Administrador, Operador de Transporte y Operador Logístico N (-7)/ 1…3 a N (-11)/1,…,11. 372
Figura 5-20. Diagrama causal impactos sistema de transporte (I) 391
Figura 5-21. Diagrama causal impactos sistema de transporte (II) 397
Figura 6-1. Red ferroviaria y Unidades de relieve en Aragón 424
Figura 6-2. Bloque diagrama del sector central de la Depresión del Ebro (Zaragoza) y situación de líneas ferroviarias de acceso a la ciudad de Zaragoza.....441
Figura 6-3. Bloque diagrama de terrazas y glacis en el sector central de la Depresión del Ebro (Zaragoza) y situación de líneas ferroviarias.....443
Figura 6-4. Ejes industriales isocrona 60'. Estructura sector industrial 2010.....481
Figura 6-5. Niveles de Servicio en el diagrama velocidad-intensidad.....507
Figura 6-6. Esquema del entorno ferroviario de Zaragoza. Marzo 2006 513
Figura 6-7. Esquemas del entorno ferroviario de Zaragoza. Diciembre de 2007 530
Figura 7-1. Diagrama causal impactos sistema de transporte (mesoescala) 655
Figura 7-2. Diagrama causal impactos sistema de transporte (macroescala) 659

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4-1. Volumen de transporte de mercancías en relación con el P.I.B..... 144
Gráfico 4-2. Crecimiento esperado de la actividad de transporte de mercancías por modo de transporte EU-25 (2000=100) 145
Gráfico 4-3. Evolución del crecimiento del P.I.B, del tráfico de mercancías y de viajeros. UE-27..... 145
Gráfico 4-4. Variación anual acumulativa del transporte interurbano de mercancías en España 146
Gráfico 4-5. Consumo final de energía por modos de transporte en España. Año 2006 149
Gráfico 4-6. Crecimiento reciente y pronosticado del tráfico mundial de contenedores 200
Gráfico 6-1. Diagrama Ombrotérmico de Zaragoza..... 446
Gráfico 6-2. Distribución diaria precipitaciones en Zaragoza. Periodo 1941-2010 451
Gráfico 6-3. Días de lluvias Torrenciales y Muy Fuertes en Zaragoza. Periodo 1941-2010 454
Gráfico 6-4. Amplitud térmica diaria y temperaturas máximas y mínimas por meses en Zaragoza. Periodo 1951-2010..... 461
Gráfico 6-5. Distribución de la amplitud térmica diaria en Zaragoza. Periodo 1951-2010 461
Gráfico 6-6. Amplitud térmica diaria máxima en Zaragoza. Periodo 1951-2010..... 462
Gráfico 6-7. Distribución de las Temperaturas Medias diarias en Zaragoza 463
Gráfico 6-8. Meses óptimos para la colocación de carril continuo soldado en Zaragoza 464
Gráfico 6-9. Rachas huracanadas de Viento en Zaragoza. Periodo 1941-2010..... 468
Gráfico 6-10. Dirección dominante de las rachas de viento muy fuertes y huracanadas en Zaragoza. Periodo 1941-2010..... 471
Gráfico 6-11. Variabilidad mensual de días con rachas de viento > 70 km/h según la velocidad media diaria del viento en Zaragoza. Periodo 1941-2010 472
Gráfico 6-12. Concentración de polígonos industriales según número de municipios por ejes industriales en la isocrona de 60 ‘en camión..... 502
Gráfico 6-13. Especialización de los 24 polígonos con más de 50 empresas instaladas en la isocrona de 60’ por camión. Año 2011..... 504
Gráfico 6-14. Potencialidad de demanda de transporte por ramas de actividad industrial en los ejes de comunicaciones de la isocrona de 60’ en camión. Excluida Zaragoza. Año 2011..... 510
Gráfico 6-15. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza en tramos por unidades estructurales de relieve, índice de curvas y rampas máximas 522
Gráfico 6-16. Trazado en planta, en alzado y obras de fábrica (túneles) de las líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza..... 529
Gráfico 6-17. Velocidad máxima de la estructura de vía (%) de las líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza..... 535
Gráfico 6-18. Cargas máximas locomotoras entre Zaragoza y distintos nodos de la red ferroviaria convencional según rampas características máximas..... 579
Gráfico 6-19. Eficiencia de carga de los distintos tipos de vagones según su tara y carga máxima sobre el peso máximo..... 588
Gráfico 6-20. Eficiencia de carga de los distintos tipos de vagones según su índice carga máxima/tara..... 589

Gráfico 6-21. Producción de trenes en la RFIG 616
Gráfico 6-22. Evolución del número de trenes y toneladas netas en las Gerencias de Servicios logísticos en el periodo 2007-2011.....616
Gráfico 6-23. Evolución del número de trenes y toneladas en el área metropolitana de Zaragoza, en la Gerencia de Servicios Logísticos Noreste y en la Red Ferroviaria de Interés General. Periodo año 2007 a 2011 (2007=100) 618
Gráfico 6-24. Evolución del porcentaje en el total de entradas y salidas de los modos ferroviario y carretero en los puertos de Barcelona, Tarragona y en el conjunto del Subsistema Portuario Español. Periodo 2007 a 2011 620
Gráfico 6-25. Consumo y producción de transporte en el área metropolitana de Zaragoza. Trenes y Toneladas netas entradas y salidas en las terminales 625
Gráfico 6-26. Consumo y producción de transporte en el área metropolitana de Zaragoza. Toneladas netas y vagones entrados y salidos en las terminales.....626
Gráfico 6-27. Movimiento total de UTIs y TEUs en el área metropolitana de Zaragoza 628
Gráfico 6-28. Entradas y salidas ferro-portuarias y por carretera en los puertos de Barcelona y Tarragona con respecto al total de los Puertos del Estado en España. Periodo años 2011 a 2007 633
Gráfico 6-29. Relación entre toneladas netas producidas por ferrocarril en el periodo 2007-2011 en España y otros parámetros económicos.....638
Gráfico 6-30. Relación entre toneladas netas producidas por ferrocarril y el PIB desagregado por sectores productivos en España. Periodo 2007-2011 640

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1. Costes del Cambio Climático del modo ferrocarril en €ct/tren-km 151
Tabla 4-2. Costes del Cambio Climático del modo carretera en €ct/vehículo-km..... 152
Tabla 4-3. Valores recomendados para los costes externos del cambio climático (en € / tonelada de CO2) 153
Tabla 4-4. Factores de emisión del transporte de mercancías en de Europa..... 153
Tabla 4-5. Costes externos medios por componente de coste y modo de transporte. Año 2000. UE-17 157
Tabla 4-6. Valores de las variables por tipo de actor 190
Tabla 4-7. Cuota modal del ferrocarril. Año 2000 192
Tabla 4-8. Características potenciales de la red básica de mercancías 247
Tabla 4-9. Clasificación de las líneas 250
Tabla 6-1. Parámetros considerados en el perímetro hexagonal del área de influencia potencial de Zaragoza 410
Tabla 6-2. Principales ciudades de Aragón. Año 2008 412
Tabla 6-3. Municipios citados como integrantes del área metropolitana, área de influencia, entorno metropolitano o espacio metropolitano de Zaragoza. 413
Tabla 6-4. Tamaño de los municipios seleccionados de la isocrona de 60'.Año 2010 416
Tabla 6-5. Altimetría de España y Aragón 420
Tabla 6-6. Meteoalerta. Umbrales de riesgo de los fenómenos meteorológicos 448
Tabla 6-7. Clasificación de la precipitación 449
Tabla 6-8. Días de precipitación en Zaragoza Aeropuerto..... 451
Tabla 6-9. Valores máximos de precipitación mensual en Zaragoza..... 452
Tabla 6-10. Precipitaciones extremas en Zaragoza. Variabilidad estacional..... 453
Tabla 6-11. Precipitaciones máximas en periodos cortos de tiempo (Zaragoza Aeropuerto) 453
Tabla 6-12. Días de lluvia torrencial y muy fuertes en Zaragoza. Periodo 1941-2010 455
Tabla 6-13. Clasificación intensidad precipitaciones de nieve 456
Tabla 6-14. Máx. nº de días de nieve en el mes en Zaragoza 457
Tabla 6-15. Distribución de la amplitud térmica máxima diaria en Zaragoza por meses con temperaturas mayores a 30º C y menores a 0º C. Periodo 1951-2010 462
Tabla 6-16. Clasificación velocidad del viento 466
Tabla 6-17. Rachas máximas absolutas de viento en Zaragoza Periodo 1941-2010 467
Tabla 6-18. Velocidad media diaria del Viento en Zaragoza > 70km/h. Periodo 1941-2010 469
Tabla 6-19. Dirección dominante de las rachas de viento muy fuertes y Huracanados (>70km/h) en Zaragoza. Periodo 1941-2010 470
Tabla 6-20. Variabilidad mensual de días con rachas de viento > 70 km/h según la velocidad media diaria del viento en Zaragoza. Periodo 1941-2010 471
Tabla 6-21. Variabilidad estacional de días con rachas de viento > 70 km/h según la velocidad media diaria del viento en Zaragoza. Periodo 1941-2010 472
Tabla 6-22. Producción de transporte de mercancías por ferrocarril. Periodo 2003-2010 480
Tabla 6-23. Afiliación de Trabajadores a la Seguridad Social por CC.AA. 487
Tabla 6-24. Ejes industriales isocrona 60'. Estructura sector industrial 2010 493

Tabla 6-25. Mayores Polígonos industriales en los ejes industriales de la isocrona de 60' en camión (excluida Zaragoza) 500
Tabla 6-26. Polígonos industriales y empresas industriales por ramas en los ejes industriales de la isocrona de 60' en camión, incluida Zaragoza....501
Tabla 6-27. Especialización de los polígonos industriales con 50 o más empresas instaladas en la isocrona de 60' en camión 503
Tabla 6-28. Capacidad de una vía en condiciones ideales....506
Tabla 6-29. Estaciones de ferrocarril con posibilidad de concentrar los flujos de mercancías en su eje industrial en el área metropolitana de Zaragoza. Año 2011 512
Tabla 6-30. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo Zaragoza en tramos por unidades estructurales de relieve. Perfil en planta 518
Tabla 6-31. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo Zaragoza. Índices de Rodeo, de Curvas/km y de metros en curva/metros de línea....519
Tabla 6-32. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza. Perfil Longitudinal rampas máximas 520
Tabla 6-33. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza. Perfil Longitudinal 521
Tabla 6-34. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo Zaragoza. Obras de Fábrica. Túneles 525
Tabla 6-35. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo Zaragoza en tramos por unidades estructurales en tramos por unidades estructurales de relieve. Perfil en planta, en alzado (longitudinal) y obras de fábrica (túneles). Índice de curvas y túneles 528
Tabla 6-36. Velocidad máxima de estructura de vía por tramos de línea y líneas de las líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza....534
Tabla 6-37. Tramos de vía única en las líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza 536
Tabla 6-38. Longitud máxima de los trenes en las líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza 537
Tabla 6-39. Capacidad Tramo de Línea Torralba-Plana de Picamoixons (L-200. Madrid-Barcelona). Año 2007 539
Tabla 6-40. Capacidad Línea Zaragoza- Reus (L-210) y Línea Zaragoza Sagunto (L-610). Año 2007 540
Tabla 6-41. Capacidad Línea Huesca-Jaca (L-204) y Tramo Casetas-Orduña Línea Zaragoza-Bilbao. L-700). Año 2007....540
Tabla 6-42. Tiempo de transporte entre Madrid y Zaragoza de un tren Tipo 100 (Tramo Madrid-km 122. Entre Matillas y Baides) 542
Tabla 6-43. Tiempo de transporte entre Madrid y Zaragoza de un tren Tipo 100 (Tramo Baides-Límite Aragón. km 204,4. StaMª de Huerta-Monreal de Ariza)....543
Tabla 6-44. Tiempo de transporte entre Madrid y Zaragoza de un tren Tipo 100 (Tramo Límite Aragón. Monreal de Ariza-CIM de Zaragoza) 544
Tabla 6-45. Estaciones y terminales con pendiente ≥ a 3 ‰ en el tramo aragonés de las líneas de ferrocarril con paso por el nodo de Zaragoza....548
Tabla 6-46. Longitud de vías para cruces y adelantamientos en tramos de vía única en las líneas del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza 550
Tabla 6-47. Nº de estaciones y/o terminales por longitud de vías de cruce/adelantamiento en las líneas del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza....551
Tabla 6-48. Vías de estacionamiento y apartado en las terminales de la isocrona de 60' en camión. Líneas del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza 552

Tabla 6-49. Apartaderos y derivaciones particulares en servicio en 2012 en la isocrona de 60' en camión. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza 564
Tabla 6-50. Parque de locomotoras de mercancías de ancho ibérico en España 574
Tabla 6-51. Cargas máximas locomotoras entre Zaragoza y distintos nodos de la red ferroviaria convencional 580
Tabla 6-52. Parque de vagones de Renfe Mercancías 586
Tabla 6-53. Vagones de Renfe mercancías año 2012 587
Tabla 6-54. Masa bruta máxima de los trenes para el itinerario Madrid-Zaragoza Plaza en función de la locomotora, del tipo de vagón, de la longitud máxima admitida en el itinerario y de su rampa característica máxima 593
Tabla 6-55. Producción y consumo teórico de transporte por ferrocarril en el área metropolitana de Zaragoza en el año 2011 609
Tabla 6-56. Producción de Transporte en el área metropolitana de Zaragoza, en la Gerencia de Servicios Logísticos Noreste y en la Red Ferroviaria de Interés General. Años 2007 a 2011 615
Tabla 6-57. Porcentajes de Producción de Transporte en el área metropolitana de Zaragoza, en la Gerencia de Servicios Logísticos Noreste y en la Red Ferroviaria de Interés General. Años 2007 a 2011 617
Tabla 6-58. Porcentaje de producción y consumo en el AMZ con respecto a la Gerencia Noreste de Servicios Logísticos Noreste y a la Red Ferroviaria de Interés General. Años 2007-2011 619
Tabla 6-59. Parámetros de producción de los trenes producidos y consumidos en el área metropolitana de Zaragoza, en la Gerencia de Servicios Logísticos Noreste y en la Red Ferroviaria de Interés General 622
Tabla 6-60. Producción y consumo de transporte por ferrocarril en las 8 terminales del área metropolitana de Zaragoza. Período 2007-2011 624
Tabla 6-61. Parámetros de producción de los trenes producidos y consumidos en el área metropolitana de Zaragoza por operadores 629
Tabla 6-62. Producción y Consumo de Transporte en el AMZ, en España y Reparto Modal (tN). Año 2011 631
Tabla 6-63. Principales flujos importadores y exportadores de la Comunidad Autónoma de Aragón por zonas geográficas. Año 2011 635
Tabla 6-64. Exportaciones e Importaciones por capítulos (CNAE 2011). Provincia de Zaragoza. Año 2011 636
Tabla 6-65. Coeficiente de determinación de la relación entre toneladas netas producidas por ferrocarril en España y otros parámetros económicos. 2007-2011 ... 639
Tabla 6-66. Coeficiente de determinación de la relación entre toneladas netas producidas por ferrocarril en España y otros parámetros económicos. 2007-2011 ... 641

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 2-1. Esquema de ejes y nodos de intermodalidad de transporte de mercancías51
Mapa 2-2. Áreas Urbanas en España. Año 2009 57
Mapa 2-3. Principales Áreas Metropolitanas Españolas (Año 2001).....59
Mapa 2-4. Regiones Metropolitanas, Áreas Urbanas y Diversidad de Áreas Rurales..63
Mapa 2-5. MEGAS europeas, Agrupaciones Policéntricas Potenciales y Puertas de Entrada 64
Mapa 2-6. Marco para una Europa Metropolitana Policéntrica.....65
Mapa 2-7. RINA contexto previsto por PolyMETREXplus en su Visión de una Europa Policéntrica 66
Mapa 4-1. Crecimiento del PIB por regiones 1986-1996 127
Mapa 4-2. Volumen de transporte de mercancías en relación con el P.I.B. 143
Mapa 4-3. Esquema de ejes y nodos de intermodalidad de transporte de mercancías 206
Mapa 4-4. Accesibilidad potencial por ferrocarril. Año 2006.....222
Mapa 4-5. Red Transeuropea de Transporte. Ejes y proyectos prioritarios 224
Mapa 4-6. Eje ferroviario de mercancías Sines/Algeciras-Madrid-Paris.....226
Mapa 4-7. Corredores Paneuropeos de transporte 229
Mapa 4-8. Distribución de los cinco Ejes Transnacionales.....230
Mapa 4-9. Mapa de la Red de Ferrocarriles Rusos 231
Mapa 4-10. Corredor de Transporte Europa-Cáucaso-Asia (TRACECA).....232
Mapa 4-11. Corredores mediterráneos.....233
Mapa 4-12. Principales corredores europeos para las mercancías.....234
Mapa 4-13. Alternativa seleccionada para la TCP. Valle del Gállego.....235
Mapa 4-14. Zonas de centros de actividades de transporte y logística.....237
Mapa 4-15. Trazado en planta del Túnel del Estrecho 238
Mapa 4-16. Las Autopistas del Mar 239
Mapa 4-17. Posibles itinerarios a incluir en una red básica de mercancías 247
Mapa 4-18. Cuellos de botella y red dedicada.....252
Mapa 4-19. Corredores de la red TREND.....252
Mapa 4-20. Red TREND. Corredor F en España 253
Mapa 4-21. Red NEW OPERA 254
Mapa 4-22. Red NEW OPERA y conexión euroasiática.....255
Mapa 4-23. Gran Eje FERRMED.....258
Mapa 4-24. Red de ferrocarril del Eje FERRMED Objetivo horizonte 2025 260
Mapa 4-25. Magistral ECO FRET 261
Mapa 4-26. Corredor Cantábrico-Mediterráneo.....262
Mapa 4-27. Ferrocarril Santander-Mediterráneo.....263
Mapa 4-28. Red ferroviaria catalana de mercancías: Horizonte 2025.....264
Mapa 6-1. Situación de Zaragoza con respecto a las redes ferroviarias europeas y grandes centros de producción y consumo europeos y españoles 404
Mapa 6-2. Red francesa orientada a las Mercancías. Año 2009 406
Mapa 6-3. Tráfico de mercancías sobre la red ferroviaria francesa. Año 2007 407
Mapa 6-4. Red ferroviaria Española. Año 2008.....409
Mapa 6-5. Red ferroviaria aragonesa. Año 2008.....411

Mapa 6-6. Municipios citados como integrantes del área metropolitana, de influencia o del entorno metropolitano de Zaragoza 414
Mapa 6-7. Área metropolitana o Entorno metropolitano de Zaragoza considerado... 414
Mapa 6-8. Orografía e hidrografía y red convencional de ferrocarriles..... 419
Mapa 6-9. Aragón: Territorio e Infraestructuras 422
Mapa 6-10. Mapa geomorfológico de sector central de la Depresión del Ebro (Zaragoza) y situación de líneas ferroviarias de acceso a la ciudad de Zaragoza 443
Mapa 6-11. Viento del Noroeste (Cierzo) en el Valle del Ebro..... 447
Mapa 6-12. Empresas instaladas dentro de los límites de la isocrona de 60' en camión de los municipios con más de 100 altas industriales en la Seguridad Social 482
Mapa 6-13. Afiliados a la Seguridad Social. Año 2010 486
Mapa 6-14. Afiliados a la Seguridad Social en el sector industrial. Año 2010 488
Mapa 6-15. Variación absoluta y relativa de las altas a la Seguridad Social en el sector industrial. Periodo 2008 a 2010..... 489
Mapa 6-16. Empresas industriales por ramas y especialización industrial de los municipios 491
Mapa 6-17. Especialización industrial en extracción y transformación de minerales no energéticos y derivados, e industria química 495
Mapa 6-18. Especialización industrial transformación de metales y mecánica de precisión 496
Mapa 6-19. Especialización industrial en otras manufacturas 497
Mapa 6-20. Polígonos Industriales. Año 2009 499
Mapa 6-21. Intensidades Medias Diarias de Pesados (IMDP) en la la Red Autonómica, Año 2010, y en la Red de Carreteras del Estado y la Red Prioritaria Autonómica, Año 2010 507
Mapa 6-22. Red viaria, ferroviaria y polígonos industriales en el área metropolitana de Zaragoza 509
Mapa 6-23. Niveles de saturación en las líneas de la Red Ferroviaria de Interés General de Adif. Año 2007 541
Mapa 6-24. Longitud máxima de los trenes en las líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo de Zaragoza..... 546
Mapa 6-25. Tráficos ferroviarios interiores de vehículos (Año 2009)..... 567
Mapa 6-26. Relaciones y Frecuencias semanales de trenes de mercancías entre Zaragoza Plaza y otros nodos de la red española de ancho ibérico..... 595
Mapa 6-27. Función de Zaragoza Plaza como Hub concentrador y distribuidor de flujos de contenedores..... 597
Mapa 6-28. Relaciones y Frecuencias semanales de trenes de mercancías entre Grisén y otros nodos de la red española de ancho ibérico 600
Mapa 6-29. Relaciones y Frecuencias semanales de trenes de mercancías entre Zaragoza Corbera Alta y otros nodos de la red española de ancho ibérico 602
Mapa 6-30. Relaciones y Frecuencias semanales de trenes de mercancías entre Zuera y otros nodos de la red española de ancho ibérico..... 604
Mapa 6-31. Relaciones y Frecuencias semanales de trenes de mercancías entre El Espartal y otros nodos de la red española de ancho ibérico..... 605
Mapa 6-32. Relaciones y Frecuencias semanales de trenes de mercancías entre los restantes nodos del AMZ y otros nodos de la red española de ancho ibérico..... 606
Mapa 6-33. Producción teórica de transporte en el área metropolitana de Zaragoza para el consumo en los nodos de la red ferroviaria convencional en el año 2011..... 611
Mapa 6-34. Consumo teórico de transporte en el área metropolitana de Zaragoza producido en los nodos de la red ferroviaria convencional en el año 2011 611

Mapa 6-35. Intercambios de flujos de transporte terrestre por modos entre Aragón y las otras Comunidades Autónomas en el año 2011 632

Mapa 6-36. Principales flujos importadores y exportadores de la Comunidad Autónoma de Aragón. Año 2011 634

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1-1. Métodos actuales en la Geografía del Transporte 19
Cuadro 2-1. Marco de trabajo para el Análisis de Sistemas 40
Cuadro 2-2. Clases de Modelos 42
Cuadro 2-3. Modelo básico de predicción 43
Cuadro 2-4. Modelos Analíticos 45
Cuadro 2-5. Transformaciones socioeconómicas y territoriales en regiones metropolitanas: del desarrollo conceptual a la inflación terminológica 53
Cuadro 3-1. Efectos de la construcción, explotación y obsolescencia de las infraestructuras sobre el territorio 95
Cuadro 3-2. Tipo de efectos de las inversiones en infraestructuras de transporte 97
Cuadro 4-1. Rendimientos de escala y economías de aglomeración 129
Cuadro 4-2. Descripción general de los puntos principales y los factores de coste del transporte por componente del coste externo total 150
Cuadro 4-3. DAFO del sector logístico en España 176
Cuadro 4-4. Análisis DAFO del transporte combinado carretera-ferrocarril 202
Cuadro 4-5. Efectos positivos de las Plataformas y Centros Logísticos 213
Cuadro 4-6. Ventajas y desventajas de los puertos secos 217
Cuadro 4-7. Red ferroviaria orientada a las mercancías: Fiabilidad-Prestaciones-Competitividad 241
Cuadro 4-8. Red orientada al transporte de mercancías por ferrocarril 243
Cuadro 4-9. Características de los corredores para cumplir a medio plazo (2015) ... 244
Cuadro 4-10. Ruta de migración de NEW OPERA 255
Cuadro 5-1. Esquema de análisis subsistemas de los subsistemas de transporte y logístico 298
Cuadro 5-2. Mejoras propuestas en el subsistema de transporte de mercancías por ferrocarril 394
Cuadro 6-1. Escala Internacional de Visibilidad del Aire 475
Cuadro 6-2. Líneas de ferrocarril del cuadrante noreste con paso por el nodo Zaragoza en tramos por unidades estructurales de relieve. Tramos de líneas según relieves estructurales y unidades geomorfológicas 517
Cuadro 6-3. Códigos de color gráfico 15 523
Cuadro 6-4. Enclavamientos de las estaciones y terminales con actividad de transporte de mercancías en la isocrona de 60’ en camión 556

Fundación de los Ferrocarriles Españoles