

LA RED ESPAÑOLA DE ALTA VELOCIDAD: ESTRUCTURACIÓN, EXPANSIÓN E IMPACTOS DERIVADOS

Sergio Martín Cabo

Dirigida por Francisco Javier Antón Burgos

Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física

Facultad de Geografía e Historia



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

Madrid, 2015

**COLECCIÓN
TESIS DOCTORALES**

HUMANIDADES

**LA RED ESPAÑOLA DE ALTA VELOCIDAD:
ESTRUCTURACIÓN, EXPANSIÓN E IMPACTOS
DERIVADOS**

Sergio Martín Cabo

Dirigida por Francisco Javier Antón Burgos

**Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física
FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA**



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

Madrid, 2015

COLECCIÓN TESIS DOCTORALES

HUMANIDADES

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

LA RED ESPAÑOLA DE ALTA VELOCIDAD: ESTRUCTURACIÓN, EXPANSIÓN E IMPACTOS DERIVADOS

En esta tesis se consideran y analizan diferentes planteamientos de la alta velocidad ferroviaria, fijando varios objetivos. El primero de ellos es sistematizar conocimientos transversales sobre la alta velocidad. En segundo lugar, realizar cartografía temática como fórmula de expresión gráfica y geográfica del proceso de investigación y como apoyo para enlazar hipótesis, investigación y conclusiones. Otro objetivo es emplear el análisis topológico y la Teoría de Grafos para representar y analizar la estructuración y expansión de la red española de alta velocidad. El último objetivo es la utilización de modelos de gravitación para determinar la demanda potencial de viajeros en dicha red, su comparación con el tráfico real y el previsible a futuro.

Sergio Martín Cabo es doctor en Geografía por la Universidad Complutense de Madrid con mención Cum Laude y especialista universitario en Ordenación Territorial y Medioambiente por la Universidad Politécnica de Valencia. Es autor de numerosos artículos científicos relacionados con el ferrocarril. Ha trabajado, entre otras, para las compañías Tragsatec, Ineco y Argea Consultores, y como técnico en la Universidad Complutense de Madrid. Desde 2017 forma parte del equipo investigador del área de I+D+i de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, en el Departamento de Geografía y Tráficos Ferroviarios.

ISBN: 978-84-947477-3-1

Depósito legal: M-33099-2017

Fundación de los Ferrocarriles Españoles – 2017

Coordinación editorial y maquetación: Lourdes Orozco Torres

Diseño de cubiertas: Belén Romeo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	7
RESUMEN	9
SUMMARY	13
1. LÍNEAS GENERALES DE LA TESIS	17
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL	17
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO	18
1.3. ESTADO DE LA CUESTIÓN	21
1.3.1. Introducción	21
1.3.2. Caracterización técnico-tecnológica	22
1.3.3. Teoría y planificación del transporte	23
1.3.4. Estudios de conjunto sobre el ferrocarril de alta velocidad	26
1.3.5. Estudios específicos sobre redes de alta velocidad ferroviaria	27
1.3.6. Dinámica de redes de alta velocidad ferroviaria	27
1.3.7. Técnicas de análisis	30
1.3.8. Valoraciones de la alta velocidad ferroviaria	39
1.4. HIPÓTESIS DE TRABAJO	43
1.5. OBJETIVOS	44
1.6. METODOLOGÍA	45
1.7. ESTRUCTURA	49
2. INTRODUCCIÓN A LA ALTA VELOCIDAD	51
2.1. APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE ALTA VELOCIDAD	51
2.1.1. Infraestructura, material rodante y compatibilidad entre ambos	51
2.1.2. Línea de alta velocidad	52
2.1.3. Transporte de viajeros según distancia	53
2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	53
2.2.1. Radio mínimo de curva y pendiente longitudinal	53
2.2.2. Ancho de vía y entrevía	54
2.2.3. Sistema de electrificación y señalización	56
2.2.4. Sistema de frenado, suspensión y material móvil	57
2.2.5. Otros condicionantes: exclusividad de la vía, interoperabilidad y accesibilidad	57
2.2.6. Velocidad y ahorro de tiempo	58
2.3. EVOLUCIÓN HISTÓRICA	62
2.4. DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA ALTA VELOCIDAD EN EL MUNDO	64
3. LA POLÍTICA DE TRANSPORTE Y SU RELACIÓN CON LA ALTA VELOCIDAD ..	67
3.1. POLÍTICA DE TRANSPORTE DE LA UNIÓN EUROPEA	67
3.1.1. Política Común de Transporte	67

3.1.2.	La Política Común de Infraestructuras de Transporte	71
3.1.3.	La Red Transeuropea de Transporte	73
3.1.4.	Red Transeuropea de Transporte y sector ferroviario	93
3.1.5.	Conclusiones	117
3.2.	PLANES Y POLÍTICAS DE TRANSPORTE FERROVIARIO IMPLEMENTADOS EN ESPAÑA: ORIENTACIONES Y EVOLUCIÓN	123
3.2.1.	Introducción	123
3.2.2.	Plan de Transporte Ferroviario (1987-2000)	129
3.2.3.	Plan Director de Infraestructuras (1993-2007)	132
3.2.4.	Plan de Infraestructuras de Transporte (2000-2007).....	136
3.2.5.	Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (2005-2020).....	137
3.2.6.	Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (2012-2024)	150
3.2.7.	El proceso liberalizador del sector ferroviario español	151
3.2.8.	Conclusiones	170
4.	LA RED DE ALTA VELOCIDAD EN ESPAÑA	177
4.1.	ESTRUCTURACIÓN	177
4.2.	COMPARATIVA DE LA RED ESPAÑOLA DE ALTA VELOCIDAD CON OTRAS REDES A NIVEL INTERNACIONAL.....	190
4.2.1.	Introducción	190
4.2.2.	Descripción de las redes	190
4.2.3.	Análisis comparativo.....	207
4.3.	TIPOLOGÍA DE MATERIAL RODANTE EN ESPAÑA	220
4.3.	TECNOLOGÍA FERROVIARIA ESPAÑOLA.....	223
4.3.1.	Cambio de ancho.....	223
4.3.2.	Sistema de pendulación	224
4.3.3.	Sistema Europeo de Gestión del Tráfico Ferroviario (ERTMS).....	225
4.3.4.	Alta Velocidad Rueda Independiente Ligero (AVRIL).....	225
4.3.5.	Sistema Da Vinci	226
4.3.6.	Oaris	226
4.3.7.	Proyectos a nivel internacional	227
4.4.	GESTIÓN Y PRÁCTICA OPERATIVA DE LA RED.....	228
4.4.1.	Demanda y su relación con la frecuencia.....	228
4.4.2.	Demanda y su relación con tiempo de viaje, precio y otros atributos...	232
4.4.3.	Tipología de trenes de alta velocidad operativos según corredores	233
4.4.4.	Personal destinado a alta velocidad	235
4.5.	CONCLUSIONES	236
5.	ANÁLISIS DE LA RED	239
5.1.	INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE REDES	239

5.2.	TOPOLOGÍA Y TEORÍA DE GRAFOS.....	240
5.2.1.	Objeto y metodología de aplicación	241
5.2.2.	Análisis de resultados de conectividad.....	245
5.2.3.	Análisis de resultados de accesibilidad	260
5.3.	CONCLUSIONES	270
6.	MODELIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRÁFICO A PARTIR DE UN MODELO GRAVITATORIO	275
6.1.	OBJETO Y MODELOS CONSIDERADOS	275
6.2.	CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES	276
6.2.1.	Base demográfica del ámbito de estudio	276
6.2.2.	Distancias kilométricas en el ámbito de estudio.....	284
6.3.	FORMULACIÓN	288
6.4.	TIPOLOGÍAS OBTENIDAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	290
6.5.	CONCLUSIONES	327
7.	IMPACTOS DERIVADOS DEL TREN DE ALTA VELOCIDAD.....	331
7.1.	INTRODUCCIÓN.....	331
7.2.	IMPLICACIONES SOBRE LA MOVILIDAD ESPACIAL	332
7.2.1.	Movilidad y accesibilidad	332
7.2.2.	Demanda de viajeros.....	335
7.2.3.	Competencia entre modos	337
7.2.4.	Conclusiones	345
7.3.	IMPLICACIONES SOBRE UNA PERSPECTIVA SOCIOECONÓMICA	346
7.3.1.	Costes: planificación, construcción y mantenimiento	347
7.3.2.	Actores intervinientes	350
7.3.3.	Análisis Coste-Beneficio (ACB)	351
7.3.4.	Coste de oportunidad	353
7.3.5.	Retos: creación de nuevos trazados o mejora de los ya existentes.....	354
7.3.6.	Política tarifaria de RENFE Operadora	355
7.3.7.	El tren de alta velocidad como motor turístico.....	364
7.3.8.	Rentabilidad social del tren de alta velocidad	365
7.3.9.	Conclusiones	369
7.4.	IMPLICACIONES TERRITORIALES	371
7.4.1.	Capacidad de impulso territorial	371
7.4.2.	Efecto de red y efecto túnel: contracción y polarización	377
7.4.3.	Cancelación de servicios de alta velocidad y otros servicios ferroviarios	380
7.4.4.	Conclusiones	387
7.4.5.	Implicaciones ambientales	389

8. CONCLUSIONES FINALES.....	399
BIBLIOGRAFÍA	419
FUENTES LEGISLATIVAS Y DOCUMENTALES.....	438
FUENTES TELEMÁTICAS.....	439
FUENTES ESTADÍSTICAS.....	444
ÍNDICE DE MAPAS.....	445
ÍNDICE DE TABLAS	447
ÍNDICE DE GRÁFICOS	451
ÍNDICE DE FIGURAS	453
ANEXOS	455
ANEXO 1: Cronología de los instrumentos legislativos y documentales comunitarios empleados.....	455
ANEXO 2: Cronología de los instrumentos legislativos y documentales españoles empleados.....	470
ANEXO 3: Revistas consultadas.....	473
ANEXO 4: Directorio de líneas de alta velocidad en el mundo	476
Líneas o tramos de líneas operables a velocidades ≥ 250 km/h.....	476
ANEXO 5: Acrónimos utilizados.....	493
ANEXO 6: Valores de distancias para la red de alta velocidad.....	498
ANEXO 7: Datos utilizados para los gráficos de dispersión.....	499

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dedicar esta tesis a Itziar. Por muchos motivos, pero sobre todo por su paciencia y su ayuda en los momentos más delicados.

También querría dedicársela a mis padres, pues sin ellos nada de esto habría sido posible, así como al resto de mi familia.

Debo también señalar el apoyo recibido por parte de Luis Eduardo Mesa, así como del resto de personal de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, por la información aportada al respecto. Tampoco quiero omitir a Pedro Currás y Francisco Javier Vega, por la atención que me han prestado en todo este tiempo.

Además, tengo que mencionar a José Ramón Palacios, profesional del sector, por su amplio conocimiento y sus reflexiones críticas, como también al profesor Óscar Armando Rico, por su inestimable ayuda para la formulación del modelo gravitatorio.

Finalmente, agradecer de forma especial la contribución del Director de la tesis, el Dr. D. Francisco Javier Antón Burgos en cuanto al tiempo dedicado y las sugerencias y consejos indicados a la hora de su realización.

RESUMEN

La presente tesis lleva por título el siguiente: “La red de alta velocidad española: estructuración, expansión e impactos derivados”.

Es un trabajo donde el núcleo fundamental es el tren de alta velocidad, a partir del cual se desbrozan diferentes bloques relacionados entre sí.

Los intereses para su realización son múltiples. A nivel personal supone un esfuerzo gratificante dada la atracción que me ha producido desde hace tiempo la temática del transporte. Dentro de éste, todo lo relacionado con la alta velocidad ferroviaria me ha llamado especialmente la atención: diseño y desarrollo de líneas y, más adelante, redes, innovaciones asociadas, opiniones generadas, efectos de toda índole que puede producir, etc. El interés personal se complementa con la formación geográfica recibida en la etapa académica y sobre todo la adquirida con la propia investigación. A partir de ésta en la tesis se consideran y analizan diferentes planteamientos de la alta velocidad, fundamentalmente española, integrados de forma más o menos directa en uno o varios de los conceptos incluidos en el título de este documento: estructuración, expansión e impactos que se deriven.

En concreto, el objetivo fundamental es plasmar la investigación de las hipótesis que se plantean, estableciendo conclusiones en base a los resultados obtenidos y buscando un hilo conductor entre las hipótesis, los objetivos y las conclusiones.

Además de ello hay que destacar los siguientes objetivos: sistematizar conocimientos transversales sobre la alta velocidad, adquiridos a partir de la compilación, análisis y valoración de documentación con gran variedad de enfoques, realizar cartografía temática como fórmula de expresión gráfica y geográfica del proceso de investigación y como apoyo para enlazar hipótesis, investigación y conclusiones, empleo del análisis topológico y de la Teoría de Grafos para representar y analizar la estructuración y expansión de la red española de alta velocidad, y la utilización de modelos de gravitación para determinar la demanda potencial de viajeros en dicha red, su comparación con el tráfico real y el previsible a futuro.

La primera línea de alta velocidad del mundo fue puesta en servicio en Japón en 1964, conectando las ciudades de Tokio y Osaka. A partir de ese momento, los proyectos e inauguraciones de nuevas líneas se han ido sucediendo si bien el proceso de expansión se ha acelerado con el cambio de siglo, con un número de países con red en servicio o bien en construcción o proyecto cada vez más numeroso.

Es un tipo de ferrocarril con una serie de especificaciones que lo diferencian del tren convencional, especialmente a nivel técnico. Estas especificaciones se refieren a unas exigencias mayores en cuanto a las características del trazado, sistemas de señalización, frenado, etc. inherentes a su propia concepción de modo de transporte que circula a una velocidad superior a la del ferrocarril convencional.

El tren de alta velocidad ha experimentado una presencia paulatina en la legislación de la Unión Europea y también en la administración nacional, en consonancia con las directrices comunitarias.

Más en concreto, resulta destacable su papel dentro de la Política Común de Transporte, de la Política Común de Infraestructuras de Transporte y de la Red Transeuropea de Transporte.

Los objetivos a nivel comunitario en esta materia se enfocan en un primer momento en la creación de un espacio único de transporte. A partir de la Cumbre de Rio de Janeiro de 1992 comienza una progresiva preocupación por la sostenibilidad en el transporte, y por cómo integrarlo con el crecimiento económico. Esta integración fue posteriormente

evaluada en sucesivos documentos (Libro Blanco de 2001, revisión de éste en 2006 y Libro Blanco de 2011) y se constató que los avances en este sentido fueron escasos, y es un hecho que en la actualidad sigue resultando ciertamente problemático.

El objetivo de avanzar en la liberalización del transporte se adapta a nivel sectorial. En el caso del ferrocarril, los pasos hacia adelante son lentos, especialmente en la apertura del mercado de viajeros, debido a los importantes trámites burocráticos, a la existencia de una estructura organizativa consolidada en régimen monopolístico, tanto para la explotación como la gestión de las infraestructuras y del material rodante, las variables condiciones de acceso al mercado, etc. Respecto a la creación del espacio ferroviario único, existen también importantes problemas como por ejemplo la falta de entendimiento entre los Estados miembro y las diferentes condiciones de interoperabilidad transfronteriza.

La creación de la Red Transeuropea de Transporte puede considerarse como uno de los principales retos existentes para el sector a nivel comunitario. La idea de su puesta en marcha se remonta a la segunda mitad de la década de los ochenta. A principios de los noventa se elabora una primera lista con una serie de proyectos concretos, que desembocan en su adición como un título más dentro del Tratado de Maastricht de 1992. Dichos proyectos irán ampliándose en sucesivas reuniones y creaciones de Grupos de Trabajo, los cuales diseñarán sus propias listas de proyectos. Deben destacarse en este sentido los proyectos de Essen (1994) y los de Van Miert (2004).

Dentro de la Red Transeuropea resulta muy reseñable la presencia del tren de alta velocidad dentro de la relación de proyectos diseñados. Este protagonismo tiene como fin la revitalización del sector sobre el resto de modos.

El incremento del número de Estados miembro hizo que la cuantía de proyectos también se elevara. Sin embargo, la escasa colaboración entre países junto a las dificultades para su financiación generó retrasos a la hora de ejecutar buena parte de las actuaciones diseñadas. Este fracaso provocó la reformulación de la estructura de la red de transporte, en base al planteamiento de un nuevo mecanismo de actuación denominado “Conectar Europa”, pasando a organizarse en dos niveles. Un primer nivel con horizonte de ejecución más próximo –para 2030- en el cual se encuadran los proyectos con una mayor importancia geoestratégica para el conjunto de la Unión Europea, y un segundo nivel configurado en torno a aquellos planes derivados de las distintas administraciones nacionales, con horizonte 2050.

A nivel nacional, el desarrollo de la primera línea de alta velocidad comienza con el estudio de un nuevo enlace para comunicar la meseta con Andalucía. Esta actuación (línea Madrid-Sevilla) finalmente se diseñó con parámetros de alta velocidad y en ancho europeo (1.435 milímetros), siendo la primera línea en España con esta anchura. Todos los planes aprobados posteriormente por los diferentes gobiernos comparten filosofía similar: el desarrollo de una red de alta velocidad ferroviaria, cada vez más amplia. De esta manera, en la actualidad España es el segundo país del mundo por longitud de red, tras China. También destaca en cuanto a densidad de la red en base a la superficie y también respecto a la masa demográfica.

Dicha red comunica buena parte de las principales ciudades del país y otros núcleos intermedios. Su estructura radial convierte a la capital en el nodo central de comunicaciones en este modo.

El proceso de liberalización del sector ferroviario español se sitúa en la actualidad inacabado, especialmente a nivel de viajeros. Las mercancías presentan un grado de apertura mayor, con diferentes empresas operando aunque con unas cuotas de mercado respecto al resto de modos muy bajas. Respecto a viajeros, ya comenzó la liberalización de una de las líneas de alta velocidad (Madrid-Levante), sin embargo el contexto actual dista de ser abierto y/o equitativo debido a las trabas existentes y al

escepticismo reinante entre los posibles operadores que desean entrar en este mercado respecto a las condiciones de apertura.

Otro punto a destacar es que pese a la utilización de importante material extranjero, la tecnología española de alta velocidad es a día de hoy una de las más punteras del mundo, lo que ha permitido la participación en proyectos de gran envergadura como el tren de alta velocidad Medina-La Meca, el sector Fresno-North Bakersfield para la alta velocidad californiana o el tramo Tánger-Kenitra en Marruecos.

El análisis topológico y la aplicación de la Teoría de Grafos muestran algunas características más de la red española y su comparación con otras redes.

Las aportaciones realizadas a este respecto indican que existe un eje principal diagonal, desde el suroeste hacia el noreste, que concentra en buena medida la mayor parte de los nodos de mayor entidad de la red.

Madrid es claramente el nodo mejor comunicado de ésta, con una posición privilegiada tanto desde una perspectiva geométrica como topológica. Tras la puesta en marcha de los by-pass de Perales del Río y Torrejón de Velasco se ha producido un avance hacia la descentralización de la red, al evitar el paso por Madrid de trenes que discurren por todo el corredor principal, desde Sevilla o Málaga hacia Barcelona y viceversa. Los resultados de los índices también corroboran el rol de la capital como nodo central de la misma.

El resto de enlaces poseen menor accesibilidad, especialmente los nodos del subgrafo gallego que, en espera de la inauguración completa de la línea a Galicia, sólo cuentan con comunicación directa en alta velocidad entre ellos mismos.

También se consideran las frecuencias, y se relacionan con dos variables que serán utilizadas de igual forma para la formulación del modelo gravitatorio: masa demográfica y distancia, determinando su notable independencia entre ellas, mayor no obstante en el caso de la comparación frecuencia-distancia.

Respecto a la masa demográfica se incluye un análisis diacrónico para determinar los posibles efectos de la implantación de un tren de alta velocidad sobre el movimiento de la población, con resultados contrastados. En este sentido, núcleos capitales menores al millón de habitantes pero próximos a las grandes aglomeraciones de Madrid y Barcelona son los que experimentan una evolución más positiva, caso de Toledo, Ciudad Real o Lérida. En el polo opuesto se sitúan pequeñas capitales provinciales como Segovia o núcleos urbanos no capitales como Antequera o Puertollano.

En cuanto al modelo gravitatorio, se han utilizado las variables de población y distancia, según se ha indicado, más las constantes de ajuste, determinadas a partir del estudio de Rico (2008). A partir de diagramas de dispersión, se demuestra que existe correlación entre flujo de demanda y las variables, especialmente con la masa demográfica.

Los coeficientes de gravitación corroboran las afirmaciones realizadas en el capítulo anterior sobre la centralidad de Madrid y la organización de la red a partir de este nodo.

La determinación de una tipología de enlaces ha resultado ser una tarea compleja, al tener que decidir qué masa demográfica y qué distancia deben tomarse como referencia en cada caso en aras de buscar la mayor exactitud posible.

A partir de la categorización de enlaces se ha procedido a la aplicación de la fórmula de gravitación y después a su comparación con los datos reales disponibles, cuyo volumen ha resultado ser inferior a los aportados en esta tesis.

Los valores obtenidos a nivel potencial presentan una diferencia que varía según el caso comparado, si bien siempre se hallan por encima de las cifras reales, hecho positivo si tenemos en cuenta que se trata de calcular volúmenes de tráfico potenciales máximos.

Hay que destacar también la preponderancia de las dos grandes aglomeraciones urbanas del país en cuanto al flujo de viajeros, puesto que al menos una de ellas aparece como origen o destino en los enlaces comparados.

De igual forma, indicar que la puesta en marcha del servicio en alta velocidad ha implicado un importante aumento del flujo de viajeros entre muchos de los enlaces anteriormente cubiertos por ferrocarril convencional, aunque existen ciertas diferencias que son necesarias de matizar.

En cuanto a las afecciones que puede provocar el tren de alta velocidad, se categorizan en diferentes apartados. No obstante, se hallan muy relacionadas entre sí, ya que los efectos sobre la movilidad forman parte de las cuestiones socioeconómicas y, junto al impacto ambiental, todo ello conforma posibles afecciones sobre el territorio.

Hay que destacar la literatura existente centrada en el estudio de la alta velocidad y la movilidad y en cómo ha podido afectar su implantación a la demanda de tráfico para un determinado corredor y al resto de cuestiones a nivel socioeconómico (actores intervinientes, realización de análisis coste-beneficio, costes, política tarifaria, rentabilidad social, etc.), con conclusiones ciertamente contrastadas según autores.

Otros efectos que genera este tren se hallan a nivel más puramente territorial, como son el efecto barrera y el efecto túnel, más que el efecto corredor, por las propias características de la alta velocidad: conectar puntos relativamente distales, en perjuicio de los intermedios, para los cuales podría resultar interesante que estuvieran comunicados a este tipo de ferrocarril a través de una red complementaria.

Finalmente, los impactos a nivel ambiental han sido divididos en dos partes: por un lado, el consumo energético, por otro, resto de impactos (consumo de espacio, impacto acústico y afecciones externas). Queda demostrado que el más estudiado es el primero de ellos, y además en diferentes ocasiones, las conclusiones pueden llegar a ser opuestas.

SUMMARY

The current thesis' title is "Spanish high speed rail network: structuring, development and its effects". The core of the work is the high speed rail, from which several interrelated aspects are analyzed.

The reasons why this topic was chosen are diverse. Personally it is a fulfilling task given the fact that I have been interested in transport geography for a long time and in high speed train in particular design and development of the network, innovation, generated opinions and all type of effects it can create. My personal interest is completed with my technical background gained throughout my B.A. and throughout my own research.

From this point several approaches on the high speed train will be analyzed, mainly the Spanish AVE included in the document's title: structuring, development and its effects.

The main aim is to prove the hypothesis, reaching conclusions from the obtained results and finding a thread from the hypothesis, goals and conclusions.

Furthermore, the following goals will be stressed on: systematizing transversal knowledge on high speed train acquired through the compilation and studying of the references with great variety of approaches, the thematic cartography made throughout the process. Cartography was a way of expressing graphically and geographically the research process and a support to connect the hypothesis, research and conclusion, the use of topological analysis and the Graph Theory to represent and analysing the structure and growth of the Spanish high speed rail and the use of gravity models to calculate the potential demand of passengers, its comparison with real traffic and the foreseeable future.

The first high speed rail line connected the cities of Tokyo and Osaka was opened in 1964. From that moment on the high speed rail has spread throughout the world, especially in the turn of the century, with a growing number of countries with the actual service or under construction or in project.

This type of railway has a serie of singularities regarding the conventional train in particular in a technical level. These singularities include higher requirements regarding the path, signal systems, braking, etc. These features are inherent to its conception of a transport mode which runs at higher speed than a conventional rail.

The high speed train has had a bigger presence in the European law and in the national administration, according to the European guidelines (European Transport Policy, Infrastructure Common Policy and Trans-European Transport Network).

The goals within a European level in this field aim to create one unique european transport space. From the Rio Summit (1992) concerns for a sustainable transport rise and how to maintain a balance with economic growth. This integration was later evaluated in different documents (2001 White Book and its revision in 2006 and the White Book of 2011). Little progress in this matter was seen, which is currently problematic.

The intention of advancing in the liberalization of transport is adapted in a sectorial level. In railway the steps have been slow as a result of the bureaucratic procedures, the organizational structure in a monopolistic regime for both operation and for the infrastructure and rolling stock, the different conditions to access the market, etc. There are also problems to achieve a unique railway area like the lack of understanding among the EU members and the different conditions of the transnational interoperability.

The creation of a Trans-European Transport Network can be considered one of the main challenges for transport sector in a European level. The process' beginnings go back to

the second half of the 80s. In the early 90s a list of specific projects leads to a title in the Maastricht Treaty (1992). These projects will be further approached in meetings and high level work groups that will design their own list of projects. The most significant are the Essen (1994) and Van Miert projects (2004)

Within the Trans-European Transport Network it has to be highlighted the presence of high speed rail within designed projects. The objective of this role is to revitalize the rail sector from the other transport modes.

The increase in the number of EU members caused the number of projects to shoot up. Nevertheless the low cooperation among countries as well as the lacking of financial support generated execution delays in most of the designed projects. This failure led to the reformulation in the network structure in base of the new mechanism planning called "Connect Europe", organizing itself in two levels.

The first level with a closer execution deadline (2030) includes more significant geostrategic projects for the EU. In the second level, projects will be organized around the plans derived from different national administrations, which are planned to be finished around 2050.

In a national level, the development of the first high speed rail line starts with the study to a new link between the meseta and Andalucía. This project (Madrid-Sevilla line) was finally designed with high speed rail parameters and a European width (1.435 millimeters). It was the first European line with this width in Spain. All the plans that were passed later by different governments share a similar philosophy: the development of a high speed railway wider path. Therefore Spain is now the second country with a longer high speed rail network, only behind China. Spain is also well ranked in the network density compared to its surface and population.

This network links most major cities and other middle-sized cities. Its radial structure ensures Madrid into the hub of communications.

The liberalization process in the Spanish railway sector is currently unfinished, especially regarding passengers sector. Freight transport has a higher degree of market opening, with several companies operating although with a low market share compared with other transport modes. The passenger service started to be privatized (through Madrid-Levante line). However the current context is far from being opened or equitable as a result of the hindrances and the skepticism among potential operators wishing to enter this market regarding the conditions for opening.

Another important issue is that, despite of the using of foreign technology, Spanish high speed rail technology is one of the most developed worldwide, being used in Medina-Mecca line, Fresno- North Bakersfield (California) or Tangier-Kenitra in Morocco.

Topological analysis and the Graph Theory show some of the Spanish network features and its comparison with other rail networks.

The studies show that there is a main diagonal axis southwest-northeast that concentrates most of the first level nodes.

Madrid is the best communicated node having a privileged position in a geometric and topological perspective. The opening of two by-pass in Perales del Río and Torrejón de Velasco supposes a short step to decentralization avoiding trains from Seville or Málaga heading to Barcelona entering Madrid. The result of the calculated indexes proves the role of Madrid as the central node in the high speed rail network.

The remaining have less accessibility level than Madrid, in particular the nodes of Galician subgraph that only have direct high speed connection between themselves.

Frequencies have been considered, and they are related to two other variables that will be used for gravity model equation: population and distance. The conclusion is the

notable independence amongst them, which will be greater in the frequency-distance comparison.

Regarding the demographic mass a diachronic analysis is included to determine the possible effects of the implantation of a high speed rail over the population flows, with different results. On the one hand settlements with less than 1 million inhabitants but near the big urban areas of Madrid and Barcelona have the most positive evolution: Toledo, Ciudad Real or Lérida. On the other hand there are small provincial capitals like Segovia or non-capital settlements like Puertollano or Antequera.

In relation to gravity model, the population and distance variables, as informed, have been used. The adjustment constant obtained from Rico's studies (2008) have also been used. Using scatter diagrams it can be proved that there is correlation between demand flow and the variables, especially demographic mass.

Gravity coefficients prove that the statements made in the previous chapter about Madrid's centrality and the network's organization around this node.

The determination of the typology of connections has been a complex task bearing in mind deciding what demographic mass and what distance must be taken as reference in each case in order to obtain maximum accuracy.

From categorizing links gravity equation has been applied. After that, results has been compared with real available data, whose volume is less than the one supplied in the thesis.

The obtained values at a potential level present a difference that varies depending on the compared case. Nevertheless these results are always above the real numbers. This is a positive fact if it is taken into account that the issue is to calculate maximum traffic volumes.

It must also be highlighted the importance of the two great spanish urban areas of the country in terms of passenger flow as at least one of them appear as origin or destination of the compared links.

Moreover it must be stated that the start up of high speed rail service has led to a significant increase in the passengers flow in links that were previously covered by conventional railway. However it is not a generalized fact and there are necessary differences to tint.

The impacts that high speed rail provoke can be classified in different categories. In fact, they are closely interrelated to each other, as the effects of mobility are socioeconomic affairs as well as environmental effects, they are all possible conditions on the territory.

It must be highlighted literature related to analyzing high speed rail and mobility and how its implantation can affect a particular line demand flow and other socio-economic issues (agents, cost-benefit analysis, pricing policy, social profitability), where there are mixed conclusions depending on the author's analysis.

Other effects of this train are purely territorial like barrier effect or tunnel barrier effect rather than the corridor effect, due to high speed rail specifications. For instance, high speed enables connecting distant locations, whereas intermediate cities remain worse connected. It would be interesting that the locations in between had some type of communication with this type of railway through an improved conventional rail network.

Finally the environmental effects have been divided in two categories. Firstly it is referring to energy consumption. Secondly, there are other impacts considered: space consumption, noise impact and external costs. It has been demonstrated that the most studied has been the first one and in different occasions the findings may become opposite.

1. LÍNEAS GENERALES DE LA TESIS

1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La alta velocidad ferroviaria es un sistema de transporte innovador, que abre nuevas posibilidades a futuro de cara a mejorar las comunicaciones entre regiones y países, aumentar la movilidad a diversas escalas y conseguir un mayor desarrollo regional, cohesión y estructuración territorial.

El primer corredor de estas características fue inaugurado en 1964 en Japón. Posteriormente fueron surgiendo redes en Europa y más adelante en otros continentes. En la actualidad en una treintena de países se ha desarrollado o se pretende desarrollar este tipo de red de ferrocarril.

Se trata de un tema no tratado en su conjunto dentro de la geografía española y se halla en continua actualidad, puesto que España es además uno de los países con una red más desarrollada junto a un listado de actuaciones en ejecución o bien en proyecto igualmente amplio, lo que le otorga un plus de interés. Todo ello hace que sea una oportunidad para adoptarlo como tema de trabajo.

Para la tesis se ha tenido en cuenta una estructura y fijado unos objetivos en torno al estado de la cuestión, a partir de los cuales se ha desarrollado una metodología y se han perfilado una serie de hipótesis, con el visto bueno del director de la misma.

La primera línea de alta velocidad en España fue inaugurada en 1992. El periodo temporal transcurrido desde ese momento permite adoptar una perspectiva diacrónica para explicar su evolución. En otros apartados ha sido conveniente más un planteamiento sincrónico, al realizar estudios de detalle de configuración de la red, a través de topología -para analizar su estructuración- y modelos gravitatorios -para la previsión de tráfico-.

Todo el proceso de investigación genera unos resultados a partir de los cuales se establecen conclusiones, que sirven para corroborar o no las hipótesis planteadas.

El conjunto instrumental utilizado para la elaboración del trabajo incluye bibliografía científica, documentos oficiales, legislativos y técnicos, datos estadísticos, noticias, blogspots, etc. Hay que añadir también la asistencia a congresos, la presentación de artículos vinculados, la consulta a especialistas en la materia y la dirección y apoyo del Director de la tesis.

Se ha puesto un especial énfasis en la utilización de cartografía relacionada con el tema tanto como en el diseño de mapas propios, para su empleo como elemento explicativo en los diferentes bloques, al objeto de mostrar los resultados del trabajo desde un marcado enfoque territorial.

La información compilada aporta mayor conocimiento sobre la alta velocidad, más vinculación con la tecnología ferroviaria, en un plano técnico y también con la normativa comunitaria relacionada. De igual manera, ayuda a la aplicación de métodos y técnicas para generar aportaciones propias en este campo.

Pueden indicarse al respecto algunas publicaciones propias realizadas por el doctorando, vinculadas a la temática de la tesis. La primera de ellas es una introducción general a la alta velocidad, con ideas respecto a su concepción original y su plasmación en la realidad (Martín, 2008). En 2009 obtuve el Diploma de Estudios Avanzados en Geografía con el trabajo "El AVE: análisis de la red y valoración crítica". Posteriormente se encuentra un documento que ha servido de base para la aplicación de un modelo gravitatorio para la red de alta velocidad española (Martín, 2013). En el mismo año se publicó a su vez un trabajo monográfico sobre la Red Transeuropea de Transporte, ofreciendo un análisis de su evolución desde sus inicios hasta la actualidad (Martín, 2013). Finalmente, en 2015 se ha presentado la comunicación versada sobre la situación de la alta velocidad ferroviaria en el mundo (Martín, 2015).

Finalmente, todo el proceso permite obtener la madurez suficiente para afrontar retos, tomar decisiones y presentar una tesis doctoral.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

El tema de la tesis se enmarca en un sector económico clave en la presente era global: el transporte. El proceso seguido de forma más común ha sido el de la construcción progresiva y continuada de infraestructuras de transporte, para conectar lugares cada vez más alejados entre sí en el menor tiempo posible y favorecer la creación de economías de escala. La variable distancia queda relegada a un segundo plano, en beneficio de la reducción del tiempo.

El incremento de la oferta de infraestructuras ha conllevado la reducción de costes de transporte al disminuir también el tiempo de desplazamiento, lo que a su vez fomenta la mejora de la movilidad. Si aumenta la demanda de transportes, será necesario satisfacerla en principio con más infraestructuras. Se trata por tanto de un circuito basado en la retroalimentación.

La unidad troncal de análisis de la tesis es el ferrocarril de alta velocidad. Pese a que el trabajo está enfocado especialmente hacia el estudio de la red española - desde una perspectiva topológica y de gravitación - ofrece una visión abierta y transversal, presentando múltiples ópticas, al igual que sucede con el sector del transporte a nivel general. De este modo el interés que puede suscitar este trabajo se amplía sustancialmente hacia diferentes perspectivas: territorial, económica, social, política, legislativa, técnica, ambiental, etc.

Las perspectivas consideradas en la tesis de forma más o menos próxima, están relacionadas con el desarrollo de las infraestructuras de transporte, la liberalización del sector, la evolución y gestión de la movilidad y demanda de transporte, las políticas de planificación y su evolución, las sensibilidades ambientales generadas así como los impactos vinculados de diversa índole.

La tesis intenta ofrecer una visión integral de este modo ya que el tren de alta velocidad cuenta con patrones cronológicos, económicos y territoriales que deben considerarse conjuntamente, que no pueden quedarse al margen de los impactos que generan. El trabajo pretende conjugar investigación propia con datos y conclusiones aportadas por otros estudios, los cuales permiten abordar este objeto de análisis en base a planteamientos generales, o bien centrándose en un elemento concreto en el contexto de una escala territorial de análisis predefinida.

La presentación de este trabajo se realiza en un momento oportuno y de actualidad. La implantación del tren de alta velocidad supone dedicar grandes inversiones en un contexto caracterizado por la recesión económica, que debe obligar a plantearse la conveniencia o no de proseguir con una política de transportes centrada en ampliar sus infraestructuras, sobre todo las relativas a la alta velocidad ferroviaria tanto a nivel comunitario como nacional.

Es una modalidad de transporte que se encuentra en plena actualidad a nivel mundial. Tras su surgimiento en Japón y su posterior implantación en diferentes países europeos, las distintas redes de alta velocidad son cada vez más complejas y su crecimiento sigue plenamente en activo. El deseo de desarrollar una red nacional de estas características se extiende más allá de la Unión Europea y Japón. Debe destacarse en ese sentido el sureste asiático con Taiwan, Corea del Sur y sobresaliendo China sobre cualquier otro caso. Junto a ellos naciones como Turquía, Arabia Saudí, Marruecos, Brasil, etc. cuentan ya con líneas en servicio o bien en fase de proyecto.

En cuanto al caso español la tesis contiene numerosas aportaciones a un tema aún escasamente perfilado a nivel nacional de conjunto, sobre todo destacando su carácter integral, aglutinando elementos legislativos y políticos, socioeconómicos, ambientales, técnicos, así como modelizaciones matemáticas, todo ello aplicándolo a una realidad territorial concreta y actual. Para el caso español la realización de esta tesis en este momento, constituye una oportunidad específica para reflejar la evolución

experimentada por su ferrocarril, especialmente el de alta velocidad, aportándose además una prognosis sobre su desarrollo futuro.

Acotando el objeto de la tesis, se definirán tipología de estudio y escala de análisis. La metodología de investigación se basa en la idea del sistema de transporte como una red. Dentro del análisis se incluyen estudios de topología y un modelo de gravitación. Ambas son técnicas aplicadas para multitud de estudios de muy diversa índole, entre ellas, la del objeto de la tesis.

En este sentido, el trabajo aportado apuesta por la originalidad, sobre todo desde una perspectiva geográfica, puesto que hasta la fecha no se ha abordado con carácter holístico ni un análisis topológico, ni el estudio de la demanda potencial de viajeros, en base a un modelo gravitatorio para la totalidad de la red de alta velocidad en España.

Con el estudio topológico se pretende analizar la red española de alta velocidad y su dinámica asociada a través de su abstracción y simplificación mediante arcos y nodos, los cuales configuran grafos y subgrafos, todos ellos elementos clave en dicho análisis.

De igual modo, se aporta un análisis de conectividad y accesibilidad con objeto de determinar la complejidad estructural de la red y compararla con otras redes de alta velocidad del mundo.

Los resultados se muestran en matrices y también mediante cartografía temática, utilizando Sistemas de Información Geográfica. El uso de estas técnicas para trabajos de topología de transporte es relativamente reciente. Aunque se volverá a hacer referencia a ellos en el apartado 1.3.7.1, cabe citar a Batty (2003) y Suwardhi et al. (2007) con un carácter más teórico. A nivel más empírico, destacar a Cardozo et al. (2009), el Informe Atkins (2012) o a Heuermann y Schmieder (2013). Sin embargo la relación entre alta velocidad, topología y SIG no ha sido tratada hasta la fecha.

Además de la visión topológica, una parte destacada del trabajo consiste en una modelización de la demanda de viajeros en base a un análisis gravitatorio. Los modelos gravitatorios son técnicas muy ensayadas para estudios en diferentes ámbitos, uno de ellos es el del transporte.

En la formulación de estos estudios, la distancia es una variable clave y ha sido ampliamente empleada, siendo su comportamiento totalmente diferente según el soporte del modo de transporte (Rico, 2006). Para el transporte aéreo se utilizaría la distancia ortodrómica, mientras que para el ferrocarril y la carretera se emplearía la distancia vectorial. Por otro lado la distancia actúa como factor disuasorio para la realización de viajes, de tal forma que a mayor distancia se aprecian mayores inconvenientes y costes, según señalan Hall (2003), Franquet (2007), Le Sage (2008), etc. Sin embargo los costes pueden desagregarse y por tanto es posible hablar por ejemplo de coste por kilómetro o coste por viajero y kilómetro, indicadores relativos que pueden no perfilar un comportamiento lineal creciente. Además, el hecho de actuar como factor de disuasión puede también relativizarse si existe una necesidad de viaje y hay que decidir qué modo de transporte utilizar. De esta forma, en una distancia dada, ésta actúa como factor de disuasión para un determinado modo y a la vez como atracción para otro. Así, podría afirmarse que existen umbrales óptimos para la mayoría de ellos¹.

El modelo gravitatorio tiene una formulación universal. Para la presente tesis se ha realizado una aplicación basándose especialmente en los modelos de Crampon y Tan o Archer, junto al informe sobre la red ferroviaria noruega de la compañía Atkins y el artículo de Rico, añadiendo a su vez las necesarias constantes empíricas. Los

¹ En general a menores distancias el automóvil privado se configura como el modo mayoritario de transporte, mientras que en distancias largas el avión es la opción más común. Por su parte, el tren de alta velocidad debe buscar su nicho de mercado en distancias intermedias, para cubrir el descenso de demanda del vehículo privado y retrasar en la medida de lo posible el incremento de ésta para el transporte aéreo. El autobús no presenta un umbral tipo donde destacar en el transporte interurbano, puesto que su oferta se mueve mayoritariamente en distancias donde, o bien el vehículo privado o bien el tren de alta velocidad, son los modos hegemónicos.

resultados han demostrado que para diferentes estudios ya sean de transporte o no, estos modelos permiten ajustar la masa potencial que puede ser afectada o influida por cambios en la distancia, en las variables que se consideren o en las constantes a calibrar.

El capítulo de gravitación consta de una parte académica, una metodológica y otra empírica. En cuanto a las variables, se han utilizado la masa demográfica y la distancia. La masa demográfica ha sido tradicionalmente un criterio muy referido y empleado en numerosos estudios, incluidos en la revisión de la bibliografía especializada, destacando a Ullman y Mayer (1954), Ellis y Van Doren (1966), Gordon y Edwards (1973) o más reciente Griffith (2007). Es un elemento fundamental para determinar flujos potenciales de viajeros.

Respecto a la distancia ya se ha adelantado que se trata de una variable fundamental, pues influye de manera decisiva en los resultados del modelo. De igual modo también lo hace en la realidad puesto que, como se verá en el trabajo, el tren de alta velocidad ofrece sus mayores potencialidades como modo de transporte en un cierto umbral de distancias, que varía según los autores, pero que también influye en los clientes a la hora de determinar su elección. Fuera de los umbrales incluidos, el tren pierde competitividad. A distancias demasiado cortas, el transporte privado se erige como el modo más utilizado, mientras que para los desplazamientos más largos el protagonista en cuanto a la cuota de mercado es el avión.

Siguiendo con la distancia, hay que destacar también que el modelo gravitatorio ha sido aplicado a una red y no a unos puntos inconexos, de tal forma que la distancia máxima es la distancia real existente entre los dos puntos unidos más alejados de la red. Esta distancia no es ortodrómica sino vectorial, porque se puede verificar materialmente en la realidad.

En cuanto a la escala de análisis, se ha elegido la red española de larga distancia. Las razones de esta elección son múltiples:

En primer lugar, España es uno de los países a nivel mundial más interesantes a la hora de realizar un análisis de su red de alta velocidad, debido a la evolución diferenciada de su sector ferroviario respecto a otros países (características intrínsecas, tipos de tráfico, estrategias de liberalización, etc.), el desarrollo de su red (dependiente de los planes de transporte llevados a cabo en cada momento) y el contexto territorial que actúa como soporte de esa red.

En segundo lugar, al ser mi país natal, las facilidades para localizar elementos a nivel cartográfico, encontrar e interpretar datos y estadísticas, contextualizar situaciones, correlacionar fenómenos, etc., son mayores para buena parte de los elementos estudiados.

Por todo lo expuesto puede considerarse que este trabajo intenta presentar diferentes valores y aportaciones a nivel teórico, metodológico y empírico, desde una óptica geográfica, como ciencia integradora de conocimientos sectoriales sobre un elemento común: el territorio.

También puede resultar de interés para diferentes perspectivas como las de la economía (estudios sobre rentabilidad, gestión de la demanda, liberalización del sector, etc.), sociología (rentabilidad social del tren de alta velocidad), nivel político (planificación del transporte a diversas escalas, relacionadas entre sí), nivel legislativo (conjunto de instrumentos legales que rigen el sector del transporte y el referente a la alta velocidad ferroviaria en particular), visión histórica (contexto histórico de la aparición de las primeras líneas de alta velocidad del mundo y su evolución posterior), una visión matemática, (por la conexión con los análisis topológicos y gravitatorios), de ingeniería (elección de trazados, obras públicas realizadas, especificaciones e innovaciones técnicas del tren de alta velocidad) y otra ambiental (efectos a nivel de medioambiente, costes externos, etc.)

De igual forma, debe destacarse las aportaciones realizadas a nivel personal. Desde hace muchos años me han interesado los transportes, en particular el sector ferroviario

y su modernización representada sobre todo por los trenes de alta velocidad. La investigación supone facilitar experiencia y conocimiento sobre la temática, con objeto de que sea aplicable a nivel académico y/o laboral en la medida de lo posible, ofreciendo una visión integral de este modo, visión que puede caracterizar al profesional de la Geografía.

Aparte de facilitar dicha experiencia, la tesis permite la familiarización con gran diversidad de términos propios del sector ferroviario con las técnicas de análisis empleadas (topología y modelo gravitatorio), el manejo e interpretación de una producción legislativa y documental a nivel nacional y especialmente comunitario muy reseñable, su relación con términos económicos y con procesos ambientales, todos estos aspectos con un punto de relación común, el del tren de alta velocidad.

Como labor previa a la conclusión de la tesis cabe indicarse la presentación de varios trabajos publicados en 2008, 2009, 2013 y 2015, acerca de aspectos generales de la alta velocidad, su evolución en España, su expansión a escala mundial, etc.

La tesis supone un continuado proceso de aprendizaje y de madurez en base a las hipótesis planteadas, los objetivos prefijados así como el trabajo de investigación, la resolución de problemas de toda índole, la interpretación de los datos disponibles y aportados o el posterior establecimiento de conclusiones, que permitan la validación final de las hipótesis.

1.3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

1.3.1. Introducción

La literatura existente sobre la temática de la tesis es amplia y muy heterogénea, con diferentes propuestas de interpretación. La tipología de fuentes y soportes utilizados lo es igualmente: tesis doctorales, artículos en actas de congresos, simposios, reuniones, jornadas, foros, coloquios, así como en revistas especializadas y periódicos, informes técnicos, documentación institucional, obras de referencia, notas de prensa, blogspots, wordpress, enciclopedias electrónicas y noticias en general.

En el anexo número 3 se muestra la relación de revistas especializadas que han sido objeto de consulta, entendiéndose que puede considerarse como una muestra amplia para poder establecer dicho estado de la cuestión.

En la literatura consultada pueden distinguirse varias facetas que a continuación se reseñan.

La primera de éstas es la cronológica. La visión temporal es fundamental para entender la evolución y desarrollo de la alta velocidad ferroviaria y del transporte en general, sea cual sea la escala de análisis desde las primeras propuestas, proyectos de infraestructuras, primeras líneas y trenes, extensión a un número creciente de países, evolución técnica, etc.

Una segunda faceta es la política. Las administraciones públicas tanto nacionales como transnacionales y comunitarias, han jugado un papel fundamental para el desarrollo de las diferentes redes de alta velocidad existentes en la actualidad. La Comunidad Económica Europea primero y la Unión Europea posteriormente han ido apostando progresivamente por este modo de transporte, así como numerosas administraciones nacionales europeas, aunque no simultáneamente en el tiempo.

La preocupación por crear un mercado común de transporte comienza ya con el Tratado de Roma en 1957. Hasta mediados de los ochenta se mantuvo relegado a un plano secundario, debido a las políticas proteccionistas e importantes reticencias de los Estados miembro a la apertura de sus fronteras. Al poco tiempo de que se recobraría el interés por la integración del mercado de transporte comunitario, comenzó también a plantearse el desarrollo del transporte ferroviario de alta velocidad, proliferando reuniones, grupos de trabajo, libros blancos, etc., que cristalizaron en diferentes proyectos de desarrollo sectorial. De entre todos ellos, debe destacarse la creación de una Red Transeuropea de Transporte, en la que se le atribuye un papel destacado al tren de alta velocidad.

Ligada del mismo modo a las dos primeras se encuentra la faceta legislativa. La proliferación de instrumentos legales relacionados con el transporte en general y con el tren de alta velocidad en particular es muy notable, dotándolo así de un amplio cuerpo legislativo que ha influido claramente en su desarrollo, regulación y liberalización.

La revisión bibliográfica realizada ha sido profunda y pormenorizada. Al ser una tesis que abarca distintos componentes y ópticas, la documentación utilizada también lo es. Esta literatura ha sido clasificada por temáticas, cada una de ellas con su particular estado de la cuestión. Muchas de las temáticas guardan nexos comunes, por tanto pueden ser en cierta medida relacionables al existir literatura más o menos genérica que aborda varios temas en un mismo artículo. Por poner un ejemplo, planificación política de una determinada red de alta velocidad, evolución cronológica y legislación con afecciones sobre la misma. En este sentido pueden citarse los trabajos de Serrano (2000), Santos (2002) o Albaladejo y Bel (2011).

Su segmentación ha sido una labor compleja, dada la imbricación existente entre planificación del transporte, alta velocidad ferroviaria y análisis de redes.

Las temáticas abordadas son las siguientes: caracterización técnico-tecnológica de la alta velocidad, teoría y planificación del transporte, estudios monográficos sobre este tipo de ferrocarril, estudios topológicos sobre redes de alta velocidad, dinámica de dichas redes, técnicas de análisis, y por último, valoraciones existentes de la alta velocidad bajo diferentes perspectivas como la política, la económica y la técnica.

Las metodologías de trabajo, resultados y conclusiones de muchas de las obras señaladas, junto con otras adicionales referidas a lo largo de la tesis servirán como apoyo en la investigación.

1.3.2. Caracterización técnico-tecnológica

El tren de alta velocidad es un modo de transporte con una serie de características que le confieren singularidad respecto al resto de modos. Muchas de estas particularidades se deben a la posibilidad de alcanzar mayores velocidades medias y puntas.

Los trazados deben diseñarse con un radio mínimo de curva superior (variable, siendo el mínimo realizado en 2.500 metros) y una pendiente máxima de 40 milésimas de grado, inferior a la del tren convencional. Además dicha pendiente máxima no puede ser sostenida, existiendo un límite de 6.000 metros continuados a pendiente máxima.

Respecto de la vía, debe tener un ancho superior al métrico. En la Unión Europea se ha adoptado el ancho de 1.435 milímetros como ancho estándar para este tipo de ferrocarril, pudiendo existir determinadas tipologías de trenes capaces de circular por otros tipos de ancho. El espacio de entre vías debe ser superior al de la red convencional, para evitar los efectos de succión producidos por la mayor velocidad de cruce.

El sistema eléctrico es generalizado para toda la red de alta velocidad, y presenta un voltaje superior (2 x 25 kV) respecto al del ferrocarril convencional (3 kV). Por otra parte, el tipo de corriente es alterna en vez de continua.

El sistema de señalización también es específico: el ERTMS o *European Rail Traffic Management System*. Este sistema armoniza dos tipos de tecnologías: el sistema de señalización propiamente dicho (ETCS o *European Train Control System*) y el GSM-R (*Global System for Mobile Communication Railways*) para la comunicación por radio. La implantación de dichos sistemas, así como sus innovaciones posteriores, permiten disponer de un sistema de señalización y de comunicación más acordes a las necesidades que exige el incremento de velocidad de circulación.

Los sistemas de frenado y de suspensión son también diferentes a los del ferrocarril convencional. Los frenos son más potentes y se emplean varias modalidades: uno de ellos es el propio motor de tracción, que actúa como generador de corriente y ésta puede devolverse a la línea de alimentación pasando por catenarias. La suspensión presenta un doble sistema, la principal consiste en muelles helicoidales y la secundaria es de tipo neumática.

Los trenes son autopropulsados, con composiciones fijas y bidireccionales y bajo peso por eje.

Aparte de ello la uniformidad en cuanto a tecnología no es total, debido a la coexistencia de diferentes generaciones de trenes de alta velocidad y también distintos fabricantes.

Además de los factores mencionados, deben tenerse en cuenta otros condicionantes como la exclusividad de la vía, debido a que presenta diferentes especificaciones un servicio de viajeros que uno de mercancías.

Otro condicionante es el grado real de interoperabilidad de las diferentes redes nacionales, para poder conseguir que los trenes puedan circular ininterrumpidamente por el espacio comunitario.

Igualmente hay que destacar la accesibilidad, ligada al número de estaciones que conforman un servicio de alta velocidad, así como al emplazamiento. Para lograr su optimización el tren de alta velocidad debe tener un escaso número de paradas. Sin embargo una cifra reducida limita la accesibilidad a la red de alta velocidad del territorio por el que éste transcurre. Dicho efecto es analizado por Bellet (2008, 2011 y 2014), que estudia los emplazamientos de las estaciones de alta velocidad y elabora una tipología, en la que cada modalidad presenta sus ventajas e inconvenientes.

A este respecto, cabe destacar diferentes trabajos. Algunos se centran en las especificaciones técnicas y tecnológicas del tren de alta velocidad a nivel general, mientras que otros focalizan su análisis en las características de la red española y su material rodante.

En el primero de los casos deben señalarse las publicaciones de López Pita (1990), Ellwanger y Wilckens (1994), el informe de la empresa Talgo (VV.AA., 1998), Tamarit (2000), Aznar (2005), Beck (2006), Lorenzo y De Santiago (2007), García Álvarez (2010), Sanfeliu (2010) y Carrasco (2011).

En el segundo caso hay que considerar a López Pita (1999), Santos (2002), Puente (2007), Hernández (2007), Ruano (2009), López (2012) o Barreiro (2012).

No menos importante, es la relación entre velocidad y ahorro de tiempo. Como indica el propio nombre del modo de transporte en el que se centra la tesis, la “alta velocidad” es un concepto clave y su aumento genera a priori ahorros de tiempo frente al ferrocarril convencional. Trabajos como los de Izquierdo (1994) o Torres (2005) muestran que para conseguir ahorros significativos, no sólo tiene que ser notablemente superior la velocidad máxima sino especialmente la media, dependiendo ésta de numerosos factores. Es este último concepto el que verdaderamente determina el ahorro efectivo de tiempo frente al ferrocarril convencional, de acuerdo con lo expuesto por Givoni en 2006.

1.3.3. Teoría y planificación del transporte

Una parte a destacar de la literatura versa sobre la planificación del transporte a nivel general. Sobre todo se aborda la evolución de la política europea en materia de transportes y también la concerniente al estado español. Además, hay que señalar la apuesta de otros países externos a la Unión Europea por este tipo de transporte como Estados Unidos, China, Arabia Saudí, Marruecos, Turquía, etc.

Durante su evolución, la política comunitaria de transporte ha experimentado importantes avances en particular desde mediados de los años ochenta. En este sentido, conviene destacar el objetivo de crear un mercado común de transporte disminuyendo los trámites transfronterizos para la libre circulación de personas y bienes, la liberalización del sector (poniendo especial énfasis en la apertura al mercado de los servicios ferroviarios, tanto de mercancías como de pasajeros) y la creación de una Red Transeuropea de Transporte, con una lista de proyectos cada vez más extensa al objeto de crear corredores transfronterizos y mejorar la integración de las diferentes redes nacionales.

Debido a la limitación de presupuestos comunitarios para su ejecución, la política relativa a la Red Transeuropea de Transporte ha sido redefinida con una estructura formada por dos redes: principal, cuyos proyectos cuentan con un horizonte de finalización previsto para 2030, y global, con orientación más largoplacista y horizonte de finalización en 2050.

La bibliografía sobre esta cuestión es amplia y prolija, puesto que no sólo aparecen libros y artículos sino también documentos oficiales procedentes de instancias europeas como los sucesivos Libros Blancos (1985, 1993, 2001 y 2011), el Libro Verde para la revisión de la Red Transeuropea (2009) y diferentes comunicaciones, reglamentos, recomendaciones, etc. Por ejemplo la Decisión 884/2004/CE, las comunicaciones (2007) 135, (2009), 44 y (2010), 212, o el Reglamento (UE) 1315/2013.

A nivel nacional la proliferación de documentos que han mostrado la línea a seguir, en consonancia con los postulados de la Unión Europea en materia de transportes, también ha sido notable (Plan Director de Infraestructuras (1993-2007), Plan de Infraestructuras de Transporte (2000-2007), Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (2005-2020) y el actual Plan de Infraestructuras de Transporte y Vivienda (2012-2024), sin olvidar los planes sectoriales del ferrocarril como el Plan de Transporte Ferroviario (1987-2000) y el Plan Sectorial Ferroviario (2005-2012).

Para este apartado se han utilizado trabajos debidos a numerosos autores de diferentes disciplinas, válidos para explicar de modo más o menos pormenorizado la evolución de la política de transportes, tanto a nivel comunitario como nacional y más en concreto la de la alta velocidad.

Como ejemplos de manual teórico pueden destacarse los de Ullman y Mayer (1954), así como los posteriores de Potrykowski y Taylor (1984) y Rodrigue et al., (2009), todos ellos relativos a la geografía del transporte a nivel general. A una escala más concreta, Izquierdo (1986 y 1993) explica diacrónicamente la Política Común de Transporte y la Política Común de Infraestructuras de Transporte, así como los primeros proyectos existentes para promover la creación de la Red Transeuropea, y dentro de ésta algunos específicos para el ferrocarril de alta velocidad.

A nivel comunitario destacan los trabajos de Ellwanger y Wilckens (1994), Vickerman (1995), Stead y Banister (2001, 2002 y 2006), De Rus y Campos (2005), Ribalaygua y Gutiérrez (2005), Russiñol (2008), Beck (2011), Muñoz (2012) y Guirao (2013). En mayor o menor medida, en todos ellos se explica la evolución de las políticas comunitarias en materia de transporte, enfatizando todo lo referente a la Red Transeuropea como su origen, desarrollo y planteamientos de futuro.

Respecto a la liberalización del sector ferroviario, ese es uno de los asuntos más complejos a nivel tanto político como económico, y tanto a escala comunitaria como nacional, especialmente en lo relativo al transporte de viajeros. Para su consecución, se han ido creando sucesivos “paquetes” de liberalización vinculantes para los Estados miembro de la Unión Europea.

Al haber distintos grados de reticencia a la apertura de los respectivos mercados nacionales, se ha optado por diferentes modelos de separación entre los servicios de operaciones y las infraestructuras. Todo ello supone unos grados de liberalización muy heterogéneos según el caso analizado. Estas cuestiones son pormenorizadas por Ramos (2002), Domènech (2008), Beck (2011), Mäkitalo (2011), Kirchner (2011) o Dutzik (2011).

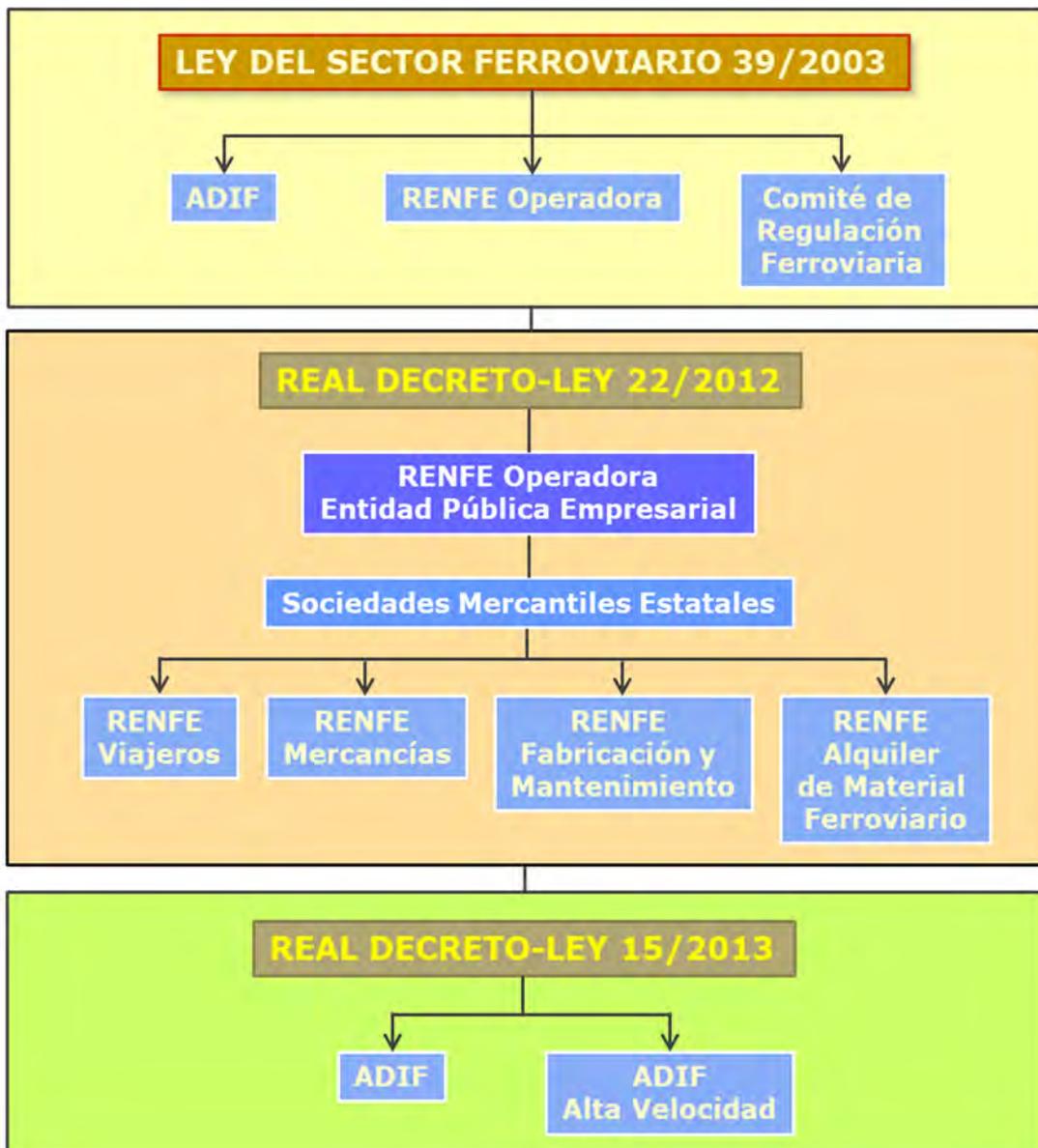
El proceso de liberalización del ferrocarril en España comienza con la adopción de la Directiva 91/440/CE de la Comunidad Económica Europea en 1992. Más adelante, en 1996 se crea el Gestor de Infraestructuras Ferroviarias. Resulta fundamental la posterior promulgación de la Ley del Sector Ferroviario 39/2003, que supone la separación de RENFE en ADIF y RENFE Operadora, junto con la creación del Comité de Regulación Ferroviaria. En 2013 se produce una nueva reestructuración y RENFE pasa a componerse de cuatro sociedades más la entidad pública empresarial RENFE

Operadora, mientras que ADIF también se divide, creándose una entidad específica en materia de alta velocidad: ADIF Alta Velocidad. En 2015 se actualiza dicha Ley y se incorpora al derecho nacional la Directiva 2012/34/UE, para incrementar la oferta ferroviaria y promover el uso de las infraestructuras. La evolución del organigrama se aporta en la Figura número 1.

Los niveles de apertura a la competencia del transporte de mercancías, alcanzan cuotas superiores a los del de viajeros. Según la página web del Ministerio de Fomento (www.fomento.es, 2014), existen más de una decena de compañías con licencia para el transporte de mercancías tanto a nivel nacional como internacional.

Pero la apertura en el transporte de viajeros es aún limitada. Recientemente ha sido abierta a la competencia la línea Madrid-Levante. Diferentes empresas y entidades están interesadas en operar dicho corredor, no obstante existe una amplia problemática al respecto. Por ejemplo la nueva estrategia tarifaria de RENFE, con precios de billetes más asequibles o la dificultad para la concesión de títulos habilitantes. De esta forma, los avances en la apertura del mercado son lentos.

Figura 1. Evolución del organigrama de RENFE



Fuente: Elaboración propia

Existen otras redes de alta velocidad a nivel mundial bien en explotación, en construcción o en proyecto, por ejemplo en China, Turquía, Arabia Saudí, Estados Unidos o Marruecos, con objetivos diferenciados para su desarrollo. Cabe destacar por un lado, el corredor árabe de Medina-La Meca, donde el componente religioso cobra relevancia determinante como motivación al viaje. Por otro la red china, que destaca por su intenso desarrollo en los últimos años y la rápida ampliación de su red.

1.3.4. Estudios de conjunto sobre el ferrocarril de alta velocidad

Otra temática es la que aborda es estudios específicos que engloban la alta velocidad. Al ser un título muy amplio en esta categoría se incluye una parte de la materia tratada, en particular los estudios que versan sobre la alta velocidad *sensu lato*, estudios territoriales, incluyendo la accesibilidad así como la relación entre el tren de alta velocidad y el medio urbano.

En una categoría posterior se han tenido en cuenta aquellos otros trabajos que si bien se refieren también a la alta velocidad, el carácter que predomina es el valorativo y en cierta medida el posicionamiento crítico.

En cuanto a los estudios sobre la alta velocidad en sentido genérico la faceta cronológica posee gran importancia, al tratar la evolución temporal del desarrollo de dicho ferrocarril, junto con las innovaciones surgidas para su creación y posterior modernización. Izquierdo (1994), López Pita (1999 y 2006), Martí-Henneberg (2000) o Takagi (2005) son autores de algunos trabajos de este tipo.

Respecto a los estudios territoriales la lista es muy amplia y al igual que sucede con otras temáticas concernidas no se trata de compartimentos estancos, puesto que existen trabajos que pueden pertenecer a varias categorías. En este apartado se encuadra aquella literatura revisada que posee un componente territorial más marcado, aunque algunos de los autores también realicen otros análisis de tipo econométrico o político.

Un artículo a destacar en este sentido es el de Bonnafous (1987), relativo al impacto regional del TGV (*Train à Grande Vitesse*) en Francia. Es en esa década y también en la siguiente sobre todo, en la que la bibliografía francesa es la predominante a nivel de estudios sobre el tren de alta velocidad, hecho lógico ya que la línea París-Lyon fue puesta en servicio en 1981. Aparte del trabajo de Bonnafous hay que señalar los de Plassard (1991, 1992 y 1997), Arduin (1991), Auphan (1992) o Mannone (1995) y posteriormente los de Zembri (2005), Menerault y Barré (2005) y Crozet (2013), entre otros tantos.

A nivel nacional cabe destacar los de Sumpsi y Martí (1990) o López Pita (1999), centrados en estudiar las posibilidades de la entonces futura línea Madrid-Barcelona, Santos Preciado (2006) que estudia el corredor Madrid-Sevilla y varios autores de la Universidad de Castilla-La Mancha, centrados en analizar los efectos territoriales del tren de alta velocidad en Ciudad Real y Puertollano (Ureña et al., 2006).

Dentro de esta temática, una tipología de trabajo bastante común es la del estudio de la relación entre tren de alta velocidad y ciudad. Destaca el artículo de Van den Berg y Pol (1997), en el que analizan las implicaciones de este tren en catorce aglomeraciones urbanas europeas. Consideran que el tren de alta velocidad puede contribuir a enlazar grandes metrópolis, sin embargo, no es una aproximación holística, puesto que es necesario considerar cada contexto y planificar en consecuencia. Otros trabajos destacados son los de Colomer (1992), Esteban (1998), Pillet (2004), Ribalaygua (2004 y 2005), Ureña (2006 y 2012), Santos (2007), Sastre (2010), Bellet y Gutiérrez (2011), Ureña et al. (2012), etc. acerca del impacto urbano generado por la construcción de una estación de alta velocidad en diferentes ciudades españolas: Ciudad Real, Lérida, Valladolid, Segovia, etc.

Similares a los anteriores, pero haciendo especial hincapié en el estudio de la accesibilidad se hallan los estudios de Auphan (1992), Gutiérrez (1998, 2001 y 2005), Miérez (2005), Givoni (2006), Bellet (2011), González (2013) y Vickerman (2015).

Analizan en mayor o menor medida los cambios a nivel de accesibilidad territorial que provoca o puede provocar la implantación de una estación de alta velocidad, las interacciones existentes entre espacios limítrofes y las afecciones de la planificación sobre la accesibilidad en una determinada ciudad.

1.3.5. Estudios específicos sobre redes de alta velocidad ferroviaria

Enlazando con lo dicho en párrafos precedentes se sitúa la literatura propia de las redes de transporte, en concreto de la red de alta velocidad ferroviaria.

El tren de alta velocidad se ha ido extendiendo a diferentes países, principalmente en Asia y Europa, y dentro de esta última en la Unión Europea. Existen diferentes tipos de redes según la orografía del terreno, la disposición de los grandes núcleos urbanos del país o la estrategia de planificación llevada a cabo para su desarrollo. A nivel general destacan los trabajos de Schweitzer (2010) y Perl y Goetz (2015) entre otros, sobre la distinta evolución y estructura de las diferentes redes de alta velocidad en el mundo.

A la escala de país pueden destacarse las redes de los siguientes Estados: Japón, Francia, Alemania, Italia, España y China. La red japonesa es la más antigua y la que históricamente ha registrado un tráfico mayor. En Europa la primera línea de alta velocidad que se toma como referencia es la París-Lyon, inaugurada en 1981, aunque en Italia el primer tramo de la luego *Direttissima* (Roma-Floencia) fue inaugurado con anterioridad, en 1977. La primera línea alemana Hannover-Würzburg es más reciente, de principios de los noventa, casi coetánea al corredor Madrid-Sevilla, el primero de España. En China se inauguró la primera línea en el siglo XXI (Qinhuangdao-Shenyang), concretamente en 2003. Sin embargo, es en la actualidad la primera nación por número de kilómetros de ferrocarril de estas características.

Existen multitud de trabajos relacionados con una o varias de estas redes, junto con otras que se encuentran en explotación, construcción o proyecto. Pueden destacarse los estudios de Bonnafous (1987), Taniguchi (1992), Plassard (1992 y 1997), Serrano (2000 y 2010), Arbesú (2003), Beck (2006), Pigem (2009), Yamaguchi (2009), Peterman (2009), Ahlfeldt y Feddersen (2010), Schweitzer (2011), Grimaldi y Beria (2011), Heuermann y Schmieder (2013) y Ollivier (2015), por citar los más destacados.

1.3.6. Dinámica de redes de alta velocidad ferroviaria

Las redes ferroviarias de alta velocidad del mundo presentan distintas características fruto de su diferente evolución, puesta en marcha del primer servicio, contexto territorial, etc.

Japón es el país pionero al respecto con la inauguración en 1964 de la línea Tokio-Osaka, el primer *Shinkansen*. La apuesta por este servicio se debe al incremento de la demanda de transporte provocada por el despegue económico del país tras la II Guerra Mundial, que generó problemas de saturación en dicho corredor ferroviario.

La red, exclusiva para pasajeros, fue extendiéndose hasta sobrepasar el territorio de la isla Honshu, hasta Fukuoka (en Kyushu), y hacia el norte de la isla (Morioka y Niigata). En la actualidad está en construcción la conexión con la isla septentrional de Hokkaido, en dirección a Sapporo. Todo ello constituye el corredor central de la red japonesa. A partir del mismo surgen varias ramificaciones en la isla de Honshu, comunicando así ciudades de la costa oriental con la occidental.

La oferta de alta velocidad está muy segmentada, contando con tres servicios diferentes según el número de paradas que realice. Respecto al tráfico, los mayores incrementos se consiguieron con las primeras líneas en servicio, hecho lógico también puesto que las ciudades conectadas con posterioridad poseen una masa demográfica más reducida.

Respecto a Francia la primera línea de alta velocidad desarrollada fue la de París-Lyon, y su finalidad iba del mismo modo encaminada a solucionar el problema de saturación existente en dicho corredor.

La red francesa es exclusiva de pasajeros y de tipo radial, con un nodo central en París y ramificaciones hacia todas las fronteras con países limítrofes, incluida España, al cual está conectado por la línea Perpignan-Figueras.

El TGV es el tren de alta velocidad francés y opera no sólo en Francia sino también, convenientemente modificados, en países como Alemania, Países Bajos, Bélgica y Reino Unido, son los servicios *Thalys* y *Eurostar*. Francia es el país con la red de alta velocidad que soporta un mayor tráfico de viajeros de Europa, de acuerdo con Albaladejo y Bel (2015).

Más adelante con la política de transporte llevada a cabo se plantearon medidas para la búsqueda de una mayor descentralización de la red, en concreto con la creación de una línea de circunvalación de la capital. También se buscaba “regionalizar” el tren de alta velocidad aumentando el número de paradas, a través del TER-GV (*Transport Express Régional à Grande Vitesse*). De igual modo, se favorece la coordinación con otros modos (fundamentalmente avión y ferrocarril convencional) mediante la construcción de infraestructuras intermodales (aeropuerto más estación de alta velocidad) y la posibilidad de que los nuevos trenes puedan circular por ambos tipos de líneas.

En cualquier caso, la macrocefalia de la metrópoli parisina sigue siendo determinante a la hora de entender la red francesa.

En Alemania la finalidad principal del desarrollo de una red de alta velocidad ferroviaria es la conexión de las áreas industriales con los puertos del norte, teniendo en cuenta que la distribución demográfica de las ciudades alemanas es más dispersa, pese a que la suma de población total sea mayor.

Por ello la red presenta una estructura fragmentada, aunque en la realidad debe matizarse este comentario, ya que existen conexiones este-oeste de tal forma que en el fondo la estructura topológica se asemeja más a la de una red mallada que a la de una con varios subgrafos. Las líneas son mixtas en su mayor parte (algunas nuevas y otras mejoradas) y para el desarrollo de la red se priorizó frecuencia, accesibilidad y un número de paradas moderado frente a la velocidad.

Con la inauguración de las primeras líneas en 1991 Hannover-Würzburg y Mannheim-Stuttgart, comenzaron a reorientarse los flujos de transporte desde la dirección este-oeste hacia la norte-sur, siguiendo la distribución espacial seguida por el desarrollo industrial germano.

Los trenes de alta velocidad alemanes son los ICE o *InterCity Express*, y circulan también por otros países limítrofes como Bélgica, Países Bajos, Suiza y Austria, al igual que los TGV franceses.

Su tráfico de viajeros se sitúa en el segundo valor más alto de Europa, por detrás de Francia, tanto en el número de pasajeros totales como en el de pasajeros-kilómetro y pasajeros-kilómetro por kilómetro de red. Hay que considerar que la longitud de la red alemana es notablemente inferior a la francesa (en torno a un 33 %), pero también que su masa demográfica es un 34 % superior.

En Italia el motivo para desarrollar líneas de alta velocidad fue también el problema de saturación del corredor norte-sur. Aunque los trabajos comenzaron en los años setenta, no fue hasta 1992 cuando la línea *Direttissima* fue puesta en servicio en su totalidad.

La red sigue una estructura en forma de T, con un corredor longitudinal norte-sur Milán-Nápoles y otro transversal este-oeste Turín-Verona. Este último no se encuentra en pleno funcionamiento, estando en explotación el tramo Turín-Milán-Treviglio y en construcción los sectores Treviglio-Brescia y Brescia-Verona. Forma parte del corredor número 6 de alta velocidad, perteneciente a la Red Transeuropea de Transporte.

El modelo de red existente es fruto del papel económico de Milán en el norte del país y el político de Roma como capital, así como de la orografía del país y de la distribución de los grandes núcleos urbanos, sin concentraciones muy reseñables que generen una

estructura macrocefálica, aspecto semejante respecto al de la red alemana.

Se busca la coexistencia del ferrocarril convencional con el de alta velocidad. Se trata de líneas mixtas y en muchos casos tramos de vías convencionales mejorados. La idea es emplear el ferrocarril de alta velocidad para regenerar el sector ferroviario nacional, complementándolo con el mantenimiento y actualización de los servicios convencionales.

Respecto al material rodante, el servicio de alta velocidad fue cubierto primeramente con los ETR (*Elettro Treno Rapido*) y posteriormente por los denominados Frecciarossa (perteneciente a Trenitalia) e Italo, el tren del operador privado NTV (*Nuovo Trasporto Viaggiatori*).

Dentro de las redes consideradas es la más corta con 946 kilómetros y la más simple desde un punto de vista topológico, con un número de arcos y nodos reducido. En cuanto al número de viajeros es una de las que registra cifras más bajas, con 25 millones de viajeros anuales según Albalade y Bel (2015), aunque es un dato reseñable teniendo en cuenta su escasa longitud. El hecho de que atravesase prácticamente todo el país de norte a sur, más las ramificaciones del sector septentrional, supone un importante estímulo para elevar la cifra de viajeros.

En cuanto a España, la primera línea de alta velocidad corresponde a Madrid-Sevilla, inaugurada en 1992. Para la elección del trazado hay que considerar varios hechos: por un lado, la búsqueda de una nueva ruta para comunicar la meseta con el sur que no atravesara Despeñaperros (Jaén), y por otro, la cercanía de un evento destacado que tendría lugar ese año como la Exposición Universal con sede en la ciudad hispalense.

Este trazado fue construido exclusivamente para viajeros y en ancho estándar, hecho inédito en España hasta la fecha. Dicha construcción supuso un cambio de orientación en la política de transportes nacional y particularmente en la ferroviaria.

Posteriormente se extendió la red hacia Lérida y más adelante a Barcelona, también hacia el norte por Valladolid, a Málaga con la construcción de un nuevo corredor desde Córdoba y a Huesca con un ramal desde Zaragoza. Del mismo modo fue extendiéndose a Galicia con el tramo Santiago-Orense más la adaptación del tramo La Coruña-Santiago, completándose luego hacia Levante con una ramificación hacia Valencia y Alicante en Motilla del Palancar (Cuenca).

En el caso español a nivel general la finalidad de la construcción de las líneas no ha sido tanto la búsqueda de una solución a problemas de saturación de un determinado corredor, sino más bien promover la equidad e integración territorial a través de un acceso equilibrado a las infraestructuras de transporte, en concreto a la alta velocidad.

España cuenta en 2015 con la red europea más extensa, siendo la segunda del mundo, con carácter exclusivo para circulaciones de trenes de viajeros en la mayoría de ellas y en ancho estándar, por lo que en la actualidad coexisten dos tipos de ancho fundamentales: el estándar (1.435 milímetros) y el ibérico (1.668 milímetros).

Es también el país con un mayor número de kilómetros de alta velocidad por cada cien mil habitantes, según cálculos realizados a partir del *Population and Vital Statistics Report*, de la Organización de las Naciones Unidas (2013) y la *Union Internationale des Chemins de Fer* (2014).

Pese a ello el tráfico es muy bajo comparado con cualquiera de las demás redes consideradas, aunque está experimentando un cierto incremento respecto a los años precedentes. En ese sentido debe destacarse el cambio de la política de precios de RENFE Operadora, con un aumento de las promociones, descuentos, y en definitiva un descenso del precio medio del billete, para así estimular la demanda teniendo en cuenta además la cercana apertura del mercado de viajeros a la libre competencia.

La red posee un marcado carácter radial con centro en Madrid, nodo rector por el cual debe pasarse para el desplazamiento de una línea a otra. En la actualidad no es exactamente así gracias a la existencia de dos by-pass, que ahorran el paso por la capital del tráfico que no tiene cabecera o fin en Madrid.

La posibilidad de realizar diferentes trayectos directos entre nodos no consecutivos enriquece la topología de la red, sumando un mayor número de arcos u opciones de desplazamiento para un mismo número de nodos.

A los trenes que realizan servicios de alta velocidad a larga distancia en España se les denomina AVE, aunque también existen servicios similares de media distancia, los llamados Avant. Otro tipo de servicio a considerar, aunque se desplacen a velocidad alta de hasta 250 km/h son los Alvia, capaces de circular por ambos anchos, y los Euromed con servicios en el corredor Mediterráneo.

La última red considerada por su protagonismo es la de China. Se trata de la de más reciente creación, siendo su primera línea Qinhuangdao-Shenyang, inaugurada en 2003, sin embargo, ya es la más extensa del planeta superando a España y con el tráfico más alto por encima incluso del japonés.

La finalidad de la construcción de esta vasta red es múltiple. Por una parte solucionar problemas de congestión, aliviando rutas ferroviarias para las mercancías. Por otra mejorar las conexiones entre las diversas regiones del país, y en relación con ello, dotar de acceso en alta velocidad a todas las ciudades con población superior a los 500.000 habitantes, hecho muy habitual en China.

La red presenta una estructura mallada y policéntrica y es exclusiva para pasajeros. A los trenes que operan dichas líneas se les denomina CRH o *China Railway High-speed*.

Cabe destacar como hecho relevante la existencia de una línea de levitación magnética en Shanghai, la única operativa del mundo en la actualidad (marzo de 2015). Este tren, denominado *Maglev*, comunica en siete minutos el aeropuerto internacional de Pudong y la estación de Longyang, separadas por treinta kilómetros de distancia.

1.3.7. Técnicas de análisis

Una de las principales temáticas a destacar es la relativa a las técnicas de análisis a emplear. Para el estudio de la red de alta velocidad española y su comparación con otras redes análogas en el mundo, se ha recurrido al análisis topológico y al empleo de la Teoría de Grafos. Para los estudios de demanda, se ha optado por los modelos gravitatorios.

Otra técnica adecuada para la medición de la demanda es el análisis neuronal. Esta última se basa en la emulación de la arquitectura biológica de las células nerviosas humanas, con nodos, interconexiones y sinapsis. Pese a que en la presente tesis no se ha empleado, sí se ha tenido en cuenta su perspectiva. En esta línea pueden destacarse por ejemplo los trabajos de Depiante y Galarraga (1999), Antón y Córdoba (2003) y Martín del Brío y Sanz (2006).

1.3.7.1. Topología y aplicación de la Teoría de Grafos

Las referencias bibliográficas relativas a estudios topológicos son diversas, y desde una perspectiva territorial la producción disminuye ostensiblemente.

Dentro de la literatura relativa a topología y relacionada en mayor o menor medida con la geografía, las referencias son bastante más significativas a nivel teórico que práctico. Muchos manuales que llevan por título “Geografía del Transporte”, “Redes del Transporte” o similares, dedican una parte de extensión diversa a teoría topológica. Pueden citarse en primer lugar a Garrison y Huff (1960), a los que siguieron Berge (1963), Kansky (1963), Haggett y Chorley (1969), Ritter (1971), Gauthier (1973), Taaffe (1973 y 1996), Tinkler (1977 y 1988), Potrykowski y Taylor (1984), Dupuy (1987), Danscoine y Kansky (1989), Seguí y Petrus (1991), Lee y Lee (1998), Dicken et al. (2001), Nagurney (2002), Macho (2002), Delgado (2003), Buzai (2004), Waters (2006) y Ducruet (2011), como referencias más significativas.

El término “topología” no tiene un significado unívoco. Puede definirse a partir de su consideración como rama de las matemáticas (Ducruet, 2011), como “la rama más abstracta de la geometría” (Ivorra, 2008), pero también puede entenderse a partir de los

SIG o Sistemas de Información Geográfica. Para la presente investigación, esta última acepción está más relacionada.

En este sentido el concepto de topología se aplica a las relaciones espaciales entre los diferentes elementos gráficos (topología de nodo/punto, topología de red/arco/línea o topología de polígono) y su posición en el mapa. El conjunto de éstos constituye y estructura la red topológica según señalan Sánchez-Ogallar (1999), Turk y Gumusay (2004) o Suwardhi et al. (2008), entre otros autores.

Existen diversas teorías topológicas. Un primer ejemplo es la Teoría de Nudos. Desde un punto de vista matemático un nudo es una curva continua, cerrada y sin puntos dobles, situada en un espacio tridimensional y se admite que puede ser deformada, estirada o comprimida, pero en la que no se permite hacer cortes. La teoría de nudos nace a finales del siglo XVIII, con un estudio de órbitas planetarias realizado por Gauss (Wang, 2012). Posee aplicaciones en biología molecular (ADN), física (descripción de las fuerzas fundamentales de la naturaleza), mecánica estadística, etc. (Cisneros, 2011).

En segundo lugar se sitúa la Teoría de Superficies, destinada a la clasificación topológica de todas las figuras compactas, entendidas como tales aquellas que están cerradas y acotadas (Macho, 2002).

Un último ejemplo es el de la Teoría de Grafos. Esta técnica constituye un instrumento esencial para el estudio de las redes de transporte, en especial su organización, estructura y equilibrio espacial, tal y como señalan Tinkler (1977) y Nagurney (2002). Además de ello, supone un claro exponente de la Geografía neopositivista, de forma que la red se reduce a un simple dibujo topológico (Garrido, 1995) o como señala Buzai (2004): “es un análisis de las conexiones entre sitios desde una perspectiva estrictamente geométrica”.

En la tesis se utiliza esta técnica debido a que es la que mejor permite una representación clara y sencilla de la red de alta velocidad y su análisis topológico. Dada su relevancia, resulta preciso desarrollar un breve marco teórico sobre dicha técnica.

El concepto de “grafo” puede definirse como un conjunto de puntos, vértices o nodos, algunos de los cuales están ligados entre ellos por medio de líneas o aristas (Macho, 2002) y representan de forma simplificada y abstracta la realidad, más en concreto la de una red de transporte. Pueden existir por otra parte redes aisladas, los denominados subgrafos, igualmente válidos para caracterizar la estructura de una red (Haggett y Chorley, 1969).

El propio Haggett en 1976, propuso organizar el análisis locacional alrededor del concepto de “región nodal” como un sistema espacial abierto, que quedaría constituido por movimientos o flujos, redes, nodos, jerarquías, etc., representables en un modelo geométrico abstracto e identificables en la realidad empírica en movimientos de personas, mercancías e información, redes de carreteras o ciudades de distinto rango y tamaño, como nodos articuladores de la red.

Este sistema se puede reconocer y medir, conociéndose su funcionalidad y relaciones. De igual forma se puede regular, modificar o reordenar su estructura o funcionamiento, de acuerdo con las intencionalidades o intereses de los actores intervinientes (Delgado, 2003). Esta perspectiva tendente a “geometrizarse” el territorio es compartida también por Bunge (1962) y Harvey (1969), tal y como señala Ventura (2013).

En este sistema espacial abierto existen dos conceptos que indican claves sobre sus características y funcionamiento: la conectividad y la accesibilidad, que pueden definirse como a continuación se detalla.

La conectividad o cohesión es el grado de integración o interconexión que caracteriza a una red en su funcionamiento interno. Según Herce (1983), la conectividad expresa la riqueza de relaciones que ésta hace posible o permite entre todos sus vértices o nodos,

suponiendo un excelente indicador del modo en el que la red está preparada para servir de vehículo a la multiplicidad de interacciones espaciales, condición básica de la difusión del desarrollo económico por todo el territorio. Parte de la idea básica de que cuanto mayor sea el número de arcos y nodos que posea una red y su disposición espacial, mayor será su integración, conectividad y su complejidad estructural como consecuencia derivada.

Con las medidas de accesibilidad se pretende analizar la organización espacial de la red. Los nodos establecen una jerarquía en función de la facilidad de acceso de cada uno al resto de los nodos del grafo (Garrido, 1995). También puede entenderse como la mayor o menor cantidad de arcos y nodos, que son necesarios atravesar para llegar al nodo de referencia desde alguno de los otros nodos presentes en la red (Miérez, 2005).

En relación con ambos conceptos se encuadra el de vulnerabilidad. En el contexto de las redes de transporte, se define como la capacidad de éstas para seguir funcionando después de sufrir una alteración (Rodríguez y Gutiérrez, 2012).

Algunos de los trabajos a destacar al respecto son los de los ya mencionados Herce (1983), con el relativo al análisis topológico de la red viaria catalana, Garrido (1995) sobre la red de carreteras de Aragón y Miérez (2005), que realiza un análisis de accesibilidad en la cuenca del río Luján en Argentina, utilizando índices topológicos.

Las referencias indicadas anteriormente expresan sus resultados de modo cartográfico. No obstante, la visión topológica del territorio ha sido transferida de manera exitosa a los sistemas de información geográfica (Ventura, 2013). Más directamente ligadas a estas técnicas se encuentran otras tantas publicaciones, que se señalan a continuación.

Con un mayor componente teórico, deben destacarse los trabajos de Batty (2003) y Suwardhi et al. (2007). En el primero de ellos el autor avala los avances producidos con estos sistemas y afirma que es necesaria una investigación más profunda en cuanto a las posibilidades que ofrece el análisis topológico de redes, y su aplicación a éstos. Respecto al segundo, hace referencia a la utilización conjunta de teoría de grafos y los sistemas de información geográfica para la determinación de rutas óptimas de transporte.

En esta línea y a un nivel más práctico, se sitúa el artículo de Turk y Gumusay (2004). Estos autores realizaron un estudio que aúna elementos topológicos con sistemas de información geográfica, y lo aplican al análisis turístico del distrito de Eminönü en Estambul.

También hay que señalar a Cardozo et al. (2009), que realizan un estudio sobre el transporte público de pasajeros en Resistencia (Argentina), integrando análisis de grafos y sistemas de información geográfica. Es uno de los trabajos más completos encontrados y en parte ha servido de modelo para la realización del análisis topológico seguido en la tesis.

Más reciente es el de los ya mencionados Rodríguez y Gutiérrez (2012), autores que realizan un análisis de vulnerabilidad de la red de carreteras mallorquina a través de índices de accesibilidad y sistemas de información geográfica.

Otro tipo de estudios se refieren a crónicas bibliográficas, relativamente abundantes en lo que concierne a análisis topológicos. Torrego, por ejemplo, realiza en 1986 una revisión de las tendencias en geografía del transporte y el creciente interés en el análisis de redes, incluyendo los estudios relativos a la Teoría de Grafos.

Posteriormente cabe citar a Macho (2002), con una aproximación conceptual a la materia, su evolución teórica y aplicaciones derivadas, y a Waters (2007), que lleva a cabo una revisión bibliográfica de las tendencias existentes y destaca el renovado interés por la investigación en redes de transporte desde los albores del siglo XXI.

1.3.7.2. Modelo Gravitatorio aplicado

a) Definición y antecedentes

Según Pumain (2004), un modelo gravitatorio es aquel destinado a formalizar, estudiar y prever la dinámica de los flujos o de las interacciones.

La inspiración inicial procede de la física, concretamente deriva de la ley de gravitación universal de Newton: dos cuerpos se atraen en razón directa de su masa y en razón inversa del cuadrado de la distancia que los separa, tal y como aparece reseñado en las aportaciones de Archer y Shea (1974), Uysal y Crompton (1985), Muñoz et al. (1994), Fitzsimons et al. (1999), Depiante y Galarraga (1999), Gitlesen y Jørntsen (2000), Pumain (2004), Baldwin y Taglioni (2006), Serway y Jewett (2006), Rico (2008), De la Mata y Llano (2010), Folfas (2011) o Madrazo (2012). La fórmula aparece en la Figura número 2:

Figura 2. Ley de gravitación universal. Formulación

$$FG = G \cdot \frac{M_i \cdot M_j}{D_{ij}^2}$$

Fuente: De la Mata y Llano, 2010

Donde:

FG = Fuerza Gravitatoria

G = Constante de la Gravitación Universal

M = Masa

D = Distancia

i y j = Nodos objeto de estudio

El descubrimiento de este principio fue clave para la determinación posterior de las relaciones de los objetos en el espacio, que definen su posicionamiento relativo y están separados por una determinada distancia.

Asimismo, en un espacio de circulación relativamente homogéneo, cuanto mayor sea el número de relaciones o intercambios entre dos regiones o ciudades, mayor será su peso. De igual forma si éstas están más alejadas, los intercambios serán más débiles.

En principio, a mayor valor de la distancia los intercambios serán más débiles, ya que se formula como factor disuasorio para la realización de viajes. Implica fricción, inconvenientes y en suma costes como sugieren Hall (2003), Franquet (2007), Le Sage y Fischer (2008).

La aceptación de sus planteamientos teóricos y más en concreto el reconocimiento del factor distancia como su base, hace que los modelos gravitatorios constituyan un núcleo de análisis de la economía espacial y sirvan para explicar juegos de interacciones en las sociedades humanas (Taaffe et al., 1996).

Pese a que la ley de gravitación universal fue formulada por Newton en 1687, no fue hasta el siglo XIX cuando comenzó a plantearse la posibilidad de aplicar este principio para la investigación empírica y explicación de diferentes fenómenos de interacción espacial. Al respecto hay que destacar a Von Thünen, que desarrolló la teoría de la localización espacial a nivel de usos y aprovechamientos agrícolas (1820).

Ya en el siglo XX, el número de autores a considerar aumenta. Weber publicó en 1909 la obra "Teoría de la Localización Industrial". Posteriormente, debe destacarse a Christaller (1933), con su Teoría de los Lugares Centrales y la creación de jerarquías, según Lösch (1954) y Yerra y Levinson (2005). El mencionado Lösch acuña el concepto de "región económica" y establece una delimitación de áreas de mercado, junto con Zipf y Stewart, tal y como sugieren Fitzsimons et al. (1999) y Rico (2008).

Al mismo tiempo otros autores comenzaron a utilizar variantes del modelo gravitatorio inicial. Las variables utilizadas empezaron a diversificarse. Para medir la intensidad de flujo entre dos nodos se comenzaron a considerar el número de viajes (Willumsen y Ortúzar, 2011), el tiempo de desplazamiento, la capacidad receptiva de flujos, etc. De igual forma, otras innovaciones posteriores hacen referencia al grado de la potencia de la variable disuasoria (especialmente la distancia). De hecho, su determinación no ha estado exenta de debate.

En el trabajo de Franquet (2007), apartado “Formulación teórica del modelo”, dicho autor señala las diferencias en cuanto a la selección de exponentes por parte de distintos autores: Stewart, Carroll, Iklé, Carrothers, etc. De igual modo se introduce la denominada función de impedancia, que relaciona movilidad con la medición del efecto disuasorio de la distancia (Rico, 2008).

Otros autores como Gitlesen y Jörntsen (2000), Griffith (2007), Rico (2008), Chen y Wang (2013), destacan los planteamientos de A. Wilson, quien en 1970 elaboró una sólida base matemática para generalizar diferentes modelos espaciales, utilizando el principio de entropía.

b) Orientaciones:

La profusión de variantes a partir de la fórmula inicial ha dado lugar a una extensa multiplicidad de orientaciones en cuanto a la aplicación de los modelos gravitatorios, si bien la mayor parte poseen en común su gran aplicabilidad en el campo de la economía y dinámica espacial. En este sentido, Erlander y Stewart (1990), Sen y Smith (1998) y posteriormente Starck (2012), realizaron una revisión de éstos, presentando sus múltiples características, factores utilizados y restricciones.

Las orientaciones más destacadas son las siguientes: estudios de flujos comerciales, estudios económicos, estudios sobre el transporte, estudios turísticos y otros modelos de interacción espacial.

Estudios de flujos comerciales

Una de las aplicaciones clásicas de los modelos gravitatorios ha sido la determinación de los flujos comerciales entre dos nodos, sean ciudades, regiones, o cualquier otro ámbito escalar. Son los denominados Modelos de Gravitación Comercial (Chasco, 2000).

Tinbergen (1962), basándose en la ley original de Newton, sustituye fuerza de atracción gravitatoria por flujo comercial bilateral. La población también es sustituida por “masa económica”, concepto que en muchos casos se refiere al producto interior bruto. La ecuación se incluye en la Figura número 3:

Figura 3. Formulación para el modelo gravitatorio de Tinbergen

$$X_{ij} = A \cdot \frac{Y_i \cdot Y_j}{D_{ij}^\gamma}$$

Fuente: Starck, 2012

Siendo:

X_{ij} : Volumen comercial para cada par de nodos ij

Y_i y Y_j : Masa económica de los nodos “ i ” y “ j ”

D_{ij} : Distancia entre cada par de nodos ij (kilómetros)

A : Constante gravitatoria, determinada empíricamente

γ : Exponente, con valor 2

Existen multitud de ejemplos posteriores, por ejemplo Huff (1963), Anderson (1979 y 2011), Krugman (1985), Helpman y Krugman (1987). A finales de los noventa, Fitzsimons et al. (1999), en su estudio relativo a los flujos comerciales entre el norte y el sur de Irlanda, afirman que dicho flujo presenta una relación directamente proporcional al producto interior bruto de cada nodo, e inversamente proporcional a la distancia que los separa.

En 2003, Anderson y Van Wincoop desarrollaron un método para posibilitar el estudio comparativo del efecto frontera en los flujos comerciales, a partir del trabajo de McCallum (1995), referente a dichos flujos en la frontera entre Estados Unidos y Canadá. Considera de este modo las variables de la producción de cada nodo, la distancia entre ambos y la existencia o no de frontera entre ellos.

El trabajo de McCallum también sirvió como referente para el de Okubo (2003), aplicando su metodología para el estudio del efecto frontera en el comercio interregional de Japón y para el de Baldwin y Taglioni (2006). Estos dos últimos autores desarrollaron otro modelo relativo a flujos comerciales, similar al de Fitzsimons et al., considerando producto interior bruto de cada nodo y distancias entre ambos, al objeto de estudiar la relación existente entre el consumo de un nodo “i” de productos procedentes de un nodo “j”, y la cuota de producto interior bruto mundial que ostenta cada uno de ellos. Con ello, el flujo comercial bilateral entre ambos nodos sería proporcional al producto de sus respectivas cuotas mundiales de este indicador. Otra aportación de Okubo se refiere a la constatación de algunos errores detectados en la literatura específica previa, especialmente relacionados con el sesgo de los datos.

Otros trabajos a destacar son los de Armstrong (2007), Madrazo (2012) y Tan (2013), relativos a flujos comerciales, en los que se mide la intensidad de flujo y se utilizan factores como renta o datos migratorios, entre otros tantos.

Estudios económicos

Pese a que en los anteriores modelos detallados la gran mayoría posee una clara vocación economicista, sí pueden encuadrarse en esta categoría las siguientes aportaciones:

Franquet, en 2007, propone un modelo de gravitación capaz de establecer que un municipio cualquiera atrae los recursos económicos de los enclaves de una cierta comarca de la que es “cabecera”, en razón directa de su volumen de población y en razón inversa al cuadrado de la distancia que separa el enclave geográfico del centro urbano del municipio. Existen en consecuencia dos municipios “i” y “j”, y un municipio intermedio “x”. Para corregir posibles distorsiones relacionadas con la obtención de valores extremos, pondera las poblaciones de los municipios con sus producciones “per cápita”.

La capacidad de atracción de recursos de cada municipio se determina por la ubicación del municipio intermedio, que actúa de “punto frontera” entre los campos gravitatorios de cada par de municipios. La unión de estos puntos frontera constituye el límite geométrico comarcal del cual es cabecera el municipio.

Una vez obtenidas las comarcas geométricas, Franquet procede a su adecuación a las comarcas reales. Para ello dicho autor considera que la posición relativa del casco urbano de un municipio cualquiera en relación al límite comarcal, es la que determina su inclusión o no en una u otra de las comarcas existentes a ambos lados de dicho límite fronterizo.

Otro trabajo destacable es el de Folfas (2011), que crea un modelo gravitatorio para determinar la inversión directa extranjera (FDI o *Foreign Direct Investment*) en la Unión Europea de los 27. Este trabajo muestra que las variables independientes en modelos para la FDI son muy numerosas y han sido estudiadas por un amplio abanico de investigadores².

² Puede ampliarse información al respecto en Folfas (2011): “FDI between EU member states:

Estudios sobre transporte

En relación al análisis del sector de transporte, hay que destacar primeramente a Ullman, que en los años cincuenta propuso la aplicación del modelo gravitatorio en el campo de la geografía del transporte, refiriéndose a la interacción entre dos ciudades/nodos “i” y “j”, que podía ser medible mediante el producto de su población y dividiendo entre la distancia que los separa (Ullman y Mayer, 1954).

En décadas posteriores la producción de modelos gravitatorios fue menos prolífica en relación con el transporte, centrándose más en los estudios de carácter puramente económico. Cabe señalar el trabajo de Juárez (1993), en el que utiliza un modelo gravitatorio para analizar la interacción de los mercados laborales a nivel municipal en el estado de Tabasco (México), prediciendo los viajes laborales de la población económicamente activa de cada municipio.

Ya en el siglo XXI, Rico propuso en 2006 una caracterización del modelo gravitatorio aplicado al transporte aéreo, dejando entrever las particularidades que ofrece este modo de transporte al relacionar intensidad de flujo de viajeros con distancia³. Una vez obtenidos los resultados, plantea la idea de dividir la modelización en dos partes, en base al distinto efecto de la distancia que registra: disuasorio y convencional en distancias elevadas o promotor en valores menores.

Otro estudio destacado es el de Rubio, también de 2006, centrado en el transporte ferroviario de mercancías. Relaciona las cantidades ofertadas y demandadas por los nodos de origen y destino y en el denominador una función de costes.

También relacionado con la temática de la tesis se encuentra el estudio de Martín y Nombela (2010). Dichos autores analizan los impactos macroeconómicos que pueden esperarse de la planificación en materia de infraestructuras del Ministerio de Fomento fijada para el periodo 2000-2010 a través del PIT (Plan de Infraestructuras de Transporte).

Martín y Nombela emplean un modelo gravitatorio para cuantificar la magnitud del previsible incremento global de la demanda una vez entrara en vigor dicho Plan. Utilizan como variable dependiente el número de viajeros entre las provincias “i” y “j”, y como variables independientes (o explicativas) la distancia entre provincias (función de interacción), población y el *stock* o dotación de infraestructuras de transporte de las provincias de origen y destino.

Completan su análisis con un modelo *logit*⁴ para predecir las cuotas de mercado futuras del ferrocarril, a partir de supuestos relativos a tiempo, coste y variaciones en función de la distancia.

Dichos autores comparan la situación de inicio en 2000 frente a la esperada tras la aplicación del Plan (2010), tanto en materia del incremento del tráfico de viajeros como en los cambios en la cuota modal a favor del ferrocarril.

Con los resultados obtenidos se propone un escenario muy favorable para el sector ferroviario, ya que en la muestra de rutas utilizada a partir de la encuesta Movilia, el volumen de tráfico de viajeros pasaría de un escaso 8,9 % de cuota media a un 22,8 %. Se apuntan como causas principales de este incremento el aumento de la población, pero especialmente el efecto inducido provocado por la mejora y ampliación de las infraestructuras de transporte.

Gravity Model and Taxes”, pp. 5-6.

³ El tren de alta velocidad posee mayor potencialidad de cuota de viajeros respecto a otros modos en un intervalo de distancia determinado. En este caso, Rico (2006) también nos muestra cómo el transporte aéreo en México registra un volumen de pasajeros muy bajo en distancias no mayores a 250 kilómetros, valores que aumentan progresivamente hasta el máximo alcanzado en la cifra de 750 kilómetros.

⁴ Este tipo de modelo permite obtener estimaciones de la probabilidad de un suceso, así como identificar los factores de riesgo que determinan dichas probabilidades y su peso relativo (Llano y Mosquera, 2006).

Aunque posteriormente se expondrá al analizar la evolución de la planificación de transporte en España, bien puede adelantarse que el Plan de Infraestructuras de Transporte no se llevó a cabo en su totalidad debido a lo ambicioso de su programa y al periodo de ejecución tan reducido, siendo sustituido por el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte, que amplió sus objetivos. Aun así, en la actualidad no está ejecutado en su integridad todo su programa, debido a la crisis económica y a la entrada en vigor de su sucesor, el Plan de Infraestructuras de Transporte y Vivienda, que implicó cambios en la orientación de las inversiones.

Las cifras oficiales relativas a las cuotas de mercado en el transporte a larga distancia, proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadística, resultan ser muy similares a las calculadas por dichos autores, lo que supone una ponderación favorable de la fiabilidad del modelo.

También en 2010 se publica el trabajo de J. Cerdá, con una perspectiva similar al ya comentado de Juárez (1993), es decir, centrado en la movilidad laboral.

Otro estudio a señalar es el realizado por varios investigadores de la compañía Atkins en 2012, relativo a la evaluación de la red de alta velocidad noruega (VV.AA., 2012). Elaboran una estructura dual con dos modelos y múltiples parámetros: población, elasticidad, coste del viaje, etc. El objetivo es la realización de una previsión del reparto de la demanda futura de la alta velocidad (nivel de atracción), en relación con el resto de modos de transporte. Ponen en valor la idoneidad del modelo como herramienta útil para la toma de decisiones futuras en materia de transporte, si bien consideran que tiene algunas limitaciones para la previsión (estimación del uso individual de cada estación, precios) y el potencial de nuevos mercados. La formulación que utilizan se señala en la Figura número 4:

Figura 4. Formulación para modelo gravitatorio desarrollado por investigadores de la compañía Atkins

$$T_{ij} = K \cdot P_i^\alpha \cdot P_j^\beta \cdot G^\lambda$$

Fuente: VV.AA., Informe Atkins, (2012)

Siendo:

T_{ij} : Número de viajes entre regiones “i” y “j”

P_i y P_j : Masas demográficas de las regiones “i” y “j”

K: Constante empírica

G: Coste del desplazamiento entre las regiones “i” y “j”

α : Elasticidad de la población para región “i”.

β : Elasticidad de la población para la región “j”.

λ : Factor de impedancia de la distancia

Los autores del Informe Atkins concluyen que el pronóstico que otorga el modelo provee una fuerte base para la toma de decisiones. Pero también indican que existen límites para el pronóstico, sobre todo en lo concerniente al uso individual de las estaciones de alta velocidad y la capacidad potencial de crear nuevos mercados con la introducción de servicios de alta velocidad ferroviaria.

Estudios turísticos

Junto a la orientación centrada en el análisis de los flujos comerciales, otra aplicación habitual es la relacionada con el sector turístico.

Diversos autores han formulado su propio modelo gravitatorio turístico: Crampon, Ellis y Van Doren, Gordon y Edwards, Ontario, Tan, Smith y Brown, Blackwell, etc.

Crampon realizó en 1966 un modelo para determinar la relación del número de turistas de una zona "i" que escogen como lugar de destino para realizar una actividad turística otra zona "j". Utiliza la población existente en la zona de origen (P_i) y la distancia que separa ambas (D_{ij})

Su formulación es sencilla, a la vista de la Figura número 5:

Figura 5. Formulación para modelo gravitatorio de Crampon

$$V_{ij} = G \cdot P_i \cdot D_{ij}$$

Fuente: Muñoz et al., 1994

Siendo:

- V_{ij} : Número de viajes entre regiones "i" y "j"
- P_i : Masa demográfica de la región "i"
- D_{ij} : Distancia entre cada par de nodos ij (kilómetros)
- G: Constante empírica

La cual procede de la Figura número 6:

Figura 6. Formulación para modelo gravitatorio de Crampon (inicial)

$$\frac{V_{ij}}{\sum_{i=1}^n V_{ij}} = G \cdot \frac{P_i}{D_{ij}^b}$$

Fuente: Muñoz et al., 1994

Donde en la fracción inicial el numerador es el número actual de viajes de "i" a "j", dividido por el total de viajes a "j" de todos los orígenes "i".

Crampon concluye que los factores que ejercen un impacto en el viaje entre cada par de nodos origen-destino deben influir en el total de viajes (Uysal y Crompton, 1985).

Brian H. Archer, por su parte, es quizá el autor más destacado en cuanto a su aplicación a la dimensión territorial. Archer realizó en 1974 un estudio sobre la ciudad galesa de Llandudno, en el que estableció un modelo dirigido a medir el efecto económico del turismo y los impactos directo, indirecto e inducido en su economía, así como la aportación realizada por el turismo a los restantes sectores económicos (Archer y Shea, 1974).

Por otro lado, Archer fue pionero también en materia de multiplicadores keynesianos aplicados al gasto turístico también desde un punto de vista territorial (Calderón, 2007).

Al igual que sucedía a partir de los años cincuenta, Archer propuso la idea de aumentar las variables a analizar e incorporarlas al modelo inicial, en pos de lograr una mayor precisión para el modelo. Dentro de su enfoque turístico, aparte de la población, desarrolló formulación específica que albergaba multitud de factores potenciales de atracción, como por ejemplo la renta per cápita o el coste (monetario o en tiempo), tal y como señalan Uysal y Crompton (1985).

Otros modelos turísticos utilizan masa demográfica y distancia: Ellis y Van Doren (1966), Gordon y Edwards (1973), Griffith (2007), con variaciones más o menos significativas frente al inicial.

En España pueden destacarse los estudios de De la Mata y Llano (2010) y de Guardia y Muro (2011), relacionando respectivamente turismo con comercio interior y con flujos de población.

Otros modelos de interacción espacial

En la actualidad las aplicaciones de los modelos gravitatorios se han multiplicado y del mismo modo sus reformulaciones teóricas, proliferando en cierta medida trabajos integradores de las diferentes corrientes y teorías: Bavaud (2001), Evenett y Keller (2002), etc.

Un último trabajo a destacar es el de Chen y Wang (2013). Estos dos autores crearon un modelo para definir la atracción espacial entre pares de ciudades, introduciendo la variable tiempo de viaje y posibilitando un estudio continuo de la atracción espacial entre ambas ciudades, considerando la variación temporal de sus respectivas masas demográficas, aportando así un interesante ejemplo de aplicación en la evolución de la atracción espacial entre las ciudades chinas de Pekín y Tianjin para la serie temporal 1949-2004.

1.3.8. Valoraciones de la alta velocidad ferroviaria

En esta temática se hace referencia a todos aquellos estudios sobre el tren de alta velocidad y sus efectos a nivel político, socioeconómico y ambiental, con un punto en común, todos ellos poseen en mayor o menor medida una componente argumentativa y crítica sobre la alta velocidad.

Las percepciones y ópticas de análisis son muy diversas, puesto que se trata de un tema que suscita un gran interés para profesionales de muy distintas ramas, lo que le confiere un carácter marcadamente multidisciplinar. Entre los autores se encuentran: geógrafos, ingenieros de caminos, ecologistas, economistas, matemáticos, urbanistas, etc.

Desde una perspectiva política, se asocia el desarrollo de la alta velocidad española con el producido a nivel comunitario. Este proceso es más marcado a partir del creciente interés por el establecimiento de una Red Transeuropea de Transporte, en la que la alta velocidad ferroviaria debe tener un papel central. Además, algunos de los proyectos prioritarios en esta faceta se sitúan al menos en parte en España.

Ciertos autores han defendido la política española en materia de transportes, apostando por el desarrollo del tren de alta velocidad y enfatizando su capacidad para conectar al país con Europa, producir efectos positivos a nivel territorial (por ejemplo las oportunidades que se generen de renovación urbana) y rescatar al sector ferroviario de su continuado declive, tal como plantean López Pita (1989), Ellwanger y Wilckens (1994), Valdés (1998), Santos (2002), Sanaú (2002), Herce (2009) o Zaragoza (2012).

El desarrollo de la red ferroviaria de alta velocidad promovido en los diferentes planes de transporte integrales ha sido, a juicio de otros muchos autores, extremadamente ambicioso. Sobre todo, se señala que la vertebración territorial y cohesión regional que se propugna queda en entredicho en diferentes ejemplos, al menos hasta el momento presente. Muchas estaciones han sido construidas fuera de los límites urbanos de los núcleos, con objeto de ofrecer un estímulo para su crecimiento. Presentan sin embargo en muchos casos déficit de servicios básicos, así como una escasa accesibilidad, lo que dificulta el incremento poblacional y el desarrollo de nueva actividad económica sólo en base a la inauguración de la nueva estación ferroviaria. Sirvan como ejemplo las estaciones de Guadalajara, Segovia, Puente Genil, Antequera, etc.

En este sentido Inglada (1993 y 2005), Sanz (2000 y 2009), Ramos (2002) y Segura (2005 y 2012), adoptan una posición crítica ante la idoneidad de continuar con una planificación basada en las infraestructuras de transporte en vez de un plan de gestión del transporte, conteniendo el nivel de movilidad de los viajeros o si es posible reduciéndolo.

Enlazando con la perspectiva económica, la necesidad de conectar con este modo de transporte todas las capitales de provincia queda sobredimensionada y se ha mostrado

inviabile una vez comenzado el periodo de crisis, lo que ha provocado algunos llamativos replanteamientos de los proyectos de infraestructuras pendientes de ejecutar.

Los análisis de coste-beneficio de las líneas de alta velocidad realizados a nivel institucional son muy escasos o inexistentes, mientras que a nivel científico su producción es ascendente. Dichos análisis muestran unos resultados que incitan a relativizar los efectos positivos del nuevo tren, al menos a corto plazo, cuando no, en el peor de los casos, a reconsiderar las inversiones realizadas en un tramo o línea completa.

De esta manera, se señala que el criterio rector a la hora de desarrollar la red de alta velocidad en España ha sido el político, dejando en un plano secundario las consideraciones de rentabilidad económica mínimamente rigurosas, y en vez de ello, sobrevalorando supuestos impactos positivos a nivel socioeconómico, territorial y ambiental. Destacan los trabajos de Nash (1991 y 2009), De Rus e Inglada (1993), De Rus y Campos (2005), Inglada (2005), Torres (2005), De Rus y Román (2006), Román (2008), Campos, De Rus y Barrón (2009), Bel (2010), Albalate y Bel (2011 y 2015) y Turró (2013), entre otros.

Otro grupo de autores se muestran a favor del desarrollo de la alta velocidad y su contribución a la integración española en el sistema de transporte ferroviario europeo y mitigar su perifericidad. Pero a la vez, señalan la necesidad de valorar especialmente en los tiempos actuales de crisis económica la rentabilidad de los proyectos, la búsqueda de nuevas fuentes de financiación o el hecho de que la construcción de una infraestructura y puesta en marcha de un determinado servicio de transporte sean una condición necesaria pero no suficiente para el desarrollo territorial.

Por lo tanto, llegan a la conclusión de que el tren de alta velocidad no es la solución a todos los problemas, sea cual sea su tipología y ámbito escalar. Estos planteamientos son compartidos por Mannone (1995), Martí-Henneberg (2000), Serrano (2000 y 2010), Ribalaygua (2004), Rodríguez et al. (2005), Torres (2006), Serrano et al. (2010), Bellet et al. (2011), Zaragoza (2012), Sánchez-Ollero et al. (2014), Cañizares y Martínez (2014), etc.

A nivel económico uno de los debates más comunes se centra en la competencia entre modos. Existe una interesante literatura al respecto, sobre todo en relación a la medida de los umbrales donde el tren de alta velocidad puede mostrarse más competitivo, tanto a nivel de distancia como de tiempo.

No existe pleno acuerdo sobre cifras, pero la mayoría de los autores consideran como umbrales más idóneos entre 300 y 700 kilómetros de distancia y sobre dos o tres horas de viaje. Además, la amplitud de dichos umbrales varía. Pueden destacarse los trabajos de González-Savignat (2004), López Pita (2005), García Álvarez (2008), Kageson (2009), Schweitzer (2011), Feigenbaum (2013) o Perl y Goetz (2015).

Tras la implantación del tren de alta velocidad, en numerosos corredores se han producido notables cambios en las cuotas de mercado de los diferentes modos de transporte en beneficio del nuevo ferrocarril, según López Pita (2005) y Portillo (2009). Dichos cambios son especialmente significativos en los enlaces situados dentro de los umbrales anteriores de distancia y tiempo.

El modo más perjudicado por este incremento ha sido el transporte aéreo, comparativamente más que el autobús o el vehículo privado, según Martín y Nombela (2008). Tal es así que en algunos casos su cuota se ha reducido drásticamente o incluso es nula, provocando la cancelación del servicio. Para el primer caso sirven como ejemplo los corredores españoles de Madrid-Sevilla, Madrid-Málaga y Madrid-Valencia. Para el segundo caso, Seúl-Daegu (Corea del Sur) o Taipei-Chiayi (Taiwan), tal y como señalan Albalate y Bel (2015).

Su implantación también ha afectado al ferrocarril convencional puesto que en aquellas rutas en las cuales se ha implantado el nuevo servicio, se ha producido un efecto de sustitución más que de aumento de la diversidad de oferta. Esto supone importantes

consecuencias a nivel socioeconómico, sobre todo en relación con la demanda. El precio de los billetes en alta velocidad es sensiblemente superior a los del tren convencional, por lo que parte de la demanda abandona el transporte en ferrocarril y opta por otros modos para desplazarse. No obstante, con la nueva política tarifaria de RENFE Operadora, los precios ofrecidos son ahora algo más asequibles.

Por ejemplo, realizar el trayecto Madrid-Barcelona en 2009 podría sobrepasar los 100 euros como precio mínimo, en clase turista, teniendo en cuenta que las plazas destinadas a promociones con amplios descuentos, como la tarifa Estrella, eran muy limitadas mientras que el tren Regional Exprés cuesta unos 40 euros. En 2015 pueden reservarse billetes para este recorrido por algo más de 60 euros, con la tarifa Promo, quedando en 40 si se trata de Tarifa Mesa, es decir, reservar cuatro plazas. El precio del Regional Exprés, por su parte, continúa en torno a los 40 euros, con un tiempo de trayecto más de tres veces superior.

Otro ejemplo totalmente diferente es Zaragoza-Huesca. En 2009 el billete de AVE costaba 13,90 euros, mientras que el del TRD (Tren Regional Diesel) era de 6,50 euros⁵. En 2015 se ha vuelto a consultar dicho enlace y el trayecto en AVE puede reservarse por 10 euros, en tarifa Promo, mientras que el del ferrocarril convencional ha aumentado a 7,15 euros.

Pese a suprimir servicios convencionales y disminuir las tarifas para los AVE, las cancelaciones también han afectado a la propia alta velocidad, como es el caso de la línea Toledo-Cuenca-Albacete, debido fundamentalmente a que registraba unos niveles de demanda extremadamente bajos.

Barrón (2006) y Domènech (2008), señalan la necesidad de plantear un tren de alta velocidad *low cost*, con características dinámicas semejantes, pero de diseño más sobrio y nivel de servicio más simplificado, disociando el binomio tren de alta velocidad-tren de lujo. Se podría obtener un precio de billete final más competitivo para un mayor espectro de viajeros, paliando así los efectos de la sustitución de servicios y mitigando la tendencia a cancelar líneas con baja demanda.

Otros autores como Givoni (2006), Burckhart et al. (2008) o Martí-Henneberg (2015), abogan por fomentar la complementariedad entre modos, más que la competitividad. Se afirma que una red de alta velocidad depende en gran medida de una intermodalidad eficiente, puesto que de lo contrario muchos territorios perderían accesibilidad en términos comparativos.

Respecto a la complementariedad entre tren de alta velocidad y avión, existen algunos ejemplos, aunque escasos, consistentes en situar en un mismo espacio un aeropuerto y una estación de alta velocidad: casos de París (Charles de Gaulle) y Lyon (Saint-Éxupéry), como señala López Pita (2003).

En cuanto a la relación entre alta velocidad y ferrocarril convencional, en diferentes obras se señala la necesidad de favorecer sus interconexiones, partiendo de nuevo de la base de que un tren de alta velocidad necesita de otros modos (por ejemplo, el tren convencional) para lograr el objetivo de vertebración territorial y extender sus potenciales beneficios a una superficie espacial mayor. Es vital por tanto alcanzar la complementariedad entre ambas redes ferroviarias, siendo este el planteamiento que señalan Vickerman (1995, 1997 y 2006), Inglada (2005), Ruano (2009), De Rus (2012) o Gavira (2013).

La planificación política y los estudios a nivel económico están íntimamente ligados con aquellos referentes a los efectos que ocasiona o puede ocasionar el tren de alta velocidad. La implantación de este ferrocarril produce cambios en la competencia entre modos y relacionado con ello, en las cuotas de mercado y demanda de una determinada ruta.

⁵ Precio medio, dado que existían servicios de Tren Regional Diesel por 6,10 euros mientras otros tenían un precio de 6,90 euros. Fuente: elaboración propia a partir de RENFE y ALOSA, Autocares y autobuses S.L.

Debido a la necesidad de realizar un reducido número de paradas en cada ruta, el tren de alta velocidad provoca el denominado “efecto túnel” en los territorios intermedios que se quedan al margen de la red, así como efecto barrera a lo largo de la línea.

Respecto al efecto túnel el tren de alta velocidad conecta dos ciudades y las aproxima en el tiempo, pero no beneficia al espacio comprendido entre ambas. Es más fácil acceder a las ciudades enlazadas con este modo que desde cualquiera de ellas a un punto intermedio. Aunque el tren pasa, como no realiza parada no aporta beneficios objetivos al territorio, al menos de forma directa.

En cuanto al efecto barrera, aunque puede ser natural (por ejemplo, un accidente geográfico), en este trabajo se hace referencia al de origen antrópico. La consecuencia principal de la instalación de estructuras lineales es la división del espacio: a nivel urbano genera discontinuidades en su tejido, que pueden paliarse mediante la construcción de pasos elevados y subterráneos o bien soterrando la infraestructura. Fuera de la ciudad el efecto barrera es especialmente perjudicial para la fauna, ya que los animales se ven obligados a cruzar la infraestructura para acceder a los recursos que utilizaban antes del establecimiento de la línea (Rodríguez et al., 2002).

De igual modo favorece espacios polarizados, donde las actividades económicas tienden a concentrarse en los lugares con estación, y dentro de éstos en los más poblados, como indican Vickerman (2006) y Feliu (2009). Más que favorecer la equidad y vertebración territorial, contribuye a generar mayores desequilibrios, por lo que resulta fundamental la existencia de una red ferroviaria convencional de calidad que actúe como difusora y complemento de los potenciales beneficios del nuevo modo.

Un último tipo de efecto a considerar es el que engloba todo lo relativo al medioambiente. Existe también una amplia literatura y un intenso debate, sobre todo respecto a las emisiones y consumo energético que genera este ferrocarril. En muchos casos, los resultados y conclusiones aportados por diferentes trabajos son claramente divergentes.

Se observa un grupo de trabajos en los que se señala que el ferrocarril de alta velocidad, es sin duda el modo de transporte más eficiente respecto al resto de modos, como aseveran López Pita (2006), García Álvarez (2008), Portillo (2009) y Clewlow (2011).

Como contrapunto otros tantos autores se posicionan señalando los mayores consumos de energía y emisiones generadas por el ferrocarril de alta velocidad, en muchas ocasiones con valores similares a los del transporte aéreo, destacando las cifras mucho más comedidas relativas al ferrocarril convencional frente al resto de modos considerados. En esta línea deben considerarse los estudios de Kageson (2009), Bermejo (2009), Kemp (2004), Informe INFRAS 2011 o Albaladejo y Bel (2015).

Para finalizar con el apartado de las emisiones De Rus, Campos y Barrón (2009), señalan la importancia de proseguir con el crecimiento de las redes de alta velocidad si bien deben tenerse en cuenta, entre otros muchos factores, los niveles de emisiones y consumo energético que podrían generarse. El resultado depende de cual sea la fuente primaria de energía utilizada para generar la electricidad que necesita el tren de alta velocidad (a partir de centrales térmicas, hidráulicas, nucleares, etc.) Según indica Martín (2011), cada vez es mayor la proporción de energías renovables en el mix de generación, reduciendo de ese modo la dependencia respecto a las fuentes fósiles. En concreto, para el periodo 2006-2010 el porcentaje se ha incrementado de un 27 % a un 46 %.

Además del impacto a nivel de emisiones y consumo, existen otros apartados a reseñar como son la contaminación visual y acústica junto al consumo de espacio físico.

Las restrictivas especificaciones técnicas del tren de alta velocidad, unidas a una orografía muy compleja como es el caso de la española, generan la necesidad de construir obras públicas de gran envergadura para salvar los numerosos accidentes naturales presentes a lo largo de su recorrido: fundamentalmente túneles y viaductos, produciendo importantes alteraciones paisajísticas, caso de los viaductos o también los impactos en la movilidad de cabañas ganaderas y en el tráfico rural. Deben considerarse

además las actuaciones en áreas urbanas, como son los soterramientos, o bien la construcción de pasos para mejorar la permeabilidad y mitigar el efecto barrera.

Respecto a la contaminación acústica el tren produce un ruido discontinuo (sólo emite cuando pasa), aunque se trata de ruido acompañado de vibraciones y su relevancia aumenta con la densidad poblacional de las áreas afectadas, como sugieren Nijland y Van Wee (2008) y De Rus, Campos y Barrón (2009).

Es preciso señalar que en el caso de la alta velocidad el consumo de espacio es mayor que en el ferrocarril convencional, puesto que la plataforma de construcción debe ser más ancha, en concreto, el ancho de la plataforma es de 14 metros más las servidumbres correspondientes (Antolín, 2000). Ello es debido a las especificaciones técnicas y la orografía del país, ya que a mayor irregularidad en el terreno, mayor necesidad de realizar actuaciones adicionales a la de la construcción de la plataforma (desmontes, terraplenes, etc.) Así sucede en el tramo Brazatortas-Córdoba, en la línea Madrid-Sevilla, en el tramo que atraviesa del valle de Alcudia (Ciudad Real) o en el sector del embalse de Contreras, entre las provincias de Cuenca y Valencia.

1.4. HIPÓTESIS DE TRABAJO

De acuerdo con todo lo establecido con el director de la tesis, las hipótesis que se proponen son:

1. El transporte ferroviario en alta velocidad nacional ha evolucionado rápidamente, destacando sobre otros países de su entorno y contando con trenes de estas mismas características (Alemania, Francia, Italia, etc.) Su expansión sigue en marcha puesto que presenta planes institucionales de desarrollo futuro, con múltiples líneas y tramos en construcción, que permitirán que este tren pueda efectuar parada en buena parte de las provincias españolas. Sin embargo, cuestiones económicas y políticas han afectado de forma notoria la planificación inicial prevista para su desarrollo.

2. La evolución de las legislaciones comunitaria y nacional en el sector ferroviario, ha favorecido el incremento de las diferentes redes de alta velocidad. Hay que señalar la existencia de un alto grado de correlación entre la evolución de la red y el diseño de políticas de transporte tanto de la Unión Europea como, a partir de ésta en la administración española. Es preciso enfatizar el significado y trascendencia de las Redes Transeuropeas, en concreto del papel de la Red Transeuropea de Transporte.

3. El desarrollo del ferrocarril de alta velocidad está íntimamente vinculado a la aplicación de avances tecnológicos a este transporte por parte de diferentes países, entre ellos España, que en este sentido es uno de los países que se sitúa a la cabeza, aportando múltiples innovaciones aplicables a este modo de transporte. Este conjunto de aportaciones debe traducirse en mejoras en la calidad del servicio prestado. Se trata de proveer mejor material rodante, mejores infraestructuras, mejores servicios, etc., favoreciendo así la expansión de este tipo de ferrocarril a más estratos sociales, más países y en definitiva más territorios.

4. La red española de alta velocidad es muy dinámica. Ese dinamismo puede establecerse a partir de valores de conectividad y accesibilidad territorial. Constituye un aporte al tejido territorial del país, así como, producto de su situación geoestratégica, a la conectividad de Portugal, Europa Occidental y también al Norte de África, a través de la conexión en el Estrecho de Gibraltar y el desarrollo de la red de alta velocidad en el área marroquí.

5. Señalar que, con toda la literatura científica y académica consultada, puede determinarse que el tren de alta velocidad produce una serie de efectos tanto en su actividad funcional como en fases previas a ésta. Tales efectos se producen a nivel de movilidad y accesibilidad de los viajeros con carácter económico, territorial y ambiental.

Aparte de estas hipótesis, podrían proponerse algunas otras de muy diversa índole dentro de la temática de la tesis. Su número ha sido limitado a las expuestas, ya que una ampliación de las mismas sobrepasaría la dimensión del trabajo.

En los niveles más teóricos destacan la revisión bibliográfica de artículos, obras de referencia, documentos técnicos y oficiales, noticias, portales web, etc., a la hora de tratar la aproximación a la alta velocidad ferroviaria, las políticas de transporte a diferentes escalas y los impactos asociados a su planificación, construcción y explotación.

En cuanto a las técnicas empleadas para el desarrollo de cada una de las hipótesis se deben resaltar las siguientes: la estadística operativa, la cartografía general y temática, los gráficos de dispersión, la Teoría de Grafos, los índices de conectividad y accesibilidad, las matrices y los modelos gravitatorios, junto al estudio topológico general de la red y el cálculo de la previsión del flujo potencial de viajeros en la misma. Todo ello fundamentado en un aparejo teórico, que se conforma a partir de una revisión bibliográfica de trabajos selectos.

1.5. OBJETIVOS

Los objetivos de la tesis se subdividen en dos ámbitos, atendiendo a si son de índole personal o académica.

Objetivos personales

1. Adquisición de una mayor formación sobre la materia de la tesis, a través de la revisión de un gran fondo documental y la necesidad de mantener una constante actualización, al ser una temática muy dinámica tanto en el espacio como en el tiempo.
2. Relaciones académico-profesionales para lograr un mayor posicionamiento en relación al objeto de estudio, mediante la dirección tutorial, la asistencia a congresos, jornadas y resto de eventos de interés para la realización de la tesis, publicaciones previas vinculadas al objeto de estudio, contacto con instituciones y empresas relacionadas así como la pertenencia al Colegio Oficial de Geógrafos de España y al Grupo de Geografía de los Servicios de la Asociación de Geógrafos Españoles (AGE).
3. Vinculado a los anteriores, alcanzar la preparación, experiencia y madurez suficientes para poder desarrollar y culminar el empeño de esta tesis doctoral.

Objetivos académicos

1. Plasmar la investigación de las hipótesis planteadas y establecer conclusiones ajustadas a éstas, buscando por tanto un hilo conductor entre las hipótesis, los objetivos y las conclusiones.
2. Sistematizar conocimientos transversales sobre alta velocidad adquiridos mediante la compilación de documentación diversa, en base a planteamientos procedentes de la economía, de la tecnología, ingeniería, ciencias sociales y ambientales, etc.
3. Confeccionar cartografía temática como fórmula de expresión geográfica general asociada al proceso de investigación, y diseñada a su vez para facilitar una mejor comprensión de los planteamientos hipotéticos y empíricos indicados. Parte de dicha cartografía es obra del doctorando y otra parte procede de instituciones varias. La representación cartográfica, junto con las tablas y gráficos se sitúan a medio camino entre la realidad y la abstracción propia de la modelización matemática, tal como señalan Clifford et al. (2010).
4. Realizar estudios topológicos y aplicar la Teoría de Grafos como fórmula de expresión abstracta de la red de alta velocidad ferroviaria española, al objeto de determinar sus características de conectividad y accesibilidad comparándola con otras redes de alta velocidad del mundo.
5. Aplicar un modelo gravitatorio para el análisis de la red de alta velocidad ferroviaria española existente en el año 2014, al objeto de determinar los usos y demanda potenciales de la infraestructura, posibilitando a su vez la aplicación de estas técnicas al plano de la prognosis. El modelo gravitatorio elegido se define a partir de variables como la masa demográfica y distancia, más las correspondientes constantes de ajuste.
6. Preparación y elaboración del documento que recoja la tesis para su valoración por el correspondiente tribunal evaluador.

1.6. METODOLOGÍA

La metodología utilizada varía en función de las hipótesis y objetivos planteados, empleando aquel conjunto de métodos que mejor se adecúan a cada caso, de la siguiente forma:

En el capítulo 1 (Líneas generales de la tesis), se hace una presentación integral del trabajo, con una aproximación al objeto de estudio, justificación, hipótesis, objetivos, metodología y estructura, así como una revisión del estado de la cuestión.

En el capítulo 2 (Introducción a la alta velocidad), se realiza la presentación de este modo de transporte: definiciones, especificaciones técnicas, así como un recorrido por su evolución histórica y situación actual. La metodología de este capítulo se ha basado en la búsqueda y valoración de información especializada en documentos técnicos. La perspectiva es sincrónica a la hora de exponer los rasgos identificativos de este modo de transporte y diacrónica para explicar su desarrollo desde los primeros planteamientos hasta la época actual.

Para el capítulo 3 (La política de transporte y su relación con la alta velocidad), se ha verificado la consulta de todos los elementos jurídico-políticos y de normativa comunitaria (Espacio Único Europeo, Mercado Único, etc.), así como la consulta de la parte técnica de los documentos que rigen el sector. Se ha valorado además el discurso político y técnico de la Unión Europea en relación a la finalidad de la red ferroviaria unificada: objetivos de cohesión, conectividad, interoperabilidad, intermodalidad, conexión de regiones periféricas, integrar la visión ambiental dentro de estas políticas, etc.

No siendo especialista del mundo jurídico, se ha ponderado la valoración de los criterios contenidos en los documentos legislativos, extrayendo el segmento técnico que engloba toda la parte normativa que alude a la forma de estructuración de la red ferroviaria de transporte en la Unión Europea. Del mismo modo se han valorado cuestiones económicas asociadas: cómo se financian, periodos de aplicación, etc.

Todo ello con una perspectiva diacrónica, desde que se dieron los primeros pasos para la creación de una Política Común de Transportes por la década de los cincuenta del siglo XX. Esta visión se encuentra presente en muchos de los apartados de la tesis dado que es valorada muy positivamente a la hora de extraer información en las investigaciones en ciencias sociales (Marradi et al., 2007), como es en este caso. Resulta clave además para delimitar el contexto social y territorial sobre el que se plasma esta cuádruple componente: política, jurídica, económica y técnica.

Dichos planteamientos también se han aplicado al plano nacional. En cuanto a cómo la red española de alta velocidad se encuadra dentro de la comunitaria, el método ha consistido en analizar toda la documentación europea con afecciones a nivel estatal, concretamente la valoración y el alcance de los diferentes planes de transporte, tanto para el conjunto del sector como los sectoriales ferroviarios, y dentro de éstos, los específicos que afectan a la alta velocidad. Se ha prestado pues una especial atención a todo lo relativo al proceso de liberalización del ferrocarril, tanto a nivel de pasajeros como de mercancías, desde una perspectiva cronológica.

En el capítulo 4 (La red de alta velocidad en España), se efectúa un análisis comparativo de diferentes redes nacionales de alta velocidad. Es una praxis analógica de índole descriptiva, basada fundamentalmente en la interpretación de la estructura de nodos y de segmentos de transporte intermodales. Se emplea un modelo de carácter analógico para la valoración de otras redes, compuesto de nodos (ciudades con estación de alta velocidad) y arcos (conexiones entre éstas), acompañado con el cálculo de índices asociados y la inclusión de un cuadro sintético con los criterios analizados. El resto de apartados del capítulo se conforman a partir de la información disponible y de la literatura científica y técnica revisada. La literatura científica se estructura a partir del ensayo, hipótesis, comprobación y publicación. La literatura técnica contiene datos de carácter industrial.

La información se recoge, sistematiza, estructura y valora, obteniéndose conclusiones proyectivas. El capítulo posee una parte deductiva y en función de lo que permite la información disponible, se extraen conclusiones con un carácter más inductivo.

Para el capítulo 5 (Análisis de la red), se ha optado por el método hipotético-deductivo, siguiendo las propuestas del filósofo austríaco Popper, a modo de puente entre la geografía y el positivismo lógico. En este sentido e inmerso en la denominada Geografía Cuantitativa, se señala que los datos cuantitativos y el uso de análisis estadísticos sirven para preservar tanto la objetividad de la investigación geográfica, como para establecer a la Geografía como legítima ciencia que busca generalidades sobre las descripciones, en la línea de lo expuesto por Gomez y Jones en 2010.

Popper indica que el conocimiento comienza por postular una conjetura o hipótesis que pretende describir o explicar algún aspecto de la realidad, a partir de la cual se derivan deductivamente enunciados u observaciones que permitirán su contrastación empírica. De esta confrontación surgirá o bien la refutación de la teoría o bien la corroboración provisional de la misma, o sea, el denominado “principio de falsabilidad” (Marradi et al., 2007). Es esta refutabilidad o testabilidad el criterio para establecer el status científico de una teoría, según indica el citado autor.

De acuerdo con lo enunciado la práctica hipotético-deductiva se compondría de los siguientes pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia. Esos son los pasos que se intentan alcanzar en esta obra.

Adaptándolo a la presente tesis el fenómeno a estudiar es el desarrollo de la red española de alta velocidad ferroviaria, las hipótesis son las indicadas en el apartado 1.4, las consecuencias se extraen a partir de la información disponible y los análisis realizados a partir de los datos y técnicas operativas empleadas, mientras que la corroboración se realiza a través del análisis de la red, mediante topología y un modelo gravitatorio.

En este capítulo tal método ha resultado más sencillo de aplicar a la hora de establecer correlaciones entre los diferentes elementos analizados, lográndose un mayor ajuste en relación con los objetivos propuestos.

Se ha realizado el estudio de la red española de alta velocidad a partir de su análisis topológico y la aplicación de índices. Un índice, *sensu lato*, se refiere a cualquier medida resumida en tanto que indicador total de una variable compleja, siguiendo a Sautu et al. (2005). Se han empleado del mismo modo índices para determinar el grado de conexión y accesibilidad que presenta dicha red. La representación de los datos se realiza a través de matrices (destacando las de tipo origen-destino) y cartografía.

Los elementos fundamentales que se van a considerar son los núcleos urbanos y las conexiones ferroviarias entre ellos, o lo que es lo mismo, los nodos o vértices y los arcos o aristas, utilizando la terminología topológica, partiendo del mapa de las respectivas redes de alta velocidad existentes en 2014. Entre ellos existe lo que se denomina un flujo, es decir, la cantidad que puede transportarse de un nodo “i” a un nodo “j” a través del arco que los conecta.

Los nodos representan aquellos núcleos urbanos que cuentan en ese año con estación de alta velocidad. El número de nodos que tenga un corredor está determinado por las condiciones técnicas de circulación de los trenes de alta velocidad, es por ello fundamental decidir su emplazamiento, puesto que su ubicación condicionará la evolución futura de la red.

Los arcos o aristas representan los tramos de líneas de alta velocidad que conectan unos núcleos con otros, para tener así una visión conjunta de las diferentes redes. Una colección de arcos conforma una ruta, la cual permite enlazar nodos no consecutivos.

El flujo representa la masa o el número de viajeros existentes para el desplazamiento potencial entre los nodos "i" y "j", mediante el arco que conecta ambos, pero también puede cuantificarse el flujo de una ruta sumando los flujos de cada arco.

Respecto a los índices de conectividad y accesibilidad, hay que indicar que cuanto más densa y extensa sea la red o redes en cuestión, y más integrados los distintos modos de transporte que soportan, mejores son sus índices y por tanto más útil y eficaz será, pues se puede acercar más al grado máximo de eficiencia (Palacios, 2006).

Los índices de conectividad se han aplicado también a otras redes ferroviarias de alta velocidad, concretamente a las de Japón, Francia, Alemania, Italia y China, para así poder establecer un análisis comparativo con la española. Los índices contenidos son los siguientes: Beta, Gamma, Alfa y número ciclomático. Al no reunir elementos definitorios ni información lo suficientemente homogénea y clarificadora, los índices de accesibilidad sólo se han podido determinar para el caso español.

En relación a la accesibilidad, aunque el concepto presenta definiciones diversas (Joutsiniemi, 2005), en el momento del análisis pueden admitirse multitud de elementos: en este caso se hará referencia a ésta en función de los nodos y arcos de la red. Los índices de accesibilidad utilizados son: Índice de König, Índice de Shimmel, Longitud media de la vía (cadena), Índice Omega o Índice de Accesibilidad Topológica Relativa, Índice de Dispersión, y por último, el Índice de Accesibilidad Media.

En el capítulo 6 (Modelización de la demanda de tráfico a partir de un modelo gravitatorio), se han valorado diferentes modelos de estas características para establecer la demanda potencial de servicios de alta velocidad. A partir de la ley de gravitación universal de Newton, para el modelo utilizado se han empleado variables. Según Sautu et al. (2005), una variable es un rasgo o aspecto de un objeto de estudio capaz de asumir diferentes valores. Las variables utilizadas en el modelo que nos ocupa son la población y la distancia. De igual forma, se han incluido diversas constantes de ajuste.

Las cifras poblacionales han sido obtenidas a través del Padrón Municipal de Habitantes, en la web del Instituto Nacional de Estadística. Para los datos de distancia entre nodos se ha utilizado la web del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (http://www.adifaltavelocidad.es/es_ES/infraestructuras/lineas_de_alta_velocidad/lineas_de_alta_velocidad.shtml), información procedente de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles y cálculos propios a partir de la documentación empleada.

Según la tipología de variables o más estrictamente propiedades, la masa demográfica es de tipo discreta, ya que tienen un número finito de estados, mientras que la distancia es una variable continua, ya que puede registrar un número infinito de estados imperceptiblemente diferentes el uno del otro, a partir del número de decimales que se añadan, según lo indicado por Marradi et al. (2007).

Tras la aplicación del modelo, se realiza una valoración analógica comparada entre los datos obtenidos y los proporcionados por RENFE, tratando de establecer determinadas conclusiones.

El modelo gravitatorio también se ha orientado al campo prospectivo de la prognosis. Si la formulación del modelo se enriquece con nuevas variables, éste puede perfilarse con mayor detalle cara a la elaboración de un horizonte futuro. Con este planteamiento se entraría en el terreno de la inducción.

En el capítulo 7 (Impactos derivados del tren de alta velocidad), se ha aplicado un modelo deductivo, interpretativo y crítico. Se trata de la valoración personalizada de una

bibliografía muy diversa, según su filosofía de diseño, perspectiva del investigador, etc., condicionada por su ideología, formación y procedencia espacial. Este proceso deductivo vincula las ideas y concepciones teóricas más abstractas, con conceptos más específicos y materiales que permiten construir la evidencia empírica.

La movilidad y demanda se exponen desde una mayor base teórica que práctica, mientras que para medir la competencia entre modos se ha utilizado un método analógico comparativo, con parte teórica pero también con la exposición de los diferentes resultados obtenidos.

Para el apartado socioeconómico se ha optado por un modelo deductivo, compilando diferentes estudios de caso. Para los impactos territoriales y ambientales se sigue la misma metodología, subrayando si acaso la subjetividad interpretativa excepto para el consumo energético, que tiene mayor componente inductivo.

En el capítulo 8 se incluyen las conclusiones generales de la tesis. Éstas permiten la discusión y validación de las hipótesis de trabajo prefijadas, a partir de los resultados de la aplicación de diferentes técnicas y las orientaciones de la literatura científica y técnica consultada.

Con carácter específico en el desarrollo de la tesis, la cartografía se configura como parte esencial de la misma al actuar como un elemento estructurador e integrador, estando presente en prácticamente todos los apartados como recurso gráfico y explicativo.

Se ha elaborado cartografía propia y utilizado otra cuya autoría se debe a diferentes instituciones u organismos, obtenida en actas de congresos, reuniones, cumbres, artículos publicados en revistas, blogspots o informes técnicos.

En la cartografía propia la base fundamental es el territorio español y el software utilizado es el GVSIG versión 10, sistema de información geográfica desarrollado por la Generalitat Valenciana y de acceso libre. A partir de la imagen de satélite del PNOA datada en 2012 se han digitalizado las diferentes líneas de alta velocidad ferroviaria que conforman la red española. También en base a esta imagen se han geolocalizado las diferentes estaciones que la constituyen. Debe señalarse que a la hora de la digitalización, ésta se ha realizado en base a la visualización del propio trazado (independientemente de que se encuentre ya en servicio o en construcción).

El Datum o sistema de referencia geodésica utilizado es el ETRS89 (*European Terrestrial Reference System*), empleado a nivel europeo desde 1989 y muy similar al WGS84, (*World Geodetic System*) aplicado a escala mundial desde 1984, como se indica en la propia denominación de cada uno de ellos. El sistema ETRS89 tiene su equivalencia en la tabla de codificación de sistemas realizada por la *European Petroleum Survey Group* (EPSG). Concretamente, el código equivalente es el 25830. La proyección utilizada es la UTM (*Universal Transverse Mercator*), de tipo cilíndrica y conforme. Dentro de los husos que configura el propio sistema de proyección, para las coordenadas se ha utilizado el 30 N.

Los mapas de elaboración propia presentan una escala prácticamente uniforme de 1:6.000.000, suficiente para representar la totalidad del territorio nacional en un tamaño de papel A-4. Las fuentes también han sido uniformadas, incluidas las de las etiquetas, las cuales en la mayor parte de los casos aparecen codificadas para no restar protagonismo a los resultados que aportan las variables cartografiadas.

La cartografía extraída de fuentes externas ha sido tratada con posterioridad, con el fin de lograr un cierto grado de uniformidad en los elementos cartográficos (fuente, etiquetas, idioma, cromatismo...) y mejorar la legibilidad del resultado final. La procedencia de este conjunto de mapas, la escala de análisis, formatos, etc., es muy diversa, como ya se ha indicado.

A modo de complemento, cabe indicar que la parte metodológica general común a toda la obra tiene un segmento instrumental, compuesto de:

1. Bibliografía: Libros, artículos y actas de congresos
2. Estadísticas
3. Legislación
4. Informes técnicos
5. Miscelánea: noticias, webs, blogspots, portales, etc.

1.7. ESTRUCTURA

La tesis consta de una serie de bloques, siguiendo en buena medida las fases del método hipotético-deductivo.

El primer bloque sirve de introducción al trabajo, incluyendo justificación de la investigación, el estado de la cuestión, las hipótesis de trabajo perfiladas, los objetivos fijados y la metodología propuesta. Se revisan los precedentes más importantes dentro de las temáticas abordadas, así como los métodos y técnicas utilizados para la validación de las hipótesis.

En el segundo bloque se realiza una aproximación a la alta velocidad ferroviaria, en cuanto al concepto, las especificaciones técnicas, su evolución histórica y la distribución actual de las redes de alta velocidad en el mundo.

En el tercer bloque se expone con amplitud la Política Común de Transporte de la Unión Europea y la relativa al caso español. La evolución experimentada aporta una serie de claves que ayudan a entender la situación actual en dicha materia, sobre todo en lo concerniente al desarrollo de la alta velocidad. En todo el contexto juega un papel destacado la vocación política para crear una Red Transeuropea de Transporte.

En el cuarto bloque se efectúa una presentación de la red de alta velocidad española, comparándola además con otras redes a nivel internacional en base a distintos criterios. Se expone además la tipología de material rodante en dicha red, la tecnología ferroviaria existente a nivel nacional y sus efectos en cuanto al desarrollo de innovaciones aplicables a nivel internacional, tanto como la adjudicación de proyectos ferroviarios en el exterior. Se concluye con un apartado dedicado a la gestión operativa de la red.

El quinto bloque sirve para analizar la red española desde una perspectiva topológica, practicándose un análisis comparativo con otras redes mediante índices de conectividad.

En el sexto bloque se aplica un modelo gravitatorio al conjunto de la red española para determinar en la medida de lo posible el flujo potencial de viajeros existente para cada par de nodos, partiendo de los valores de masa demográfica y distancia, cerrando el apartado con una comparación en base a datos reales para los enlaces disponibles.

En el séptimo bloque se expone la diversidad de impactos ligados al transporte y dentro de éste los debidos al tren de alta velocidad, haciendo hincapié en su relación con el comportamiento de la demanda y la evolución de la movilidad, las afecciones a nivel económico y social, los impactos territoriales y los efectos medioambientales.

En el octavo y último bloque se presenta una propuesta de conclusiones, establecidas a partir del análisis de los resultados obtenidos en cada capítulo y para el conjunto de la tesis, que ha sido objeto de la correspondiente discusión con el Director de la misma.

2. INTRODUCCIÓN A LA ALTA VELOCIDAD

2.1. APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE ALTA VELOCIDAD

Según la Union Internationale des Chemins de Fer (UIC), no existe una definición común y única sobre “alta velocidad”, es más, no se da un uso unívoco al término; sino que a veces se habla de alta velocidad y otras de “muy alta velocidad”.

En el apéndice 1 de la Directiva 96/48/CE de la Unión Europea se hace una definición amplia, que integra diferentes sistemas ferroviarios bajo la etiqueta de alta velocidad. No obstante, también es necesario considerar aquellos ferrocarriles objeto de mejora para proveer servicios de alta velocidad.

En todo caso la alta velocidad es una combinación de todos los elementos que constituyen el “sistema”: infraestructura, material rodante y condiciones de la operación. Como existen trenes de alta velocidad que son también compatibles con la red convencional, el término “tráfico de alta velocidad” puede referirse también a los desplazamientos de este tipo de trenes en líneas convencionales y a velocidad menor que la que les permite la nueva infraestructura de alta velocidad. Es el caso del TGV francés.

Asimismo, la UIC indica que pueden considerarse alta velocidad servicios ferroviarios operados en países donde el sector ha tenido escaso éxito, y que han sido mejorados con objeto de ofrecer un nivel de calidad superior y constituir un primer paso hacia un futuro servicio de alta velocidad verdadero.

En la definición incluida en la Directiva 96/48/CE se tienen en cuenta tres criterios: la infraestructura, material rodante y la compatibilidad entre ambos.

2.1.1. *Infraestructura, material rodante y compatibilidad entre ambos*

Se consideran infraestructuras de la red de alta velocidad a aquellas construidas específicamente para los viajes en alta velocidad; así como a aquellas que hayan sido mejoradas y preparadas para dichos viajes.

También se indica que las líneas de alta velocidad comprenden, por un lado, las líneas especialmente construidas y equipadas para velocidades iguales o superiores a 250 km/h. Por otro, las líneas mejoradas y equipadas para velocidades del orden de 200 km/h. Por último, líneas mejoradas para alta velocidad y con características especiales respecto a topografía, plano urbano, etc.

El material rodante de alta velocidad debe ser capaz de circular a una velocidad máxima comercial de al menos 250 km/h, si bien en ciertas condiciones pueden considerarse de este tipo a trenes que circulan a 200 km/h, ofreciendo servicios de alta calidad. Por ejemplo, los trenes pendulares.

La tecnología empleada en los trenes de alta velocidad garantizará la seguridad y el viaje ininterrumpido en estos casos: por un lado, a velocidades de al menos 250 km/h, alcanzándose en determinadas circunstancias en torno a los 300 km/h. Por otro, a velocidades de al menos 200 km/h en líneas mejoradas. En último lugar, a la mayor velocidad posible en otras líneas.

Los servicios de alta velocidad presuponen alta compatibilidad entre las características de la infraestructura y el material rodante (Directiva 96/48/CE, 23 de Julio de 1996).

Según indica la UIC en lo que respecta al material rodante, un servicio de alta velocidad engloba a todos los tráficos desarrollados en este tipo de trenes con independencia de la línea en la que opera.

Carrasco (2011), define “alta velocidad” desde las siguientes perspectivas:

1. Desde un punto de vista comercial, es un servicio de trenes que son operados, mediante una nueva generación de trenes a velocidades superiores a los 200 km/h, llegando incluso a los 350 km/h (muy alta velocidad), y que llevan asociados de por sí unos servicios de prestaciones superiores a la habitual.

2. Desde una visión más general, puede entenderse como “toda aquella relación ferroviaria de transporte de viajeros en la que se superen los 200 km/h.” Aunque sólo aparezca una variable en esta definición, también se tiene en cuenta la infraestructura y el tipo de material empleado, puesto que el incremento de velocidad sobre el ferrocarril convencional (regionales, cercanías...) requiere de infraestructuras y materiales con condiciones especiales (Carrasco, 2006).

3. Desde una perspectiva política, de forma clara y concisa pero a la vez amplia, de forma que pudiera dar cabida a las diferentes situaciones en materia de alta velocidad que se dieran en los países de la Unión Europea, en referencia a material rodante e infraestructuras⁶.

En relación con este concepto ha surgido otro que conviene aclarar su significado para no dar lugar a equívocos: la velocidad alta. Se considera que un convoy circula a velocidad alta cuando lo hace en el intervalo de 200-250 km/h, por lo que puede limitarse el término de “alta velocidad” a partir de esa última cifra.

La diferenciación entre ambas puede resultar no obstante más compleja si se atiende al concepto de “línea de alta velocidad” o LAV. Según la Union Internationale des Chemins de Fer, existen diferentes nociones. Desde el punto de vista de las infraestructuras puede definirse como:

a) Aquella línea de nueva construcción que permite operar a los trenes a velocidades mayores de 250 km/h durante todo o una parte importante de su recorrido.

b) En el caso de líneas convencionales adaptadas se consideran de “alta velocidad” si permiten velocidades de 200 km/h. También se pueden considerar como líneas de alta velocidad aquellas que, sin llegar a esta cifra, satisfacen criterios especiales tales como reducciones sustanciales en tiempo del viaje al superar accidentes geográficos, por ejemplo montañas o estrechos.

2.1.2. *Línea de alta velocidad*

En la Directiva 96/48/CE, anexo 1, se incluyen qué tipo de líneas ferroviarias son consideradas de alta velocidad. Concretamente, se hace referencia a las siguientes:

- Las líneas de alta velocidad especialmente construidas para la alta velocidad, equipadas para velocidades por lo general iguales o superiores a los 250 km/h.
- Las líneas especialmente acondicionadas para la alta velocidad estarán equipadas para velocidades del orden de 200 km/h.
- Las líneas especialmente acondicionadas para la alta velocidad, de carácter específico debido a dificultades topográficas, de relieve o de entorno urbano, cuya velocidad deberá ajustarse caso por caso.

Estas infraestructuras incluirán los sistemas de gestión del tráfico, de posicionamiento y de navegación: instalaciones técnicas de tratamiento de datos y de telecomunicaciones previstas para el transporte de viajeros en dichas líneas con el fin de garantizar una explotación segura y armoniosa de la red y la gestión eficaz del tráfico.⁷

⁶ Directiva 96/48/CE, de 23 de julio de 1996.

⁷ Directiva 96/48/CE, de 23 de julio, relativa a la interoperabilidad de la red transeuropea de alta velocidad. Consejo Europeo, Bruselas.

2.1.3. Transporte de viajeros según distancia

Resulta necesario indicar también qué se entiende por transporte de viajeros en alta velocidad tanto el de larga como el de media distancia. Estas definiciones han sido extraídas del Observatorio del Ferrocarril 2013 (Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Ministerio de Fomento):

El transporte ferroviario en larga distancia es todo aquel tráfico de viajeros realizado en trenes o grupos de trenes en los que el recorrido medio del viajero es superior a los 300 kilómetros.

A partir de esta definición, el transporte en alta velocidad a larga distancia es aquel en el que el recorrido medio del viajero es superior a 300 kilómetros⁸ y la velocidad máxima del tren es igual o superior a 200 km/h, mientras que la velocidad media es superior a 150 km/h.

El referente a la alta velocidad en media distancia es aquel en el que el recorrido medio del viajero es superior a 60 kilómetros e inferior a 300 kilómetros y la velocidad máxima del tren es igual o superior a 200 km/h, mientras que la velocidad media es superior a 100 km/h. Con esta última definición se excluyen los viajeros que las operadoras consideran habitualmente como de “Cercanías”.

De esta manera las definiciones del Observatorio engloban dentro de la tipología de transporte en alta velocidad, tanto la alta velocidad en sentido estricto (a partir de 250 km/h) como la velocidad alta (a partir de 200 km/h).

2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Los ferrocarriles de alta velocidad mantienen los principios básicos del ferrocarril (adherencia rueda-carril y el mantenimiento de la trayectoria lineal). Sin embargo y en palabras de Aznar (2005), han supuesto una revolución respecto a la técnica ferroviaria tradicional.

Una línea de alta velocidad exige una serie de especificaciones técnicas y tiene unos condicionantes concretos, que influyen en la propia velocidad del tren, el tipo de infraestructuras necesarias y de material. Aparte, debe considerarse también la forma de operar de cada línea.

Para lograr el objetivo de conseguir las cifras de velocidad antes mencionadas, es fundamental tener en cuenta sobre todo las infraestructuras sobre las que se explotará el servicio y, en relación con ello, el trazado.

Siguiendo a Carrasco, en cuestiones relativas a trazado hay que tener en cuenta variables como:

2.2.1. Radio mínimo de curva y pendiente longitudinal

Debido a las elevadas velocidades la fuerza centrífuga (aquella fuerza que empuja al tren a salirse de la curva) es superior a la de un tren convencional, con lo cual el radio mínimo de la curva debe ampliarse para garantizar la seguridad de los viajeros así como su confort en alta velocidad.

Otra forma de contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga es a través del peralte, aunque puede no ser suficiente y se recurra en muchos casos a sistemas que ayuden a que la caja se incline hacia dentro y no hacia fuera de la curva.

⁸ Este umbral es también el utilizado para el tratamiento y publicación de datos relativos al transporte de larga distancia en el Instituto Nacional de Estadística (INE).

El radio mínimo de curva en el trazado de un tren de alta velocidad se amplía respecto al tren convencional. Estos últimos pueden tener un radio de unos 500 metros, mientras que en los primeros es variable pero siempre mayor (como mínimo 3.000-3.500 metros).

En cuanto a la pendiente longitudinal admisible, es muy baja, permitiendo tan solo un valor máximo de treinta o excepcionalmente cuarenta milésimas. Además, para evitar los efectos aerodinámicos debido al cruce de trenes, los túneles que se construyan deben tener una sección mayor que si se trata de vías pertenecientes a la red convencional.

Estos condicionantes explican el hecho de que un tren de alta velocidad sea muy exigente con el trazado.

Con independencia de estas dos variables también deben tenerse en cuenta otras, que también forman parte del conjunto de la infraestructura tales como:

2.2.2. Ancho de vía y entrevía

Debe ser mayor de un metro, pues la vía métrica no permite superar los 200 km/h. A nivel europeo el ancho estándar utilizado (ancho UIC) es de 1.435 milímetros. Dicho valor fue la medida adoptada a partir del proyecto de George Stephenson, que se basó en el ancho del ferrocarril minero. En 1846, el denominado “ancho Stephenson” fue normalizado en Gran Bretaña a través del *Gauge of Railways Act*, tal y como figura en el documento elaborado por Sidney en 1846. Posteriormente, fue fijado como ancho estándar o ancho internacional en el Congreso Internacional de Berna de 1887 (Hacar, 2005).

De esta manera se ha consolidado como la medida dominante en el continente europeo: Europa central, Europa occidental y mediterránea (excepto la península Ibérica), así como en los países nórdicos. También lo es en el norte de África, América del Norte, China, Australia y diversos países latinoamericanos como Venezuela, Paraguay, Perú y Uruguay.

El ancho de vía dominante en la península Ibérica, y más concretamente en España, se va a analizar más pormenorizadamente en el apartado 4.1.

Por otro lado debe considerarse la anchura de la entrevía. Para ello se tienen en cuenta las ETI o Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad. En éstas, se determina que la medida de anchura de entrevía debe ir en función del gálibo necesario.

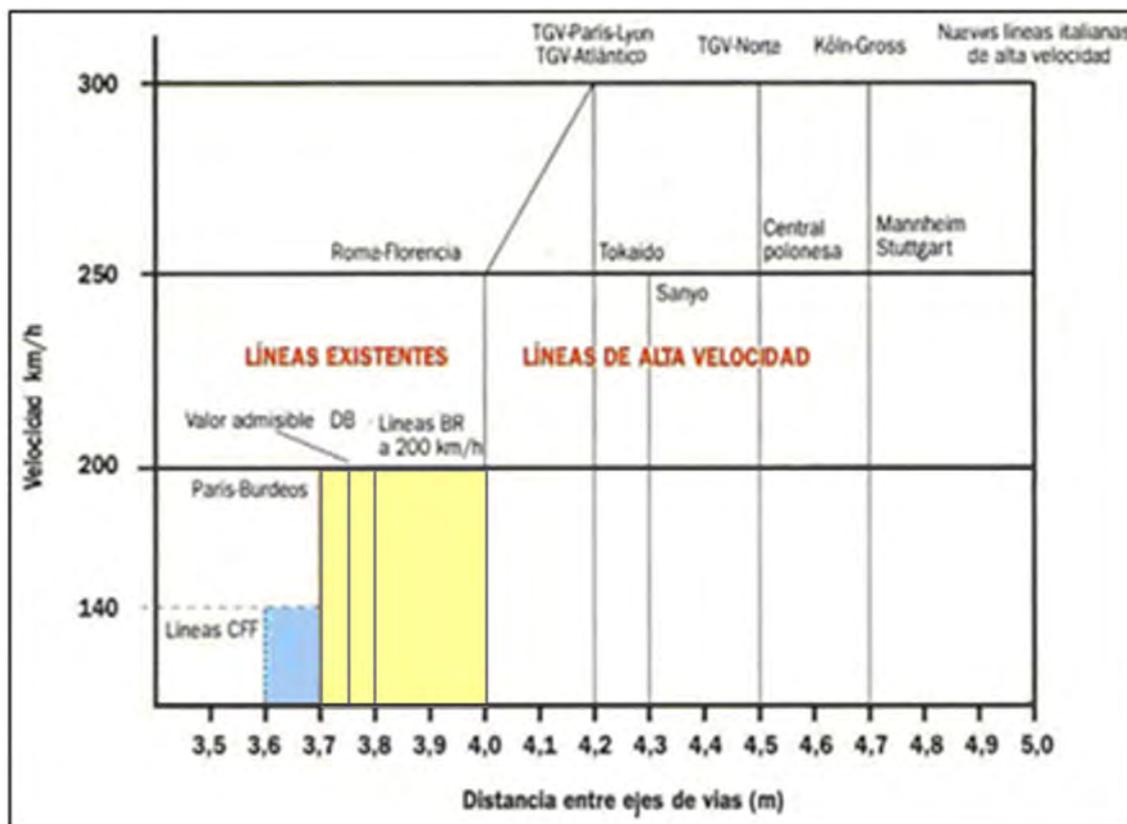
La norma comunitaria a este respecto fue adoptada por la normativa española mediante la UNE 15273, para calcular la entrevía según el gálibo (Alcover et al., 2012).

Con todo ello se decidió que esta anchura debía ser mayor a la del ferrocarril convencional (4,2-4,5 metros), para evitar el efecto de la succión en los cruces⁹. Esto implica también que los túneles deben construirse con una sección mayor, es decir, con mayor gálibo, para evitar problemas con el efecto aerodinámico (Martín, 2011).

En el Gráfico número 1 se observa el incremento de dicho ancho respecto al ferrocarril convencional; mientras que en la Tabla número 1 se muestran los valores fijados por la Unión Europea para dichos parámetros, a través de las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad.

⁹ Según Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad de la Unión Europea.

Gráfico 1. Relación entre velocidad y anchura de la entrecvía



Fuente: Elaboración propia a partir de López Pita, 1990

Tabla 1. Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (Unión Europea)

PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
Rampa	Máxima 35 mm/m
Rampa del perfil medio sobre 10 kilómetros	≤ 25 mm/m
Longitud máxima (m) con rampa continua	6.000 con 35 mm/m
Entrecvía	Para líneas especialmente construidas para AV: 4,5 m
	Posibilidad de 4,2 m si $250 \leq V \leq 300$ km/h

Fuente: Sanfeliu, 2010

Pueden establecerse diferencias entre líneas de alta velocidad ya existentes considerando estos parámetros. En la Tabla número 2 se exponen algunos ejemplos. Llama la atención cómo, a medida que se crean nuevas líneas, el valor de la rampa disminuye y el del radio aumenta, como norma general.

Tabla 2. Especificaciones Técnicas de algunas líneas de alta velocidad

LÍNEA	LONGITUD (km)	RAMPA MÁXIMA (milésimas/m)	RADIO MÍN. (m)
París-Lyon	414	35	3.200
Roma-Florenca	232	9	3.000
Mannheim-Stuttgart	99	13	7.000
Hannover-Würzburg	327	13	7.000
TGV Atlantique	308	25	4.000
Tokio-Osaka	516	20	2.500
Omiya-Niigata	275	15	4.000

Fuente: Elaboración propia a partir de Carrasco, 2006

La línea de alta velocidad con un radio mínimo de curva más pequeño corresponde a la línea *Tokaido* (Tokio-Osaka), con 2.500 metros (para ferrocarril convencional se limita a 500 metros aproximadamente); en segundo lugar se sitúa *la Direttissima*, con 3.000 metros y en tercer lugar la línea de TGV (*Train à Grande Vitesse*) París-Lyon. Más reciente y con un radio mucho mayor se encuentran líneas del ICE o *InterCity Express* alemán, con 7.000 metros de radio mínimo. Esta mayor exigencia es debido a que se trata de líneas diseñadas para tráfico mixto de pasajeros y mercancías.

Respecto a la rampa, en ningún caso supera las 35 milésimas. El cumplimiento de las exigencias de la ETI implica que la proliferación de obras civiles (túneles y viaductos) es mayor que en el caso del ferrocarril convencional.

2.2.3. Sistema de electrificación y señalización

Todas las líneas de alta velocidad están electrificadas y con un sistema diferente al del ferrocarril convencional: se abandonó la corriente continua a 3 kV, por una alterna monofásica a 25 kV y frecuencia de 50 hercios (Hz).

El uso de corriente alterna a alta tensión implica también menos intensidad en el conductor, por lo que la sección del cable del que el tren toma la corriente (la línea aérea de contacto) puede reducirse. Este sistema evolucionó a la corriente a 2x25 kV, donde la electricidad se transporta a lo largo de la línea de alta velocidad a una tensión de 50 kV, es decir, al doble de la anterior, aunque el tren la reciba efectivamente a un voltaje de 25 kV (Puente y Hernández, 2007).

El tren de alta velocidad necesita de un sistema de señalización particular, debido a la inviabilidad de implantar el utilizado en el ferrocarril convencional por las altas velocidades de circulación.

En el año 2000 con objeto de mejorar la interoperabilidad a nivel europeo, se inició el despliegue del sistema ERTMS (*European Rail Traffic Management System* o Sistema Europeo de Gestión del Tráfico Ferroviario).

Dicho sistema presenta varios niveles de funcionamiento dependiendo del grado de implantación; y uno de los cuales se ha definido como STM (*Specific Transmission Module*), con objeto de solucionar la coexistencia del sistema ERTMS con los antiguos sistemas de señalización.

En España es especialmente importante el STM tipo LZB, siglas alemanas de "Conducción Asistida de Trenes" (CAT); que permitirá que los trenes equipados con sistema ERTMS que prestan servicio en la línea Madrid-Barcelona también puedan circular por la línea Madrid-Sevilla, con sistema LZB (Lorenzo y De Santiago, 2007).

El ERTMS armoniza dos tipos de tecnologías. Por un lado, el ETCS (*European Train Control System*), en lo relativo a la señalización, aportando datos sobre velocidad máxima, distancia a la próxima baliza y cálculo y supervisión de la velocidad del tren en cada momento. Dicho sistema previsiblemente irá sustituyendo al ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático), muy generalizado en la red ferroviaria española.

Por otro, el GSM-R (*Global System for Mobile Communications-Railways*), un sistema de transmisión por radio de tecnología GSM que regula las comunicaciones entre el tren y el CTC (Centro de Control de Tráfico).

2.2.4. Sistema de frenado, suspensión y material móvil

El tren de alta velocidad posee un sistema de frenado más potente de lo común, y emplea diversos sistemas en función del intervalo de velocidad: reostáticos, de disco, de zapata, lineales y de recuperación (Sanfeliu, 2010).

Como se ha señalado, el propio motor de tracción del tren actúa como fuente generadora de corriente utilizando la energía que desarrolla el tren. La energía eléctrica puede devolverse a la línea de alimentación pasando por catenarias aéreas para alimentar a otros trenes que circulan por la misma línea o bien para la regulación de la temperatura ambiente u otros usos del tren.

La suspensión está compuesta por muelles helicoidales de acero como suspensión primaria y un sistema neumático como suspensión secundaria.

Se revisa de forma especial puesto que aunque la línea no suele tener defectos, cualquier pequeña irregularidad repercute en la velocidad a la hora de ser franqueada.

La suspensión neumática aporta una serie de ventaja sobre los muelles helicoidales. Cabe destacar las siguientes:

La altura de la suspensión puede ser controlada a partir de la carga de aire existente, lo que permite una altura constante en la carrocería, independientemente del nivel de ocupación.

Existe una cierta amortiguación debido a las pérdidas de aire dentro del tubo de conexión. Esto suele evitar el empleo de un amortiguador vertical, reduciendo los costes.

La fuerza del desplazamiento característica es proporcional a la presión del aire, lo que favorece optimizar los parámetros de suspensión para todas las condiciones de carga.

Reduce las oscilaciones y vibraciones que se transmiten desde los bogies¹⁰ a la carrocería.

En cuanto al material móvil, los trenes son autopropulsados, formados por composiciones fijas y bidireccionales, con bajo peso por eje (entre 11 y 17 Tm), compatibles para diferentes infraestructuras, con alta tecnología y sistemas diversos, fruto de la coexistencia actual de varias generaciones de trenes de alta velocidad.

Los cuatro países con tecnologías más desarrolladas son: Japón, Francia, Alemania y Canadá (Sanfeliu, 2010). Japón, pionero en el desarrollo de la alta velocidad, es también el país que ostenta el récord de velocidad ferroviaria, conseguidos en abril de 2015 por su tren de levitación magnética: 603 km/h.

2.2.5. Otros condicionantes: exclusividad de la vía, interoperabilidad y accesibilidad

Además de todos estos factores, deben tenerse también en cuenta otros condicionantes que ostentan una clara influencia en la eficacia y eficiencia de una línea de alta velocidad. Dentro de ellos, pueden citarse los siguientes: exclusividad de la vía, interoperabilidad y accesibilidad.

La exclusividad de la vía hace referencia a si además de los trenes de alta velocidad circularán o no trenes de mercancías, trenes de pasajeros convencionales, etc. Esto influye sobre la operabilidad de la relación, las acciones a considerar sobre la vía (el

¹⁰ Entendidos como los dispositivos giratorios compuestos de dos o más ejes, cada uno con dos ruedas, sobre los que se apoya un vehículo ferroviario.

material convencional suele presentar mayores masas no suspendidas y resulta, por tanto, más agresivo sobre la vía) y sobre el propio trazado geométrico de la línea, ya que los mercancías requieren de pendientes de menor inclinación que los servicios de pasajeros.

En cuanto al concepto de interoperabilidad, queda definido en la Directiva 2001/16/CE como “la capacidad del sistema ferroviario transeuropeo para permitir la circulación segura e ininterrumpida de trenes que cumplen las prestaciones requeridas para la línea en cuestión. Dicha capacidad se basará en el conjunto de condiciones reglamentarias, técnicas y operativas que deberán cumplirse para satisfacer los requisitos necesarios para su interoperabilidad”.

Como indica Carrasco (2006), “el objetivo de integrar las redes ferroviarias nacionales en la red comunitaria obligará a asegurar una adecuada interoperabilidad del tren sobre líneas de otros países, lo que implica necesario disponer de dispositivos y medios que permitan utilizar los diversos sistemas de electrificación, señalización, comunicaciones y ancho de vía.”

El nivel de accesibilidad a la red de alta velocidad que posee una determinada población también es importante. Expresado de otra manera, a cuánta población da servicio, de forma directa y/o indirecta, una línea de alta velocidad (o, más concretamente, una estación).

La accesibilidad está, por tanto, estrechamente ligada al número de estaciones que posee una determinada línea, es decir, al número de paradas que realiza el tren dentro de su recorrido. Para que sea efectivo un óptimo funcionamiento del servicio, es necesario que el número de paradas sea escaso (Givoni, 2006), para poder aprovechar las características exclusivas de este tren y lograr una mayor rentabilidad en las inversiones realizadas. No obstante, también es cierto que un número escaso de paradas reduce el nivel de accesibilidad por parte de la población (y potenciales usuarios del servicio). En ese caso, el tren convencional resultaría más accesible al realizar mayor número de paradas.

En este sentido Auphan (1992) ya indicó que “las posibilidades de que una aglomeración urbana obtenga una parada -de alta velocidad- son directamente proporcionales a la masa de población e inversamente proporcionales al tiempo de trayecto consumido para servirla”. Aunque esta afirmación está dotada de una fuerte base lógica, en la red española, existen diferentes casos de estaciones que no corresponden con dichas premisas.

De igual modo, el emplazamiento de la estación también está íntimamente relacionado con la accesibilidad. Bellet (2011) y Jurado (2014), establecen una tipología de estaciones según su emplazamiento: centrales, tangenciales o de borde urbano, y periféricas. Cada una de estas tipologías posee sus ventajas e inconvenientes respecto a costes de implantación y servicio, aprovechamiento de la proximidad a aglomeraciones urbanas, intervenciones para garantizar la integración a la estructura urbana/territorial, etc.

2.2.6. Velocidad y ahorro de tiempo

Con todo lo expuesto y como su propio nombre indica se evidencia que una de las características más importantes de este tipo de tren, si no la principal, es la velocidad. Se trata de aumentar la velocidad en pos de reducir el tiempo de viaje (Preston, 2009).

Como indica Palacios (2006), la red de alta velocidad convierte a las relaciones espaciales y a los desplazamientos en tiempo. En un mundo globalizado, con relaciones tangibles e intangibles, con flujos de comunicaciones entre nodos cada vez más alejados, el factor tiempo es fundamental, y determina el valor económico real de los bienes y servicios.

La velocidad y en consecuencia el tiempo, se han configurado como un criterio rector en la planificación de transportes en España, y ha sido utilizada y referida en multitud de contextos para promocionar el uso del tren de alta velocidad. No cabe duda de que estos trenes posibilitan la disminución del tiempo de duración de los viajes respecto a la

red convencional. No obstante, existen trayectos en los que la diferencia ha sido más notoria que en otros, en función de múltiples factores.

Sobre la velocidad podemos distinguir entre velocidad máxima alcanzable por un determinado tren y velocidad máxima comercial, además de la velocidad media.

La primera de ellas corresponde a aquella velocidad máxima que puede desarrollar un tren sin ninguna limitación, mientras que la segunda hace referencia a aquella velocidad máxima de circulación permitida en una determinada línea. Lo normal es que sea siempre inferior a la velocidad máxima alcanzable.

Es esencial también el concepto de velocidad media (Givoni, 2006). Es evidente que el tren de alta velocidad no circula a su velocidad máxima todo el trayecto que no está parado. Además de las aceleraciones y deceleraciones entre estaciones, hay que tener en cuenta el trazado, las pendientes, el estado de la vía, si se comparte la vía con otros trenes, la existencia de infraestructuras complementarias asociadas (túneles, viaductos...), las inclemencias meteorológicas, etc. Todo este conjunto de factores limitan la velocidad media y rebajan la velocidad comercial del trayecto (Izquierdo, 1994).

El trazado y las infraestructuras asociadas están además íntimamente relacionados con el relieve. Es de sentido común pensar que en un tramo con túnel o viaducto, o en una zona donde se realicen obras de mantenimiento o mejora, etc. la velocidad de paso del tren no puede ser la máxima. Esto implica que la velocidad máxima sólo se alcanza en momentos puntuales, de ahí que el estudio de la velocidad media registrada por un tren en una línea resulte una información muy útil y genere resultados más concluyentes sobre las características de una línea, más que los aportados por las velocidades máximas.

La variable que más influye en estimar cuánto es ese tiempo de diferencia entre circular a velocidad máxima o a velocidad inferior es, en general, la orografía. Si a eso unimos que España posee uno de los relieves más accidentados y contrastados de Europa, esto implica que en muchos casos la velocidad máxima se alcance sólo en periodos muy cortos o directamente ni se alcance, circulando a una velocidad media claramente inferior. La Tabla número 3 aporta datos muy generales sobre diferentes tipos de trenes de alta velocidad, e ilustra estas afirmaciones:

Tabla 3. Velocidades máximas y velocidades medias en distintos tipos de trenes de alta velocidad

PAÍS	TREN	V. MÁX (km/h)	V. MEDIA (km/h)
Japón	Nozomi	300	261,8
Francia	TGV	300	254,3
Internacional (F-B-A)	Thalys	300	211,2
España	AVE	300	209,1
Alemania	ICE	280	199,7
Suecia	X2000	200	168

Fuente: Elaboración propia a partir de Torres, 2005

Así pues, la velocidad media del tren español queda muy lejos de la velocidad máxima, debido a que sólo se alcanza esta cifra en espacios breves de tiempo, cuando el relieve y el trazado lo permitan.

Aunque es obvio que el aumento de velocidad genera ahorros de tiempo, la gran diferencia existente entre velocidad máxima y velocidad media junto con la proliferación de estaciones, hacen que en determinados trayectos los ahorros de tiempo no son significativos, dado que al existir escasa distancia entre estaciones el tren de alta velocidad no tiene espacio lineal suficiente para circular a velocidades mucho más elevadas que el resto de trenes.

Según Palacios (2006), es el umbral de 250 km/h el que marca el aumento exponencial de los costes para un ahorro de tiempo cada vez menor. Por ello debe plantearse en ese sentido hasta qué punto son admisibles (y rentables) cuantías extras de inversión para producir leves ganancias de velocidad.

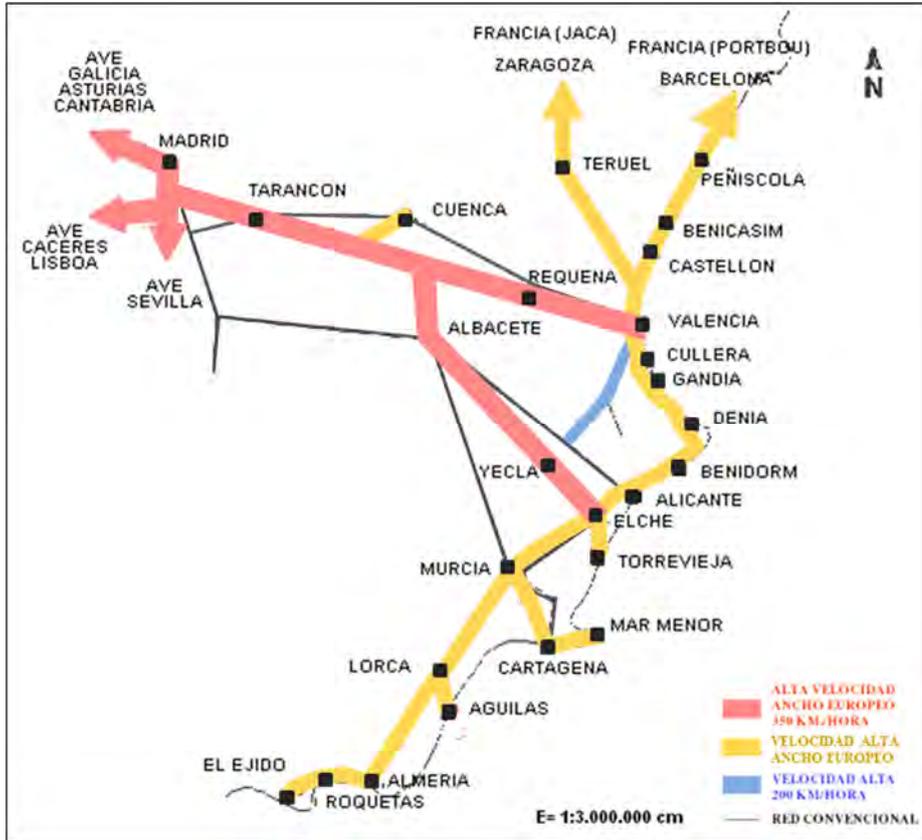
Sirven como ejemplos ilustrativos las decisiones adoptadas en cuanto al aumento de velocidad en las líneas Madrid-Valladolid y Madrid-Barcelona-Frontera francesa.

Para la línea Madrid-Valladolid, en 2010 se aumentó la velocidad máxima de circulación de los trenes por dicha vía hasta los 250 km/h, pese a que está preparada para soportar velocidades de hasta 350 km/h. El trayecto directo entre Madrid y la capital vallisoletana se redujo de una hora y un minuto a 56 minutos, es decir, cinco minutos menos (un 8 % de la duración total). Tal y como indica Palacios, es el umbral que marca el aumento exponencial de los costes para un ahorro temporal cada vez menor. De tal forma, puede suponerse que, en el caso de un nuevo aumento de la velocidad, el ahorro de tiempo será prácticamente inapreciable, no así los costes. Además, sólo se tarda 56 minutos en uno de los trayectos diarios existentes, al ser el único directo y en el tren más veloz entre Madrid y Valladolid, ya que el resto realizan parada en Segovia.

En la línea Madrid-Barcelona-Frontera francesa también se aumentó la velocidad máxima 10 km/h en octubre de 2011, de 300 a 310 km/h. El ahorro de tiempo es de 13 minutos (7 % de la duración del viaje), de tal forma que el viaje directo entre Madrid y la Ciudad Condal tiene una duración de dos horas y media.

Se expone por último otro caso de análisis, en relación a la actual línea de alta velocidad Madrid-Levante. Este caso hace referencia al Estudio Informativo elaborado por el Ministerio de Fomento, sobre las alternativas que se barajaban para la construcción de dicha línea. En dicho documento se consideraron las variables de tiempo y velocidad, pero no así la cuantía de los costes. Puede observarse en el Mapa número 1.

Mapa 1. El corredor de alta velocidad del Levante



Corredor del Levante. En línea amarilla, trayecto mediterráneo (Barcelona-Almería).
Fuente: Elaboración propia a partir de www.euroweb.es/avefuturo/dif.html

La tabla resultante es la número 4:

Tabla 4. Proyecto ferroviario AVE Madrid-Mediterráneo. Tiempos de recorrido (sin paradas intermedias)

TRAYECTO	SITUACIÓN INICIAL		PROYECTOS				SITUACIÓN ACTUAL	
			A 220 km/h		A 350 km/h			
	Km	Tiempo	Tiempo	Ahorro tiempo	Tiempo	Ahorro tiempo	Tiempo	Ahorro tiempo
Valencia-Albacete	211	1h 36	1h 03	23'	0h 51	12'	1h 36	0
Alicante-Albacete	176	1h 29	0h 53	36'	0h 39	14'	0h 50	39'
Valencia-Alicante	187	1h 30	0h 59	31'	0h 45	14'	1h 30	0

Fuente: Elaboración propia a partir de Torres, 2005 y www.renfe.com, 2015

A la vista de la Tabla número 4 queda claro que la mejora más sustancial se produce con el proyecto que sitúa la velocidad en 220 km/h (Euromed), con unos ahorros de tiempo en torno al 26 % en el tramo Valencia-Albacete, un 40 % en el Alicante-Albacete y un 34 % para el Valencia-Alicante.

Se trataría de pasar de una red convencional a otra también convencional pero mejorada, adaptada para soportar circulaciones a velocidad alta. Comparando los datos de ahorro del proyecto a 220 km/h respecto a los del de 350 km/h, las diferencias son mucho menores. Bien es cierto que en valores relativos los porcentajes de ahorro son más bajos pero no demasiado (19, 26 y 23 %, respectivamente), pero al hablar de cifras absolutas queda clara la escasa mejoría: el ahorro de tiempo no llega ni al cuarto de hora en ninguno de los tramos.

Partiendo de la idea de que el nivel de confort para el usuario es similar, no se justifica la inversión para un proyecto en el que el tren pueda circular a 350 km/h si sólo se ahorra 14 minutos por tramo como máximo, ya que a mayor velocidad, menor ahorro de tiempo en proporción.

También hay que tener en cuenta que además del momento de aceleración y deceleración de la marcha, el tren más rápido no circula el resto del recorrido 130 km/h más rápido que el otro, sino que hay un periodo en el que el más rápido sigue en periodo de aceleración, periodo en el cual la diferencia de velocidad va aumentando progresivamente hasta esos 130 km/h.

La línea de alta velocidad Madrid-Levante que opera actualmente fue diseñada finalmente para soportar circulaciones de hasta 350 km/h. Sin embargo, los tiempos de viaje se corresponden más con los de la columna de 220 km/h. Como puede observarse en la Tabla número 4, el tiempo de viaje entre Albacete y Alicante, con la puesta en marcha del servicio en alta velocidad se ha reducido en 39 minutos, un ahorro mucho menor que el indicado para una línea pensada para circulaciones a 350 km/h (50 minutos respecto a la situación de partida), debido a las limitaciones existentes, y sólo tres minutos menos de tiempo que el proyecto pensado para velocidades máximas de 220 km/h. Hay que destacar también que el trazado entre ambos nodos es 11 kilómetros más corto, con lo cual el ahorro de tiempo es menos reseñable aún, al tener que recorrer una distancia menor.

Valencia y Albacete no disponen en la actualidad (septiembre de 2015) de un trayecto directo en alta velocidad, con lo cual se ha tomado el dato de tiempo más rápido (una hora y 36 minutos, mediante Intercity, con dos paradas intermedias). Por último, entre Valencia y Alicante el trayecto más rápido es a través de Euromed, con una duración de una hora y media en viaje directo.

Dicho lo cual, y como indica Fernández-Aller (2003), en muchos de los casos se ha olvidado optar por las soluciones menos espectaculares, como las adaptaciones de ferrocarril convencional a velocidad alta, en pos de aquellas con un mayor alcance. No siempre es viable una actuación “blanda”, pero tampoco lo es optar siempre por obra nueva e inauguraciones, en vez de por mantenimiento. Por tanto, es importante encontrar el mejor compromiso entre ahorros de tiempo y gasto público (Grimaldi y Beria, 2011).

2.3. EVOLUCIÓN HISTÓRICA

En 1940 Japón presentó el proyecto Shinkansen o “tren bala”, que viajaría desde Tokio hasta la ciudad de Shimonoseki a una velocidad de 200 km/h. La idea era dotar al país de una red ferroviaria en alta velocidad que conectara al archipiélago con sus colonias continentales. Sin embargo, con la II Guerra Mundial, aquel proyecto fue cancelado.

Posteriormente, el Banco Mundial concedió en 1958 un préstamo a Japón para la construcción de una línea de alta velocidad, operada con trenes Shinkansen, entre la capital nipona y Osaka, unos 500 kilómetros de longitud. Dicha línea se denominó Tokaido y fue inaugurada en 1964, justo antes de la celebración de los Juegos Olímpicos de Tokio.

El Shinkansen fue diseñado con los últimos avances eléctricos y mecánicos de su época, permitiéndole operar a velocidades de hasta 210 km/h, por aquel entonces récord de velocidad ferroviaria. Contribuyó de forma destacada en la recuperación económica del Japón de posguerra, pero sobre todo debe entenderse como el inicio de una nueva era en el transporte por ferrocarril. Ha acentuado las potencialidades del ferrocarril en materia de seguridad, fiabilidad, velocidad y capacidad de transporte, y su éxito ha supuesto una reorientación de las políticas ferroviarias de un cada vez más numeroso grupo de países.

Por lo que respecta a Europa el primer tramo de alta velocidad se inauguró en Italia el 24 de febrero de 1977, si bien el diseño es anterior al japonés. Correspondió al tramo Roma-Città della Pieva (provincia de Perugia), perteneciente a la futura línea de alta velocidad que conectaría Roma con Florencia: la *Direttissima*. La apertura completa tuvo lugar en 1992.

En 1981 entra en servicio en Francia la primera línea del TGV, conectando las ciudades de París y Lyon, lo que conformaría la línea del TGV Sureste, prestando servicio a 270 km/h y aumentándolo hasta 300 km/h en 1989 (Takagi, 2005).

Además de la apertura completa de la *Direttissima*, a principios de los 90 también tiene lugar la puesta en servicio de las primeras líneas de alta velocidad alemana y española. Concretamente, en 1991 se inaugura el corredor Hannover-Würzburg, mientras que en lo referente a nivel español hay que señalar la línea Madrid-Sevilla, operativa desde 1992 y prestando servicio convoyes derivados del TGV denominados AVE (*Alta Velocidad Española*).

El profesor López Pita y otros investigadores (López Pita et al., 2006), ante la posterior sucesión de nuevas líneas y tramos por buena parte de Europa, indican el paralelismo existente entre el proceso de construcción de la red ferroviaria convencional y la de alta velocidad. Señala que dentro del ferrocarril convencional, se construyeron 159 kilómetros en sus primeros veinte años de existencia; mientras que, para el mismo espacio temporal, se construyeron 1.800 kilómetros de alta velocidad.

En 2014 son ya quince países los que cuentan con una red ferroviaria de alta velocidad nacional, y otros catorce los que están con una red en desarrollo o, al menos, proyectada, tal y como se muestra en la Tabla número 5.

Analizando grandes regiones, lo cierto es que, tras Japón, los siguientes cinco países en poner en servicio su red han sido europeos.

Más adelante esta tecnología se va extendiendo a otras grandes regiones. En Norteamérica, Estados Unidos inaugura su primera línea en 2000. En Asia, en la primera década del siglo XXI, hacen lo propio países como China, Corea del Sur y Taiwan. Por su parte, en 2011 se inaugura la primera línea de alta velocidad africana (Johannesburgo-Pretoria, en Sudáfrica).

Tabla 5. Estado de la red de alta velocidad por países (2014)

PAÍS	ESTADO DE LA RED	AÑO INAUGURACIÓN
Japón	Operativa	1964
Italia	Operativa	1977
Francia	Operativa	1981
Alemania	Operativa	1988
España	Operativa	1992
Bélgica	Operativa	1997
Estados Unidos	Operativa	2000
Reino Unido	Operativa	2003
Corea del Sur	Operativa	2004
China	Operativa	2007
Taiwan	Operativa	2007
Suiza	Operativa	2007
Países Bajos	Operativa	2009
Turquía	Operativa	2009
Sudáfrica	Operativa	2011
Argentina	En proyecto	-
Marruecos	En proyecto	2015 (prevista)
Portugal	En proyecto	-
Rusia	En proyecto	2018 (prevista)
India	En proyecto	-
Polonia	En proyecto	-
Irán	En proyecto	-
Arabia Saudí	En proyecto	2015 (prevista)
Indonesia	En proyecto	-
Brasil	En proyecto	2020 (prevista)
Canadá	En proyecto	-
México	En proyecto	-
Australia	En proyecto ¹¹	-
Argelia	En proyecto	-

Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer, High speed lines in the World-UIC High Speed Department, septiembre de 2014

¹¹ Sobre la implementación de un programa futuro de alta velocidad en la costa este de Australia (Brisbane-Sidney-Melbourne) puede consultarse el Informe conjunto de la compañía AECOM y sus asociadas Grimshaw, KPMG, SKM, ACIL Tasman, Booz & Co y Hyder (VV.AA., 2012).

Los deseos de contar con esta tecnología siguen extendiéndose en la actualidad por buena parte del planeta: Marruecos, Portugal, India, Rusia, Irán, etc. están interesados en su desarrollo y puesta en servicio.

2.4. DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA ALTA VELOCIDAD EN EL MUNDO

A la vista de la evolución histórica expuesta, resulta claro que la alta velocidad ha experimentado un importante auge, especialmente reseñable en las últimas décadas.

El Mapa número 2 muestra una gran proliferación de puntos, que representan a los países con alta velocidad en servicio o bien en construcción o proyecto. Corrobora lo afirmado anteriormente respecto al creciente desarrollo de las diferentes redes de alta velocidad en el mundo, por cada vez un mayor número de países y de todos los continentes.

Más pormenorizadamente, en la Tabla número 6 se muestra la longitud de cada una de las redes de alta velocidad en el mundo, desagregándolas por estado: en explotación, en construcción y en proyecto. Los continentes con mayor desarrollo de alta velocidad son Asia y Europa, hecho lógico si se tiene en cuenta que el primer país en inaugurar una línea fue Japón, que después se extendió a algunos países de Europa occidental y, además, que la masa demográfica potencial de viajeros es considerable, tanto en cifras brutas como en densidad de población.

A nivel de países, cabe destacar a China sobre todos los demás, con las mayores cifras para los tres estados de la red (Martín, 2015). Especialmente significativos son los valores de las categorías “en explotación” y “en construcción”. El dato de red en servicio es 4,17 veces mayor al del siguiente país (Japón) y el relativo a “en construcción” es 5,78 veces superior al segundo, en este caso España. En la categoría de “en proyecto” la supremacía es más contenida (un 1,19 veces superior a la de Rusia, que se sitúa en segundo lugar).

Es en esta última categoría donde existe un mayor número de países con valor distinto a cero, es decir, denota el interés por la alta velocidad en un número creciente de Estados. Además, en los que figura valor cero, por consiguiente, no se estima ninguna actuación a largo plazo más allá de las líneas o tramos ya inaugurados o en ejecución, y son en su mayor parte países de superficie relativamente reducida (Taiwan, Austria, Bélgica, Países Bajos y Suiza), excepto Estados Unidos. Es decir, en la mayor parte de los casos se trata de naciones que ya cuentan con una red de alta velocidad más o menos consolidada y que además permiten conectar con otros países limítrofes (a excepción de Taiwan y Estados Unidos).

Países asiáticos como Corea del Sur o Japón presentan unas cifras de kilómetros en proyecto prácticamente nulas. Esta no presencia de proyectos de transporte futuros puede deberse a que la red se encuentra en una fase de saturación importante.

A nivel europeo debe destacarse el caso español, con una de las cifras de longitud de kilómetros más altas de todo el mundo. Francia se sitúa en unos niveles próximos, aunque inferiores, mientras que el resto de redes europeas poseen longitud menor. También es cierto que estos dos países son los dos de mayor tamaño de toda la Unión Europea.

Mapa 2. La alta velocidad en el mundo (2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer, "High speed lines in the world", UIC High Speed Department, septiembre de 2014

Tabla 6. Longitud de redes de alta velocidad del mundo según Estado, país y continente (2014)

CONTINENTE	LONGITUD (Kilómetros)			PAÍS	LONGITUD (Kilómetros)		
	En Explotación	En Construcción	En Proyecto		En Explotación	En Construcción	En Proyecto
ÁFRICA	0	200	480	Marruecos	0	200	480
AMÉRICA	362	0	1.288	Brasil EE.UU.	0	0	511 777
ASIA	15.241	9.625	6.258	A. Saudi China Corea Sur India Japón Taiwan Turquía	0 11.132 412 0 2.664 345 688	550 7.571 247 0 779 9 469	0 3.777 49 495 179 0 1.758
EUROPA	7.351	2.929	10.815	Alemania Austria Bélgica España Francia Italia Países Bajos Polonia Portugal Reino Unido Rusia Suecia Suiza	1.352 48 209 2.515 2.036 923 120 0 0 113 0 0 35	466 201 0 1.308 757 125 0 0 0 0 0 72	324 0 0 1.702 2.407 221 0 712 1.006 543 3.150 750 0
OCEANÍA	0	0	1.748	Australia	0	0	1.748
TOTAL MUNDIAL					22.954	12.754	20.589

Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer, "High speed around the world: maps", UIC High Speed Department, noviembre de 2013

3. LA POLÍTICA DE TRANSPORTE Y SU RELACIÓN CON LA ALTA VELOCIDAD

3.1. POLÍTICA DE TRANSPORTE DE LA UNIÓN EUROPEA

El transporte se muestra como una piedra angular del proceso de integración europea, estrechamente relacionado con la creación y consecución del mercado interior y esencial para garantizar la libertad de circulación de personas, servicios y mercancías.

A lo largo de las últimas seis décadas el transporte de la Unión Europea ha progresado considerablemente y sigue contribuyendo de forma significativa a la creación de empleo en Europa. También es reseñable su aportación a la consolidación del mercado interior, con la progresiva eliminación de barreras y normas técnicas y administrativas, y las distorsiones de la competencia entre los Estados miembro en materia de precios, impuestos y otros gravámenes.

Conviene destacar la necesidad de ampliar, modernizar y racionalizar las infraestructuras para todas las modalidades de desplazamiento. De esta manera, con el Tratado de Maastricht (1992) se incluyó un título relativo a la creación de redes transeuropeas, entre ellas la de transporte, así como la inclusión de los requisitos de protección del medio ambiente.

Esta política resulta útil para ayudar y proteger a las personas en sus desplazamientos, garantizando y defendiendo sus derechos frente a incidencias. (Comisión Europea, 2014).

3.1.1. Política Común de Transporte

La Política Común de Transporte (PCT) se inscribe dentro del conjunto de procesos de la integración europea, con el mismo rango que la Política Agraria Común o la aduanera (Serrano, 2000). Es un objetivo antiguo y destacado dentro de las políticas comunitarias.

Desde el Tratado de constitución de la Comunidad Económica Europea (CEE) o Tratados de Roma (1957) se plantea la necesidad de definir y aplicar una política común de transportes, para favorecer los intercambios entre los países miembros y lograr el objetivo fundamental de dicho tratado: la creación de un mercado único común.

Se consideró entonces obligatoria la liberalización del transporte terrestre y las vías navegables para conseguir sus objetivos, aunque se limitó al transporte internacional y de cabotaje.

La preocupación comunitaria por el sector del transporte no es reciente. Dicha Política Común de Transporte fue quedando en un segundo plano hasta mediados de la década de los ochenta. Esto era debido a que la libre circulación se veía obstaculizada por la persistencia de reglamentaciones nacionales, trámites transfronterizos largos y costosos, intervencionismo estatal (ayudas, derechos de producción, etc.), especialmente reseñables si tenemos en cuenta la crisis económica de los años setenta; lo que explicaría la insuficiencia de resultados obtenidos.

En esas fechas hay que destacar la Comunicación “Hacia una política común de transportes terrestres” del 9 de febrero de 1983 y el Memorandum del 15 de marzo de 1984 sobre el transporte aéreo, documentos elaborados gracias al esfuerzo de la Comisión Europea más que del Consejo, que se mostraba más reticente, al no establecer unos mecanismos mínimos para garantizar la libre prestación de servicios de transporte entre los estados miembros (Arroyo, 2008).

A mediados de los ochenta se empieza a considerar el objetivo de liberar los intercambios de forma más completa. En este sentido, en el Consejo Europeo de Milán (1985) se aprueba el Libro Blanco de la Competencia en el Mercado Interior. Un año después de formularse este “mercado interior”, queda incluido en el Tratado de Roma a través del Acta Única Europea (Luxemburgo, febrero de 1986).

Los objetivos fundamentales señalados son la eliminación de barreras:

- Físicas: Supresión de los controles de mercancías y personas en las fronteras interiores.
- Técnicas: Superar los obstáculos que suponen las reglamentaciones nacionales relativas a los productos y servicios, bien mediante su armonización, bien mediante su reconocimiento mutuo.
- Fiscales: Superar los obstáculos creados por la disparidad existente en materia de impuestos indirectos, mediante la armonización o la aproximación de los tipos de IVA y los impuestos sobre consumos específicos (Comisión Europea, 1985).

El calendario de aprobación se fijó para 1992 (con el denominado Objetivo 92) y queda ratificado en el Acta Única. El año 1992 es fundamental para la política europea en general y la política de transportes en particular, pues además de lo anterior hay que destacar los siguientes hechos:

En primer lugar tuvo lugar la llamada Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro, 3-14 de junio). El objetivo concreto era llegar a un consenso mundial que paliara la problemática de las relaciones conflictivas entre el necesario desarrollo y el respeto y la preservación de la integridad de la biosfera (Sequeiros, 1998).

En segundo lugar, la elaboración del Primer Libro Blanco sobre el curso futuro de la Política Común de Transporte (Bruselas, 2 de diciembre). Ese documento constituye un hito fundamental de dicha política, ya que supone el paso de una estructura sectorial de los diferentes medios de transporte a una concepción integrada sobre la base de la "movilidad sostenible" (Comisión Europea, 1985). Así, se adopta el concepto de desarrollo sostenible surgido de la citada Cumbre de Río.

En tercer lugar el Tratado de Maastricht o Tratado de la Unión Europea (febrero 1992). Con éste, el objetivo económico de la creación de un mercado común queda superado y puede hablarse ya de la Unión Económica y Monetaria (UEM). Es un acuerdo clave pues se crea la Unión Europea y se instauran nuevas políticas comunitarias.

En marzo de 2000 tiene lugar la cumbre de Lisboa, también denominada Estrategia de Lisboa. La meta principal fijada es convertir a la Unión Europea en la economía más competitiva del mundo antes de 2010. Desde ese momento, se fijan una serie de medidas económicas y sociales tendentes a la progresiva apertura de los mercados de bienes y servicios.

La política comunitaria de transportes no iba a quedar al margen de este proceso, siendo uno de los sectores clave. Concretamente, se apuesta por la liberalización del sector ferroviario de mercancías, con una fecha de inicio prevista para 2006, actualización de las normas de competencia, así como progresar en la gestión unificada de los aeropuertos. Sin embargo, respecto al sector portuario, el Parlamento rechaza la propuesta de apertura aduciendo problemas de empleo y seguridad en ese momento (Parlamento Europeo, 2004).

Dicha estrategia se completa en mayo de 2001 con la comunicación de la Comisión a favor del desarrollo sostenible (COM, 2001, 264) y en junio de ese mismo año en una reunión del Consejo Europeo en la ciudad sueca de Göteborg, lo que posteriormente fue conocido con el nombre de "Agenda de Göteborg".

En dicha Agenda se señala (artículo 20), que el Consejo acuerda una estrategia para el desarrollo sostenible y completa la cumbre de Lisboa añadiendo una tercera dimensión: la ambiental. Sobre la base del VI Programa de Acción Medioambiental y la ya referida comunicación de la Comisión sobre Desarrollo Sostenible, el Consejo fija en su artículo 27 una serie de medidas y objetivos generales referidos a cuatro áreas prioritarias. Una de ellas es la del sector del transporte.

Sobre el transporte (artículo 29), la apuesta se titula "Garantizar el transporte sostenible" (*Ensuring sustainable transport*). Debe destacarse en este sentido el planteamiento de

querer separar el crecimiento del producto interior bruto del crecimiento del transporte (*decoupling*); sobre todo a través del trasvase modal de la carretera, que representa la mayor parte del transporte comunitario de pasajeros y mercancías (Márquez, 1997), al ferrocarril y barco, así como al transporte público de pasajeros.

Para ello la Agenda “invita” al Parlamento y al Consejo a dar prioridad a los proyectos centrados en las inversiones en el transporte público, ferrocarril, vías navegables interiores, transporte marítimo de corta distancia y la intermodalidad, entendida ésta última como la necesidad de mejorar la eficiencia en el contexto competitivo del transporte de mercancías (Moreno, 2015).

En septiembre de 2001 se publica un nuevo Libro Blanco: “La Política Europea de Transportes de cara a 2010: la hora de la verdad” (COM, 2001, 370). Según la Comisión, marca un cambio de rumbo, ya que el objetivo principal deja de ser la apertura mercantil para centrarse en las necesidades de transporte de los usuarios (Stead, 2001) y en nuevos objetivos como la sostenibilidad, la seguridad y la integración del sistema de transporte en su conjunto desde una perspectiva intermodal (De Rus y Campos, 2005).

En estas líneas, se dedica un primer bloque al desequilibrio existente entre modos de transporte y la necesidad de potenciar aquellos más respetuosos desde un punto de vista medioambiental. Para su consecución se debe mejorar la regulación de la competencia y las condiciones o condicionantes para la intermodalidad.

No es un documento vinculante aunque sí indica las áreas donde la Comisión tiene intención de iniciar acciones en años sucesivos. Una de ellas es la referente a infraestructuras (especialmente las de carácter ferroviario), que se tratará en el apartado 3.1.4, relativo a las políticas europeas en materia ferroviaria.

Otros bloques de medidas incluidos en el Libro Blanco hacen referencia a:

- Congestión: Programa Marco Polo, para apoyar las iniciativas intermodales y las alternativas al transporte de carretera.
- Movilidad sostenible: Desarrollar infraestructuras limpias que tengan en cuenta los costes externos e incentivar el uso de modos menos contaminantes.
- Servicios de transporte: Promover la mejora de la seguridad y calidad del servicio; sobre todo en el transporte por carretera así como en el transporte público urbano.
- Derechos de los pasajeros: Relativos a posibles incidencias en vuelos o desplazamientos en otros modos de transporte, etc.

En este documento se explicita que al tener en cuenta este tipo de medidas responde a la estrategia de la Agenda de Göteborg, con el reequilibrio de los modos de transporte como piedra angular de la estrategia de desarrollo sostenible. Si bien es inviable su materialización en un horizonte de diez años, sí constituye una primera etapa para su ejecución, estimándose el plazo requerido en 30 años (Comisión Europea, 2001). De igual forma, también es acertada la idea de separar el crecimiento del transporte del crecimiento económico, cuestión aportada del mismo modo en Göteborg.

Pero en este Libro Blanco también se pueden detectar ciertas debilidades. En primer lugar, pese a fijar directrices generales a nivel europeo, se echa en falta una mayor correlación entre políticas multiescalares (comunitaria, nacional y regional) y un mayor grado de compatibilización entre los objetivos. Pero se puede ir más allá, de esta falta de compatibilidad puede deducirse la ausencia de una visión común para la política europea de transporte. En segundo lugar, se tiene más en consideración conceptos como la congestión frente a sostenibilidad, reparto modal frente a gestión de la demanda y derechos de los usuarios del transporte frente a derechos de los ciudadanos que sufren los efectos de las infraestructuras de transporte (Stead, 2001).

Aunque es razonable actuar para disminuir las congestiones de tráfico, a medio o largo plazo la construcción de nuevas infraestructuras para paliar dicho problema tampoco son a priori la solución, pues cada vez el espacio ocupado por estas infraestructuras es

mayor, las presiones sobre el territorio aumentan y todo ello no beneficia a la sostenibilidad, *sensu lato*, de todo el sistema, más bien al contrario. Asimismo, es estimable actuar en favor del reequilibrio modal en beneficio de los sectores marítimo y ferroviario, aunque también lo es controlar el crecimiento de la demanda total de transporte. Por último, si se habla de sostenibilidad, deben tenerse en cuenta los derechos de los usuarios del transporte pero también los impactos generados sobre los ciudadanos por parte de estas infraestructuras, que además en muchos casos no se benefician de ellas.

En 2006 la Comisión elabora una comunicación (COM, 2006, 314), mediante la cual se revisa este Libro Blanco tras un lustro de vigencia. En dicho documento se pone de manifiesto que las medidas indicadas en éste no son suficientes para paliar los impactos negativos en el medioambiente generados por el crecimiento del transporte. En tal sentido, la ampliación de la Unión Europea hacia el Este y la inclusión de nuevos países contribuyen a tal efecto, aunque no es el único factor a considerar.

La situación en materia de transporte en el periodo 2001-2006 no ha experimentado grandes avances en pos de una mayor sostenibilidad. De hecho, la revisión contiene una serie de indicadores que expresan una situación menos favorable que en la fase inicial: más congestión, más emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), etc. Es paradójico además que existan estas tendencias desfavorables en un contexto en el cual no se ha producido el crecimiento económico esperado e indicado en el Libro Blanco.

Otro rasgo a tener en cuenta en el documento de revisión, es el de que presenta una evolución en sus planteamientos: se pasa de “desligar el crecimiento del transporte y crecimiento económico”, como se indica en el Libro Blanco, en la Estrategia Europea de Desarrollo Sostenible y en la Agenda de Göteborg¹², a “separar la movilidad de sus efectos negativos”. Así pues, la separación de la movilidad de sus efectos medioambientales puede entenderse como un planteamiento menos categórico a la hora de limitar el crecimiento del sector, que el de la desconexión entre transporte y crecimiento del producto interior bruto.

Movilidad y sostenibilidad pueden entenderse como dos conceptos con cierta fricción entre ambos. Sin embargo, pretenden ser compatibilizados en este documento. Ambas nociones se unen y de esta forma el binomio resultante se constituye como el eje rector de las acciones futuras a diferencia del Libro Blanco, en el que la movilidad sostenible aparece como un objetivo más a desarrollar, junto con la mejora de la congestión del tráfico, la seguridad, la intermodalidad, etc. De hecho, se dedica un apartado a la “movilidad inteligente”. Detrás de ese concepto sigue vigente la apuesta por el crecimiento de la movilidad, aunque se sostiene que es preciso combinar dicho aumento con la disminución de los efectos medioambientales.

En relación a la movilidad “inteligente” también se incluye el concepto de “comodalidad”, como estrategia para lograr un flujo elevado de pasajeros y mercancías así como una mayor protección del medioambiente. Consiste en el uso eficiente de diferentes modos de transporte por separado y en combinación.

Se consideran necesarias nuevas políticas de transporte basadas en la competitividad, seguridad y protección del medioambiente, a través de mejoras en la eficiencia y disminuciones en los consumos energéticos. Sin embargo, la gestión de la demanda de transporte queda reflejada de modo más ambiguo, pues no se refiere a disminuir o contener los volúmenes de tráfico, sino que habla de optimizarlos. Es el caso de la política de tarifaciones, especialmente para el transporte por carretera (para la financiación de la infraestructura y la “optimización” del volumen de tráfico).

Finalmente se hace una mayor mención a las colaboraciones multiescalares. Siendo un documento comunitario, se destaca la necesidad de enfatizar el papel de las

¹² No existe ninguna referencia a la Agenda de Göteborg en dicha revisión.

administraciones nacionales, regionales y locales, la industria y los ciudadanos para posibilitar el entendimiento de la política de transporte con un enfoque global.

La mejora de la eficiencia energética y la disminución de los consumos en el sector de transporte se van consolidando, con el paso del tiempo, en un objetivo clave a nivel comunitario. En este contexto hay que encuadrar la comunicación de la Comisión "Eficiencia energética: alcanzar el objetivo del 20 %" (COM, 2008, 772), con horizonte temporal para el año 2020, consistente en:

- Reducir un 20 % el consumo de energía primaria de la Unión Europea.
- Reducir otro 20 % las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.
- Elevar la contribución de las energías renovables al 20 % del consumo.

Estos planteamientos fueron denominados más coloquialmente como la "Iniciativa 20/20/20".

Por su parte el Parlamento y el Consejo publicaron una Directiva (2009/28/CE) para fomentar el uso de energías renovables, reducir el consumo e incrementar la eficiencia energética en el transporte.

En 2011 la Comisión publica un nuevo Libro Blanco, denominado "Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible" (COM, 2011, 144).

Lo primero a destacar de este documento es que pese a anunciar significativos avances respecto a la situación de 2001, reconoce que el sistema de transporte sigue sin ser sostenible. Para conseguir una mayor sostenibilidad, reitera el deber de potenciar el uso de las fuentes de energía renovables y romper con la dependencia del petróleo, así como disminuir el nivel de emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Igualmente, vuelve a hacerse hincapié en la necesidad de disminuir la congestión del tráfico e internalizar los costes del transporte, por ejemplo mediante el cobro por el uso de la infraestructura.

Se fija la meta de crear un "verdadero" Espacio Único Europeo de Transporte, mediante la eliminación de barreras residuales entre los diferentes modos de transporte y sistemas nacionales, la simplificación del proceso de integración y la facilitación del surgimiento de operadores multinacionales y multimodales.

Estas medidas de incentivo pretenden a su vez favorecer el crecimiento del sector. Desde instancias comunitarias se insiste en que es compatible dicho crecimiento con el descenso de emisiones en un 60 %. Tal y como se expresa en el Artículo 18, no se plantea por tanto restringir la movilidad, sino que por el contrario se incluyen medidas para incentivarla, tales como promover una oferta más variada (más conexiones modales) y de mayor calidad.

3.1.2. La Política Común de Infraestructuras de Transporte

Es una política derivada de la Política Común de Transporte, aunque se inscribe en ésta y comparten el objetivo de favorecer la creación del Mercado Único.

Para la consecución del Mercado Común, además de favorecer su liberalización, el libre tránsito, etc. es necesario un cambio de orientación, en el sentido de adoptar una visión más "comunitaria". Esta dimensión transnacional debe aplicarse en diferentes ámbitos, como es el caso del transporte.

El nuevo enfoque hacía aconsejable que proyectos de infraestructura que bajo la competencia exclusiva de los Estados miembros habían sido planificados en base a intereses nacionales, fueran asimismo estudiados bajo la óptica del "interés comunitario" (Izquierdo, 1993) y constituyeran así una fase más en el camino hacia el Mercado Único. Sin restar competencias a los Estados, el objetivo de la Comunidad Económica Europea era conseguir que los programas nacionales de infraestructuras respondieran simultáneamente tanto a las necesidades futuras del tráfico interior como al comunitario.

En 1978 se aprobó la creación de un Comité en materia de Infraestructuras de Transporte, a través de la Decisión 78/174/CE, de 20 de febrero de 1978. Dicho documento muestra una perspectiva más integral, puesto que define ya el concepto de “proyecto de interés comunitario”, a partir de elementos tales como enlaces y tráficos transfronterizos, efectos sobre otras políticas de la Comunidad, transporte a larga distancia, etc. Por tanto, es un paso más para aunar esfuerzos en la consecución de una visión más comunitaria a nivel de la planificación en el transporte.

En esta Decisión quedan recogidas a su vez las funciones atribuidas al recién creado Comité. Son las siguientes:

- Servir de marco para la consulta sobre el/los proyecto/s de interés comunitario.
- Intercambiar información sobre planes y programas.
- Examinar cualquier cuestión relativa al desarrollo de la red de interés comunitario en materia de vías de comunicación.

Bajo esta óptica la Comisión presentó también en los setenta una propuesta de reglamentación al objeto de crear un instrumento financiero tipo fondo estructural, que permitiera, en estrecha colaboración con los Estados miembros, la creación de una red de infraestructuras de transporte de interés comunitario, que persiguiera el objetivo final de configurar el mercado interior y que no pudieran ser financiadas en su totalidad por los Estados, en razón de las limitaciones presupuestarias nacionales.

La propuesta de reglamentación no llegó a aprobarse por el Consejo y la Comisión optó por otras dos vías. Por un lado, la obtención de subvenciones anuales con cargo al presupuesto comunitario, y por otro, establecer un programa de actuaciones a medio plazo (5-10 años).

Para la primera vía el Parlamento Europeo aprobó en 1982 una partida de 10 millones de ecus, destinada a proyectos de infraestructuras de transporte. Sin embargo existía un inconveniente, ya que a falta de Reglamento, se necesitaba una base jurídica adecuada en la cual se apoyase dicha partida. Por este motivo, a finales de ese año el Consejo aprobó el Reglamento 3600/82, de 19 de diciembre, gracias al cual se autorizaba a la Comisión a que contribuyera financieramente a la realización de proyectos de interés comunitario. Igualmente se otorgaba a la Comisión el poder de decisión en cuanto a la selección de proyectos y medidas de ayuda. Respecto a la segunda vía, la Comisión decidió iniciar un proceso de revisión de los proyectos planificados en el marco de un programa plurianual (Izquierdo, 1986).

Hasta la última década del siglo XX los avances fueron escasos, debido fundamentalmente a diferentes cuestiones: la falta de interoperabilidad entre las redes, equipos, instalaciones y servicios de los diferentes Estados miembros, que hace imposible su coordinación, los diferentes marcos jurídicos, administrativos y fiscales, el fuerte intervencionismo de los poderes públicos en materia de redes, el impreciso reparto entre el sector público y privado, la ausencia de una visión de conjunto de las necesidades de infraestructuras y la dificultad para encontrar nuevos instrumentos financieros (Izquierdo, 1993).

En 1990, mediante el Reglamento 3359/90/CE de 20 de noviembre de 1990, se fijan unos objetivos específicos que sirven de base para el futuro desarrollo de la política común de infraestructuras de transporte. Son los siguientes:

- Eliminación de los cuellos de botella.
- Integración de las zonas situadas geográficamente en la periferia de la Comunidad o sin accesos al mar.
- Reducción de los costes relacionados con el tránsito en cooperación con cualquier país tercero.
- Mejora de los enlaces en los pasillos terrestres-marítimos.

- Establecimiento de vías de comunicación de alta calidad de servicio entre los principales centros urbanos, incluidos los enlaces ferroviarios de alta velocidad.

Se elabora también una lista con siete grandes proyectos prioritarios para conseguir implantar un mercado común de transporte en 1992. Los proyectos incluidos, que servirán como antecedente de proyectos posteriores, son los que figuran a continuación (Tabla número 7):

Tabla 7. Listado de Proyectos Prioritarios incluidos en el Reglamento 3359/90/CE

1. Contribución a la red ferroviaria de alta velocidad
2. Eje de tránsito alpino (eje del Brenner)
3. Contribución a la red de transporte combinado de interés comunitario
4. Enlaces por carretera transpirenaicos (Somport)
5. Eje viario hacia Irlanda y mejora del eje fronterizo ferroviario Dublín – Belfast
6. Enlaces escandinavos
7. Refuerzos de los enlaces terrestres en Grecia

Fuente: Reglamento 3359/90/CE

Este énfasis en la creación del mercado integrado de transportes se refleja también en los aspectos financieros, y es que en dicho Reglamento se señala que “el apoyo financiero de la Comunidad podrá recaer sobre estudios de viabilidad y trabajos preparatorios de proyectos de infraestructura, sobre posibles realizaciones anexas y sobre la ejecución de una parte o la totalidad de los proyectos”. Añade también que “Dicho apoyo será efectivo mediante subvención o, excepcionalmente, cualquier otra forma adecuada a las exigencias financieras del proyecto”¹³. Para incentivar al sector privado a participar en la financiación de los proyectos, el Reglamento incorpora el principio de “declaración de utilidad europea” (Izquierdo, 1993). Respecto a la cuantía proyectada para su consecución, ésta fue cifrada en 328 millones de ecus, con un horizonte de ejecución trienal (1990-92).

La vigencia de este Reglamento finalizó el 31 de diciembre de 1992. A partir de 1993 la política de infraestructuras entra en una nueva fase en la cual la política relativa a la creación de una Red Transeuropea de Transportes resulta clave, de tal forma que los proyectos contenidos en el Reglamento 3359/90 seguirán siendo considerados de interés comunitario y añadidos a la Red Transeuropea.

Por todo ello al estar tan vinculadas Política Común de Infraestructuras de Transporte y Red Transeuropea, a partir de dicha fecha todo lo relativo a infraestructuras de transporte va a quedar expuesto en el siguiente capítulo, en el cual se realizará un análisis pormenorizado de lo referente a dicha red.

3.1.3. La Red Transeuropea de Transporte

La política de la Unión Europea aspira a la creación de una red integrada de infraestructuras básicas de transporte, transformando una multiplicidad de redes nacionales en un sistema eficiente y sostenible a escala europea (Banco Europeo de Inversiones, 2006).

¹³ Reglamento 3359/90/CE, Artículos 5.1 y 5.2.

Tras la elaboración del Libro Blanco de 1985 surgen nuevas políticas comunitarias. Una de éstas es la relativa a las redes transeuropeas (RTE), referentes a transportes, energía y telecomunicaciones. Dada la naturaleza del presente trabajo, merece una atención especial la Red Transeuropea de Transporte, compuesta de las infraestructuras asociadas a los diferentes modos de transporte así como a los servicios necesarios para su funcionamiento. Por tanto, se halla estrechamente conectada con la Política Común de Transporte y con la Política Común de Infraestructuras de Transporte. Ciertamente rompe con tendencias de planificación precedentes pues no se trata de proyectar actuaciones aisladas, sino de establecer un enfoque por programas y una estructura global de planificación, basada en una programación física y financiera y en un seguimiento y control de los proyectos más eficaces, tal como apuntan Izquierdo (1993) y Vickerman (1995).

En paralelo se creó un grupo de alto nivel (Grupo de Trabajo Transeuropeo), que elaboró un listado con las inversiones necesarias y previsión de efectos, y publicaron sus conclusiones en la comunicación titulada "Hacia unas redes transeuropeas: objetivos y aplicaciones posibles" (COM, 89, 643). En este documento se puso de manifiesto la falta de adaptación de las infraestructuras de transporte a la nueva dimensión que estaba adquiriendo el mercado comunitario, señalándose asimismo que pese a las dificultades que entrañaba su configuración, debería darse la máxima prioridad al desarrollo de redes transeuropeas (Gutiérrez, 2004; Ribalaygua, 2005). Esta falta de adaptación se refiere a la multiplicidad de redes ya mencionada, producto de diferentes planes de mejora nacionales efectuados sobre todo en los setenta y ochenta (Vickerman, 1997).

Tras la elaboración de dicho listado por parte del Grupo de Trabajo Transeuropeo, en 1990 la Comisión aprueba el Primer Plan de Acción para las RTE, encuadrado en una comunicación denominada de modo similar a la anterior: "Hacia unas redes transeuropeas. Programa de Acción Comunitario" (COM, 90, 585). En este documento quedan contenidos una serie de proyectos que deben desarrollarse para mejorar las comunicaciones comunitarias.

Dicha comunicación favoreció la posterior inclusión en el Tratado de Maastricht de un Título específico relativo a las redes transeuropeas¹⁴, dotándolas de contenido formal y jurídico. Como consecuencia de su firma, se crea un nuevo marco reglamentario y financiero y surgen iniciativas para el desarrollo de la red.

En el Libro Blanco de 1993 comúnmente denominado "Libro Blanco Delors", se da el paso definitivo para integrar un esquema global de redes transeuropeas. Este documento, titulado "Crecimiento, competitividad y empleo. Retos y pistas para entrar en el siglo XXI", tiene cuatro objetivos prioritarios en materia de transportes: interoperabilidad de los sistemas ferroviarios nacionales, intermodalidad entre los distintos modos de transporte, promoción del desarrollo de sistemas de transporte inteligentes y fomento de la utilización de un transporte más respetuoso con el medio ambiente (Ribalaygua, 2005).

En diciembre de 1993 el Consejo de Ministros celebrado en Bruselas decidió crear un grupo asesor bajo la dirección del vicepresidente de la comisión, Henning Christophersen, denominado en su honor como "Grupo Christophersen" (Sanz, 2000). Este equipo fijó catorce proyectos en materia de transporte para el horizonte 2010, los cuales fueron adoptados en las reuniones del Consejo Europeo en Corfú y Essen (junio y diciembre de 1994, respectivamente). Dichos proyectos serán conocidos por el nombre de "Lista de Christophersen" o "Lista de Essen". Estos catorce proyectos son los contenidos en la tabla número 8.

¹⁴ Tratado Constitutivo de la Unión Europea (1992), Título XV, Artículos 154-156, Maastricht (Países Bajos). En el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE), constituyen, sin embargo, el Título XVI, Artículos 170-172.

Tabla 8. Listado de Proyectos del Grupo Christophersen o Proyectos de Essen

1. Eje ferroviario Berlín-Verona/Milán-Bolonia-Nápoles-Sicilia-Palermo
2. Tren de alta velocidad París-Bruselas-Colonia-Amsterdam-Londres
3. Tren de alta velocidad Suroeste (Madrid-Barcelona-Montpellier)
4. Tren de alta velocidad Este (París-Francia oriental-Alemania meridional)
5. Línea Betuwe (Hamburgo-Eje alpino del Brenner)
6. Tren de alta velocidad Lyon-Turín-Milán-Venecia-Trieste-Liubliana-Budapest-frontera ucraniana
7. Autopistas griegas
8. Conexión multimodal Portugal-España-resto de Europa
9. Enlace ferroviario Cork-Dublín-Belfast-Stranraer
10. Aeropuerto de Milán-Malpensa
11. Enlace fijo de Øresund
12. Corredores del triángulo nórdico
13. Enlace viario Irlanda-Reino Unido-Benelux
14. Línea ferroviaria principal de la costa oeste (Reino Unido)

Fuente: Memoria del informe del Grupo Van Miert sobre los proyectos prioritarios para la Red Transeuropea de Transporte de cara a 2020. Dirección General de Energía y de Transportes. Comisión Europea

Según la propia Comisión Europea estos proyectos sólo representan una parte de la totalidad de actuaciones a realizar, si bien concentran la mayor parte de los recursos financieros.

Como el propio informe de Christophersen asegura el listado final de proyectos provino tanto de la relación elaborada en el Libro Blanco de 1993, como sobre todo de las prioridades de los Estados miembros desde un punto de vista estratégico (Boira, 2007).

Puede observarse de esta forma que dichas inversiones se centran especialmente en las rutas que generan mayor dinamismo, valor añadido y atracción de nuevos recursos, es decir, en la dorsal (Londres-París-Frankfurt-Milán) y el Benelux, generándose un efecto *hub* (Bermejo et al., 2005). En este sentido, la dorsal europea presenta dos ventajas muy claras respecto al resto del territorio de la Unión Europea: riqueza y centralidad, en cuanto a las inversiones. La lista de proyectos aparece representada en el Mapa número 3.

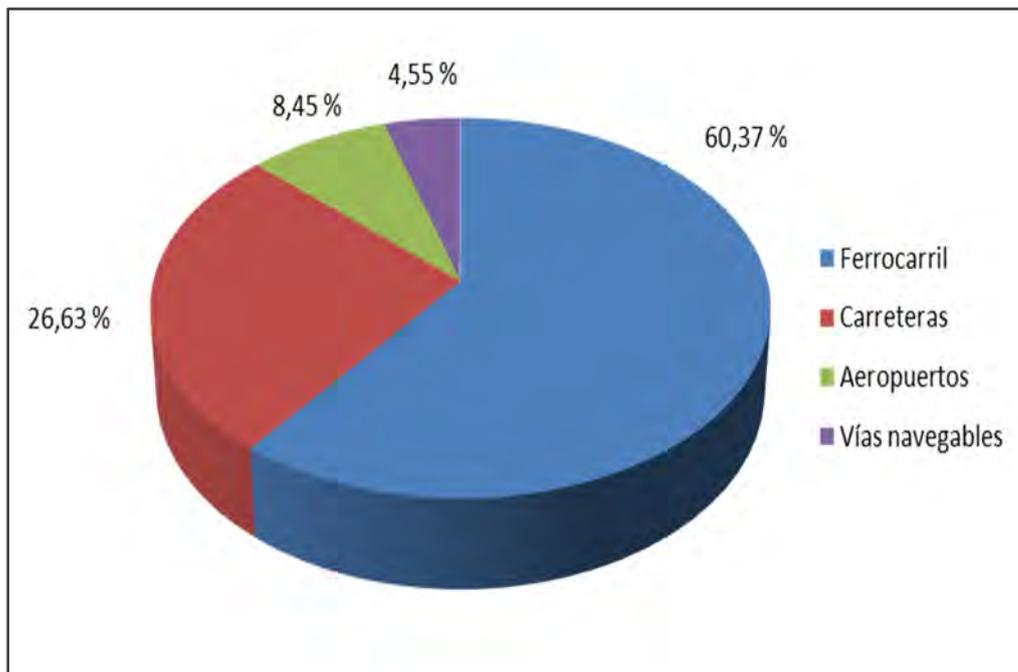
Mapa 3. Los 14 proyectos prioritarios del Grupo Christophersen o Proyectos de Essen



Fuente: Elaboración propia a partir de la Estrategia Territorial Europea (ETE), Comisión Europea, 1999

Por modos de transporte la mayor parte de los proyectos y por consiguiente de las inversiones se refieren al ferrocarril, y más concretamente a la alta velocidad con un total de seis proyectos. A nivel porcentual, en el Gráfico número 2 se representa el reparto de las inversiones resultante.

Gráfico 2. Volumen de inversiones en los proyectos prioritarios de Essen (%)



Fuente: Elaboración propia a partir de Antón, 2008

Es el modo de transporte más promocionado para progresar en la intermodalidad del transporte en la Unión Europea. En cuanto al transporte aéreo, a excepción del concluido aeropuerto de Malpensa, no se señala ninguna actuación. Es el medio más marginado dentro de los proyectos junto con el transporte fluvial. Además, como se señala en los diferentes Libros Blancos, no se fomenta su crecimiento, sino que se opta por controlar su desarrollo.

En 1996, dos años después de la primera reunión en Essen, se aprueba la Decisión 1692/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio. Dicho documento recoge las orientaciones comunitarias para desarrollar las redes transeuropeas, amplía los proyectos de Essen y modifica algunos de éstos. Con ello quedan expuestos los objetivos fijados para la Red Transeuropea de Transporte con horizonte 2010:

- Garantizar la movilidad de las personas y de los bienes.
- Ofrecer a los usuarios infraestructuras de calidad.
- Basarse en el conjunto de modos de transporte.
- Posibilitar una utilización óptima de las capacidades existentes.
- Interoperabilidad¹⁵ en todos sus elementos.
- Ser viable económicamente.
- Cubrir el conjunto de la Comunidad.
- Prever su ampliación hacia los Estados miembros de la Asociación Europea de Libre Comercio (AELC), los países de Europa Central y Oriental y los países mediterráneos.

En consonancia con estos objetivos, la Decisión contiene a su vez cuatro líneas prioritarias de acción:

- Construir las conexiones necesarias para facilitar el transporte.
- Optimizar la eficacia de las infraestructuras existentes.
- Conseguir la interoperabilidad de los elementos de la red.
- Integrar la dimensión medioambiental en la red.

Teniendo en cuenta estos objetivos y prioridades de acción, se considerarán proyectos de interés común a aquellos que concuerden con dichos criterios¹⁶.

En el Libro Blanco de 2001 se revisan los proyectos y las orientaciones indicadas en la Decisión de 1996, y se publica un informe del grado de adaptación a las dificultades

¹⁵ Entendida como la "capacidad del sistema ferroviario para permitir la circulación segura e ininterrumpida de trenes que cumplen las prestaciones requeridas para estas líneas. Dicha capacidad dependerá del conjunto de condiciones reglamentarias, técnicas y operativas que deberán cumplirse para satisfacer los requisitos esenciales". (Directiva 2008/57/CE, de 17 de junio de 2008, del Parlamento y del Consejo Europeo).

¹⁶ En la Decisión 661/2010/UE, de 7 de julio de 2010, del Parlamento y del Consejo Europeo quedan definidos más específicamente: Se entiende por "proyecto prioritario" o "proyecto de interés común" aquel que persiga los objetivos fijados para la Red Transeuropea de Transporte, que concierne a su red, que se inscriba en sus prioridades y que presente una viabilidad económica potencial, habida cuenta de sus costes y beneficios socioeconómicos, recibiendo apoyo económico por parte de la Unión Europea. En el caso concreto del ferrocarril, además de lo anterior, se considera de interés común (dentro de los enlaces fijados) cualquier proyecto de infraestructura que se refiera a la interoperabilidad de los sistemas ferroviarios transeuropeos y a la interconexión con las redes de los demás modos de transporte.

encontradas en su materialización, así como su contribución a los objetivos fijados en la Política Común de Transporte¹⁷.

Debido al retraso con que se estaban llevando a cabo los catorce proyectos de Essen o Christophersen, tanto en materia de inversiones como en su ejecución, por la cercana apertura de un nuevo escenario con la anexión de nuevos Estados y al aumento de la congestión (más embotellamientos, falta de enlaces y de interoperabilidad, e incremento del tráfico inducido por la ampliación de la Unión Europea), en dicho Libro Blanco se apuesta claramente por un reequilibrio de los medios de transporte, fundamentalmente para trasvasar tráfico de carretera a otros modos más sostenibles. De acuerdo con este criterio y en consonancia con los contenidos de la Decisión 1692/96/CE, se planteó la necesidad tanto de redefinir los proyectos de Essen como de añadir otros nuevos.

A finales de 2002 la Comisión creó un grupo de Alto Nivel sobre la Red Transeuropea de Transporte, el Grupo Van Miert, con el objeto de definir para el año siguiente los proyectos prioritarios de cara a 2020.

La estructura del trabajo del Grupo de Alto Nivel se compuso de 4 niveles de prioridad: Lista 0, Lista 1, Lista 2 y Lista 3. En la primera de ellas figuran los proyectos prioritarios definidos por el Grupo Christophersen y fijados en la reunión de Essen, cuya finalización estaba programada para antes de 2010. En la Lista 1 aparecen 18 proyectos prioritarios nuevos con inicio previsto para antes de 2010. En la lista 2 se incluyen 4 proyectos prioritarios, con un plazo de ejecución a largo plazo, debido a la falta de compromiso de determinados Estados, y en la Lista 3 aparecen otros denominados como "Proyectos de Cohesión", sin fecha prefijada de inicio de ejecución (Tabla número 9 y Mapa número 4).

En general son proyectos que incluyen los grandes ejes ferroviarios, de carreteras y de vías navegables que recorren varios Estados miembros, con especial relevancia para los flujos de tráfico transnacionales y para la consecución de los objetivos de cohesión y desarrollo sostenible, que han sido objeto de una evaluación socioeconómica común (Comisión Europea, 2009).

A partir de estas listas proporcionadas por el Grupo Van Miert, en 2004 se redefinieron las directrices fijadas en 1996, a través de la Decisión 884/2004/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril. Las directrices fijadas fueron las siguientes:

- Se amplía el horizonte de 2010 a 2020.
- Incorpora a los nuevos Estados miembros.
- Incorpora las "autopistas del mar".
- Introduce la figura del "Coordinador Europeo".
- Introduce la "declaración de interés europeo" para los proyectos comunitarios, lo que establece prioridades en el apartado de la financiación.
- Incorpora treinta ejes y proyectos prioritarios para su posterior ejecución.

¹⁷ Con objeto de fomentar la investigación en materia ferroviaria y, en definitiva, ayudar a su revitalización a nivel europeo, en 2001 se crea ERRAC (*The European Rail Research Advisory Council*), y cubre todas las formas de transporte ferroviario. Desde su creación, ha elaborado numerosos documentos (Estrategia Conjunta para la Investigación en el ferrocarril comunitario, la Agenda Estratégica para la Investigación Ferroviaria, etc.) Supone una prueba más de la decidida apuesta europea por el transporte ferroviario. (www.errac.org/)

Tabla 9. Los Proyectos Prioritarios del Grupo Van Miert

LISTA 1
1. Sistema mundial de posicionamiento y navegación por satélite (GALILEO)
2. Eliminación de cuellos de botella en el Rin-Main-Danubio
3. Autopistas del mar
4. Línea de ferrocarril mixta Lyon-Trieste/Koper-Liubliana-Budapest
5. Línea de ferrocarril mixta Berlín-Verona-Nápoles/Milán-Bolonia
6. Línea de ferrocarril mixta frontera grecobúlgara-Sofía-Budapest-Viena-Praga-Nuremberg
7. Línea de ferrocarril de alta velocidad Sudeste
8. Línea de ferrocarril mixta Gdansk-Varsovia-Brno/Zilina
9. Línea de ferrocarril mixta Lyon/Génova-Basilea-Duisburgo-Rotterdam/Amberes
10. Línea de ferrocarril mixta París-Estrasburgo-Stuttgart-Viena-Bratislava
11. Interoperabilidad de la red de ferrocarril de alta velocidad de la Península Ibérica
12. Enlaces multimodales Irlanda/Reino Unido/Europa continental
13. Puente de carretera y ferrocarril sobre el estrecho de Messina
14. Enlace fijo de carretera y ferrocarril a través del Fehrmann Belt
15. Triángulo nórdico
16. Enlace multimodal Portugal/España con el resto de Europa
17. Autopista frontera grecobúlgara-Sofía-Nadlac (Budapest)/Constanza
18. Autopista Gdansk-Katowice-Brno/Zilina-Viena

LISTA 2
1. Nuevo ferrocarril de alta capacidad a través de los Pirineos
2. Línea de ferrocarril Báltica
3. Línea de ferrocarril de mercancías Gdansk-Bydgoszcz-Katowice-Zwardon
4. Vía navegable Sena-Escalda

LISTA 3
1. ACCESIBILIDAD E INTERCONEXIÓN DE REDES
Centros logísticos intermodales en Slawkow (Polonia) con conexiones a la red de ferrocarril de ancho ruso (2012)
Línea de ferrocarril Bari-Durres-Sofia-Varna/Burgas (Mar Negro) (2020)
Línea de ferrocarril Nápoles-Reggio di Calabria-Palermo (2015)
Corredor vial/ferroviario de enlace el Oeste y Dublín (2010)
Acceso vial y portuario de Limassol (2015)
Acceso vial y portuario de Larnaka (2020)
Puertos de La Valeta y Marsaxlokk (2012)
Corredor intermodal jónico/adriático (2015)
Carretera Dover-Fishguard (2015), (excepto M25)
2. CONEXIONES TRANSFRONTERIZAS
Autopistas Dresde/Nurenberg-Praga-Linz (2010)
Línea de ferrocarril Praga-Linz (2010)
Autopista Zilina-Bratislava/Viena (2012)
Línea de ferrocarril Maribor-Graz (2015)
Autopista Liubliana/Maribor-Prince-Zamardi/Budapest
Permeabilidad vial de los Pirineos (2010)

Fuente: Memoria del informe del Grupo Van Miert sobre los proyectos prioritarios para la Red Transeuropea de Transporte de cara a 2020. Dirección General de Energía y de Transportes. Comisión Europea

Se trata de los proyectos de Essen más otros dieciséis, que deberán iniciarse antes de 2010 y son los indicados en la Tabla número 10.

Buena parte de los nuevos proyectos prioritarios se localizan en Europa centro-oriental (Alemania, Polonia, República Checa, Austria, Hungría, Eslovaquia...), para conectarlos con el Benelux y Francia. Se pretende enlazar así la dorsal europea con parte de los nuevos Estados miembro, más próximos espacialmente y también respecto a la media europea en cuanto a producto interior bruto, renta per cápita, etc.

No obstante, debe señalarse que los países más beneficiados son a priori los situados en una posición central, como por ejemplo Francia y Alemania. Aunque muchos de los proyectos se refieren a espacios periféricos dentro de la Unión, lo cierto es que para que su interconexión sea un hecho, debe realizarse a través del espacio intermedio.

Por ello, tanto directa como indirectamente dichos Estados (aunque puede extenderse al conjunto de la dorsal) se presentan en una posición ventajosa frente a otros más periféricos, siendo previsiblemente los que mejor aprovechen las oportunidades de crecimiento y sinergias que se presenten a partir de la ejecución y puesta en marcha de todos o la mayor parte de estos proyectos.

Tabla 10. Lista de Proyectos Prioritarios de Van Miert (Essen + 16)

1. Eje ferroviario Berlín-Verona/Milán-Bolonia-Nápoles-Messina
2. Tren de alta velocidad París-Bruselas/Bruselas-Colonia-Amsterdam-Londres
3. Eje ferroviario de gran velocidad del suroeste europeo
4. Eje ferroviario de alta velocidad del Este de Europa
5. Transporte ferroviario clásico/transporte combinado (línea Betuwe) (2007)
6. Eje ferroviario Lyon-Trieste-Divaca/Koper-Liubliana-Budapest-frontera ucraniana
7. Eje vial Igoumenitsa/Patras-Atenas-Sofía-Budapest
8. Eje multimodal Portugal-España-resto de Europa
9. Eje ferroviario Cork-Dublín-Belfast-Stranraer
10. Aeropuerto de Malpensa de Milán
11. Enlace fijo del Øresund
12. Eje ferroviario/vial del triángulo nórdico
13. Eje vial Irlanda/Reino Unido/Benelux
14. Línea ferroviaria «West coast main line»
15. Sistema mundial de posicionamiento y navegación por satélite (GALILEO)
16. Eje ferroviario de transporte de mercancías a través de los Pirineos Sines/Algeciras-Madrid-París
17. Eje ferroviario París-Stuttgart-Viena-Bratislava
18. Eje fluvial Rhin/Mosa-Meno-Danubio
19. Interoperabilidad de la red ferroviaria de alta velocidad en Pen. Ibérica
20. Eje ferroviario entre Alemania y Dinamarca (del Fehmarn Belt)
21. «Autopistas del mar»: Mar Báltico, Arco Atlántico, Europa Sudoriental, Mediterráneo Occidental
22. Eje ferroviario Atenas-Sofía-Budapest-Viena-Praga-Nurenberg/Dresde
23. Eje ferroviario Gdansk-Varsovia-Brno/Bratislava-Viena
24. Eje ferroviario Lyon/Ginebra-Basilea-Duisburgo-Rotterdam/Amberes
25. Eje vial Gdansk-Brno/Bratislava-Viena
26. Eje ferroviario/vial Irlanda/Reino Unido/Europa continental
27. Eje ferroviario «Rail Baltica» Varsovia-Kaunas-Riga-Tallinn-Helsinki
28. «Eurocaprail» en el eje ferroviario Bruselas-Luxemburgo-Estrasburgo
29. Eje ferroviario del corredor intermodal Mar Jónico/Adriático
30. Enlace fluvial Sena-Escalda

Fuente: Decisión 884/2004/CE, de 29 de abril. Diario oficial de la Unión Europea, 30 de abril de 2004

Mapa 4. La Red Transeuropea de Transporte y los treinta Ejes y Proyectos Prioritarios



Fuente: Elaboración propia a partir de López, 2011

En la Tabla número 11 y el Gráfico número 3 se explicitan los Estados de la Unión Europea a los que afecta la actuación, así como el grado de implementación de los mismos y los volúmenes de inversión previstos.

Tabla 11. Estado de implementación de los proyectos prioritarios (PP) de la Red Transeuropea de Transporte (2012)

PP	Estados miembros	Fin previsto	Coste total (MII/€)	Inversión hasta 2009 (MII/€)	Inversión proyectada 2010-13 (MII/€)	Inversión proyectada después de 2013(MII/€)
PP1	AT, IT, DE	2022	51.849	26.919	9.694	13.319
PP2	FR, BE, DE, NL, UK	2013	17.114	16.185	703	0
PP3	ES, FR, PT	2020	45.788	12.895	13.383	18.236
PP4	FR, DE	2016	5.261	5.017	159	39
PP5	NL	2008	4.705	4.705	0	0
PP6	FR, HU, IT, SL	2025	55.384	9.817	5.700	39.334
PP7	BG, GR, RO	2020	19.084	12.941	3.607	535
PP8	ES, PT	2016	14.653	9.147	2.278	2.606
PP9	IRL, UK	2001	595	595	0	0
PP10	IT	2001	1.344	1.344	0	0
PP11	DK, S	2000	2.700	2.700	0	0
PP12	FIN, S	2020	12.738	7.069	1.556	3.489
PP13	IRL, UK	2015	5.772	1.904	1.634	2.019
PP14	UK	2008	10.882	10.520	0	0
PP16	ES, PT	2020	8.696	206	497	7.847
PP17	AT, FR, DE, SK	2020	13.853	4.386	5.793	2.907
PP18	AT, BE, BG, DE, HU, NL, RO	2021	2.617	102	1.039	1.406
PP19	ES, PT	2020	40.896	9.816	10.996	17.152
PP20	DE, DK	2020	7.363	232	1.822	5.151
PP22	AT, BG, CZ, DE, GR, HU, RO	2020	13.953	2.026	4.138	7.270
PP23	CZ, PL, SK	2025	4.450	2.668	1.105	624

PP24	BE, DE, FR, IT, NL	2020	21.983	2.370	3.597	15.851
PP25	AT, CZ, PL, SK	2018	10.455	4.273	3.833	1.894
PP26	IRL, UK	2020	7.919	3.118	1.767	2.660
PP27	EE, LT, LV, PL	2020	2.590	487	1.556	1.592
PP28	BE, LUX	2015	1.091	195.62	768	81
PP29	GR	2020	4.339	39	624	3.653
PP30	BE, FR	2016	4.540	85	3.997	390
TOTAL			394.831	153.150	79.825	148.068

Fuente: Directorate-General for Mobility and Transport. European Commission. TEN-T. Trans-European Transport Network Executive Agency. Implementation of the Priority Projects. Progress Report, 2012

Al objeto de facilitar la comprensión de la información señalada, en la Tabla número 12 se incluye un listado con la decodificación de los Estados miembro.

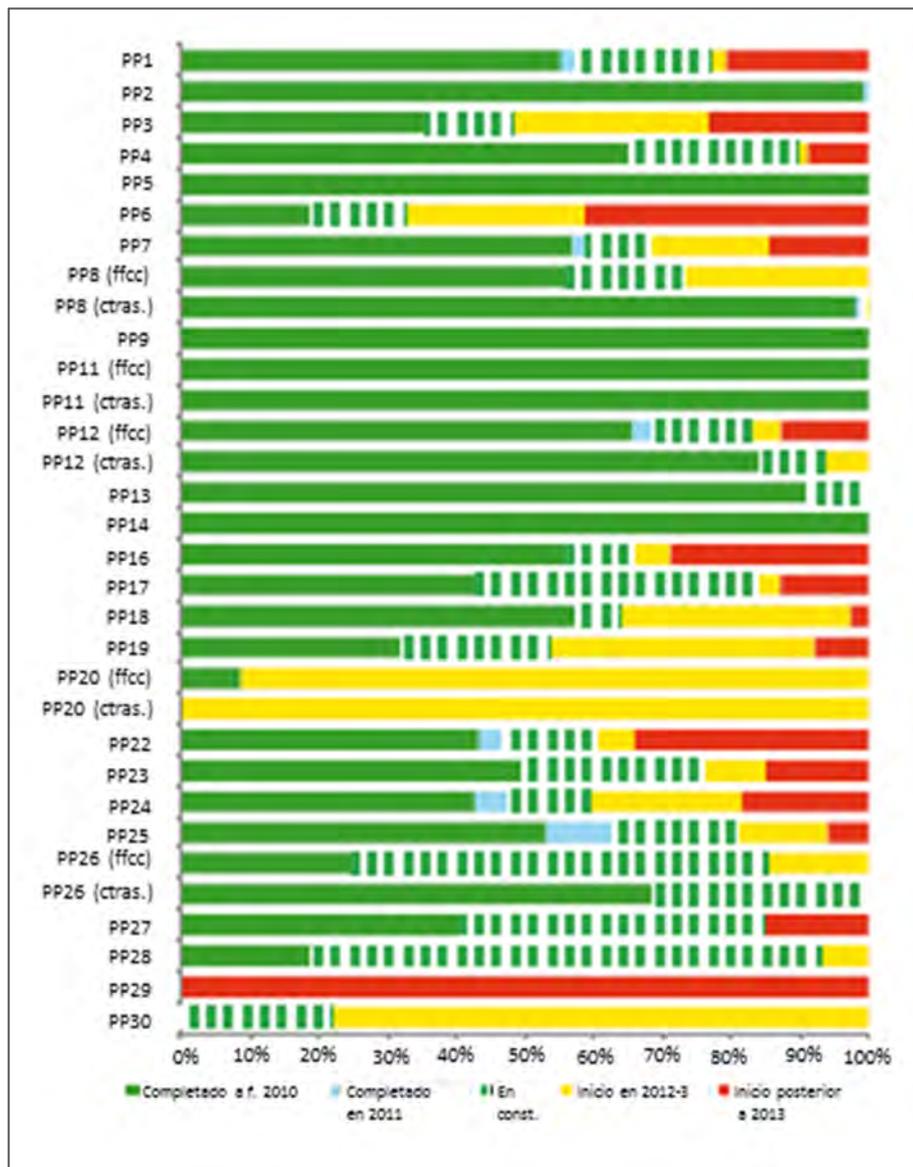
Tabla 12. Códigos de países

CÓDIGO	PAÍS
AT	Austria
BE	Bélgica
BG	Bulgaria
CZ	República Checa
DE	Alemania
DK	Dinamarca
EE	Estonia
ES	España
FR	Francia
GR	Grecia
HU	Hungría
IRL	Irlanda
IT	Italia
LT	Letonia
LUX	Luxemburgo
LV	Lituania

NL	Países Bajos
PL	Polonia
PT	Portugal
RO	Rumanía
S	Suecia
SK	Eslovaquia
SL	Eslovenia
UK	Reino Unido

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Estado de implementación de los proyectos prioritarios de la Red Transeuropea de Transporte



Fuente: Elaboración propia a partir de TEN-T. Trans-European Transport Network Executive Agency. Implementation of the Priority Projects. Progress Report, 2012

En noviembre de 2012, únicamente seis de los treinta proyectos prioritarios están finalizados. Tres de esos seis proyectos podrían no considerarse como transeuropeos puesto que se reducen a un único Estado miembro (proyectos números 5, 10 y 14). Dos de ellos involucran a dos Estados (proyectos números 9 y 11) y únicamente el proyecto número 2 recorre cinco Estados, siendo por tanto el más extenso de los proyectos concluidos. Este retraso pone de manifiesto la dificultad para conseguir la colaboración entre los Estados miembros, así como la financiación de algunos de los proyectos (Vassallo, 2011; Zaragoza et al., 2012).

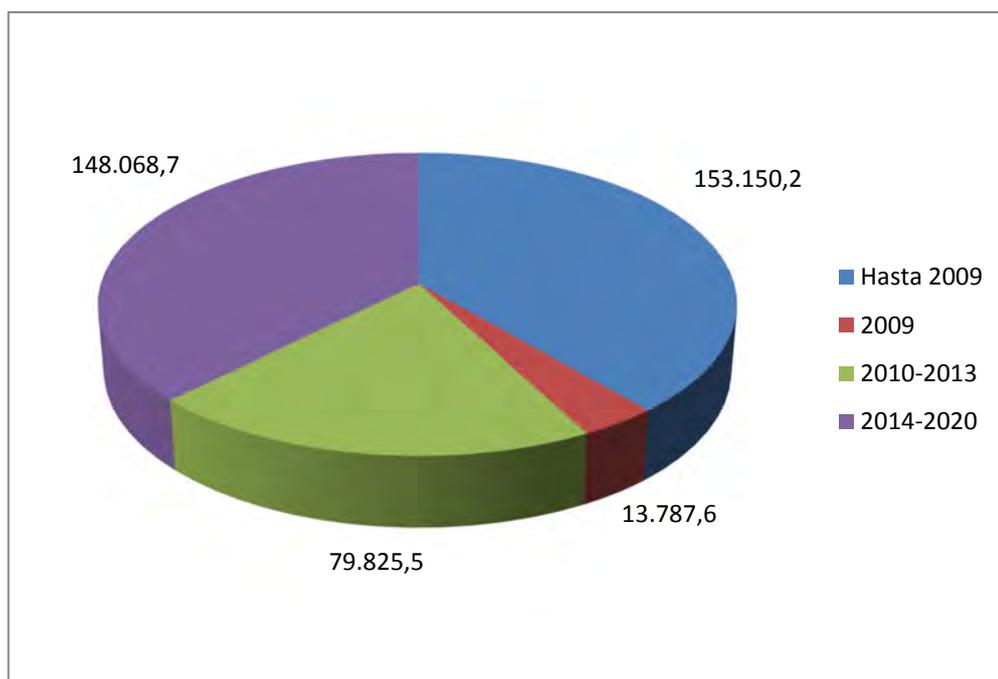
En el Gráfico número 3 se muestra el estado de construcción en el que se encuentra cada uno de los proyectos prioritarios. Aparecen con una barra totalmente en verde aquellos ya finalizados. El nivel de desarrollo es muy dispar, si bien puede concluirse que la mayor parte de los proyectos se encuentra o bien finalizados o bien en fase de construcción, en el momento de la publicación de la fuente referida.

Respecto al presupuesto destinado se estimó en unos 400.000 millones de euros hasta 2010, a cargo de los Estados y de los fondos públicos comunitarios. En el segundo de los casos hay que destacar que con la firma del Tratado de Maastricht (1992) y la cumbre de Edimburgo (1993), se han establecido nuevos instrumentos financieros unidos a los ya existentes Fondos Estructurales (Fondo Social Europeo y Fondo de Desarrollo Regional). Actualmente se dispone de una gran multiplicidad de instrumentos a considerar para el sector del transporte:

- Fondo de Cohesión: se crea en virtud del Tratado de Maastricht y se benefician de él los países con producto interior bruto menor al 90 % de la media comunitaria. La tasa de cofinanciación puede elevarse hasta el 85 %.
- Presupuesto de la Red Transeuropea de Transporte (Línea TEN): se crea en 1994 y se aplica fundamentalmente a los proyectos prioritarios, especialmente si se trata de salvar barreras naturales, tramos transfronterizos, etc. Todos los Estados comunitarios pueden beneficiarse de ella a través de ayudas a estudios o cofinanciación de las aportaciones públicas de los Estados, entre otros.
- Fondo de Desarrollo Regional (FEDER): se crea en 1975 y se destina a los proyectos de desarrollo regional, como por ejemplo los relativos a la Red Transeuropea de Transporte. Se benefician de él las regiones cuyo producto interior bruto es inferior al 70 % de la media comunitaria (regiones Objetivo 1). La tasa de cofinanciación se sitúa entre el 25 % y el 50 % (López, 2011).
- Instrumento de Ayuda de Preadhesión (IPA): establecido a partir del Reglamento 1085/2006 (CE).
- Créditos del Banco Europeo de Inversiones (BEI).
- Garantías financieras del Fondo Europeo de Inversiones (FEI): surgido a partir de la cumbre de Edimburgo.
- Fondos de capital-riesgo (Joint venture): creados a través de las mencionadas garantías del FEI.

Además de estos instrumentos públicos, se favorece la participación privada a través de las asociaciones mixtas público-privadas (APP), aunque ello no implica la privatización del servicio público, pudiendo éste último continuar siendo el titular de una determinada infraestructura. Como indican Dutzik et al. (2011), estas asociaciones no son la “panacea”, pero sí son herramientas útiles para utilizar en determinadas condiciones y con las protecciones adecuadas para el interés público.

Gráfico 4. Inversión global en Proyectos Prioritarios de la Red Transeuropea de Transporte (MII/€)



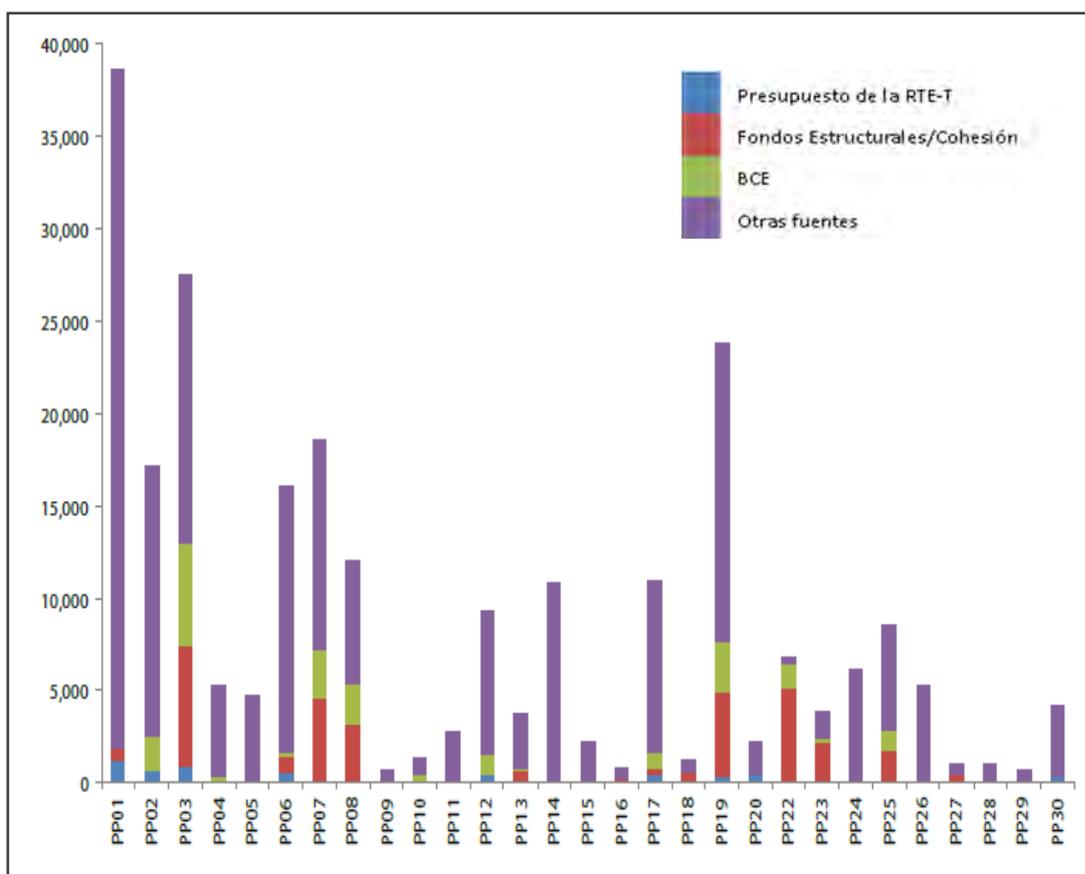
Nota: Incluye la inversión de los Estados miembros, presupuesto de la Red Transeuropea de Transporte, Banco Central Europeo, Fondos Estructurales, Fondos de Cohesión y otras fuentes (por ejemplo contribuciones del sector privado), excluido el Proyecto Prioritario nº 21.

Fuente: Elaboración propia a partir del Transeuropean Transport Network, Progress Report 2010

Como se aporta en el Gráfico número 4, el programa de distribución de la inversión por periodos temporales es bastante equitativo: hasta 2008 (inclusive), le corresponde el 38,8 % de la inversión. Para el quinquenio 2009-13, el 23,6 %. El restante 37,6 % corresponde a las inversiones a realizar a partir de 2014. No es tan equitativo el reparto según los Proyectos Prioritarios, aunque puede resultar lógico debido a su diferente naturaleza y envergadura (ver Gráfico número 5).

Si se subdivide la inversión destinada a estos Proyectos por modos de transporte, la preponderancia del ferrocarril es significativamente superior a la cuantía destinada en los Proyectos de Essen, de tal forma que el 85,15 % del coste de la Red Transeuropea de Transporte corresponde a actuaciones para ferrocarril, el 10,07 % para carreteras, el 1,12 para canales interiores de agua, el 1,19 % para aeropuertos, el 2,23 % para puentes de ferrocarril y carretera y el 0,24 % para puertos (Russiñol, 2008).

Gráfico 5. Fuentes de inversión según Proyectos Prioritarios de la Red Transeuropea de Transporte (%)



Notas: Incluye la inversión de los Estados miembros, presupuesto de la Red Transeuropea de Transporte, Banco Central Europeo, Fondos Estructurales, Fondos de Cohesión y otras fuentes (por ejemplo contribuciones del sector privado), excluido el Proyecto Prioritario 21.

Fuente: Elaboración propia a partir del Transeuropean Transport Network, Progress Report 2010

En abril de 2004 la Decisión 1692/96/CE fue modificada nuevamente. El retraso evidenciado en la ejecución de los proyectos provocó la ampliación para 2020 del plazo de algunos de ellos. Esta demora implicó a su vez un aumento en la demanda de presupuesto, pasando de los 400.000 millones de euros iniciales hasta los 600.000 millones de euros, hasta 2020 (VV.AA., 2004), lo que constata el fracaso en la estimación prevista para 2010, teniendo en cuenta además la dificultad añadida por causa del aumento del 50 % de dicho importe.

Además de la cuestión financiera, existe otro problema adicional y es que cada Estado suele priorizar en muchas ocasiones actuaciones a menor escala (regional o local), las cuales suelen ser operaciones más económicas y rápidas a la hora de su ejecución, por no hablar de la dicotomía existente entre los presupuestos de muchos países. Al recaer fundamentalmente en los Estados la responsabilidad de ejecutar estos proyectos, todo ello provoca la ralentización a la hora de su financiación, construcción y puesta en servicio.

En 2005 pese a toda la problemática expuesta, la Comisión adoptó la decisión de crear un nuevo Grupo de Alto Nivel con objeto de estudiar "la extensión de los principales ejes transeuropeos de transporte hacia las regiones y países vecinos". Su presidencia recayó en la ex-comisaria española de transportes Loyola de Palacio.

La misión del Grupo De Palacio no consistía por tanto en la reforma de la Red Transeuropea de Transporte, sino en la mejora de las comunicaciones entre los Estados miembros y el norte de África, lo que generó opiniones encontradas en diferentes foros, debido particularmente a la no inclusión del Corredor Mediterráneo de transportes como eje prioritario, según indican Boira (2007) y Muñoz (2012).

Volviendo a los proyectos definidos por el Grupo Van Miert y ratificados en 2004, la Comisión elaboró una comunicación al respecto en 2007¹⁸. En este documento se hace un balance del estado de implementación de los proyectos en 2006. Concretamente, se afirma que:

- La realización de los treinta proyectos prioritarios de transporte ha experimentado retrasos en relación con los calendarios iniciales.
- Las nuevas infraestructuras requeridas, muy costosas, no han contado con recursos suficientes.
- La red sigue incompleta y serán necesarios aproximadamente 160.000 millones de euros de inversión para financiar tan solo los proyectos prioritarios en la programación financiera 2007-2013.

En 2009 la Comisión elaboró una nueva comunicación por la que se publica un Libro Verde relativo a la Red Transeuropea de Transporte, con objeto de revisar la política llevada a cabo en esta materia hasta la fecha (COM, 2009, 44).

Este documento contiene cierta autocrítica con respecto a los resultados obtenidos hasta el momento en cuanto a la ejecución de proyectos dentro de la Red. Se afirma que los objetivos sólo se han logrado parcialmente y que es conveniente reforzar su papel dentro de la Agenda de Lisboa.

Se incluyen medidas como la evaluación de la Red Transeuropea de Transporte ante el cambio climático y la búsqueda de métodos para aumentar la resistencia de las infraestructuras frente al clima. Otro tipo de medidas son las enfocadas hacia la gestión de la demanda de transporte, constatándose su relevancia a nivel político, aunque no lo es tanto y debe serlo a nivel de la planificación de las infraestructuras.

La revisión no se limita exclusivamente a esos términos, sino que va más allá, afectando al propio sistema para el desarrollo futuro de la Red Transeuropea. Esto se debió a que la impresión general obtenida tras la revisión era que la política llevada a cabo hasta ese momento no había alcanzado sus objetivos por no existir una auténtica visión de conjunto, tratándose más bien de actuaciones superpuestas e inconexas (Zaragoza et al., 2012).

La Comisión inició una consulta pública para debatir sobre la metodología de planificación de la Red Transeuropea de Transporte y sentar las bases de su política a medio y largo plazo. Para ello, se barajaron tres posibles opciones:

- a) Mantener la estructura actual de dos niveles, con una red global y una lista de proyectos prioritarios (no relacionados).
- b) Reducir la Red a un sólo nivel de proyectos prioritarios, posiblemente conectados dentro de una red prioritaria. La idea es evolucionar del concepto de "proyectos prioritarios" al de "redes prioritarias", como factor generador de valor añadido europeo y de aumento de la eficiencia en el transporte, sobre una base co-modal (concepto que aparece ya en el documento de revisión del Libro Blanco, en 2006). Se combinarían proyectos de infraestructura a diferentes escalas, lo que reforzaría su visibilidad sobre

¹⁸ COM (2007), 135. "Redes transeuropeas: hacia un enfoque integrado".

el territorio y los beneficios al conjunto de la población, hecho que hasta ahora no se ha producido al nivel esperado, como ya se ha expuesto.

c) Estructura de dos niveles, con una red global y una red básica, que comprenda una red prioritaria, definida geográficamente y un pilar conceptual, entendiendo así el desarrollo de la Red Transeuropea de Transporte desde una perspectiva más empresarial y orientada a las necesidades del mercado, con un carácter integrador entre la política de transporte y la infraestructura de transporte. Dicha red global haría referencia a planes generales para las redes de ferrocarril, carreteras, vías navegables, transporte combinado, aeropuertos y puertos¹⁹.

Los resultados de la consulta pública efectuada fueron publicados en la Comunicación de la Comisión (COM, 2010, 212). La gran mayoría de partes interesadas, así como instituciones y órganos consultivos de la Unión Europea apostaron por el sistema de dos niveles, con una red principal y una red global.²⁰

También en el año 2010 el Parlamento y el Consejo publican la Decisión 661/2010/UE, de 7 de julio, para redefinir las orientaciones de la Red Transeuropea de Transporte. Con este documento queda derogada la anterior Decisión 1692/96/CE, si bien los objetivos fijados son prácticamente idénticos a los de su predecesora. Reseñar únicamente los siguientes rasgos diferenciadores:

a) En el primer punto (garantizar la movilidad en el espacio comunitario), se añade el término "sostenible".

b) Tras la detección de cuellos de botella y principales corredores, se aboga por la creación y el desarrollo de enlaces e interconexiones clave, para eliminar así los puntos de estrangulamiento y las congestiones, facilitando las comunicaciones transfronterizas.

En esta Decisión no se alude a las opciones barajadas en el Libro Verde de 2009 respecto al futuro desarrollo de la Red Transeuropea de Transporte, ni a los resultados de la consulta determinados en la COM (2010) 212, expuestas anteriormente, respecto a la creación de una red o redes prioritarias de transporte, sino que se centra en potenciar la financiación y ejecución de los proyectos de interés común, también denominados "de interés europeo" o "prioritarios".

En 2011 se publicaron dos documentos de vital interés en esta materia, como son el Libro Blanco de Transportes de 2011 y la Propuesta de Reglamento 650/2011²¹, éste último cristalizará en el posterior Reglamento (UE) 1315/2013, de 20 de diciembre de 2013²². Su importancia radica en que definen una estrategia para la Red Transeuropea de Transporte hasta 2030/2050 (Martín, 2013). Esta estrategia se expone en los siguientes párrafos:

En dichos documentos se reitera el compromiso de concentrar la actuación europea en los componentes de la red de transporte con el mayor valor añadido (enlaces transfronterizos pendientes, puntos de conexión intermodal y principales cuellos de

¹⁹ COM (2009): "Libro Verde. Red Transeuropea de Transporte: Revisión de la política. Hacia una Red Transeuropea de Transporte mejor integrada al servicio de la política común de transportes". (COM, 2009, 44) de 4 de febrero de 2009, Comisión Europea, Bruselas.

²⁰ (COM, 2010, 212), 4 de mayo de 2010, sobre la Consulta relativa a la futura política de la Red Transeuropea de Transporte. Comisión Europea. Bruselas.

²¹ Decisión 650/2011, de 19 de octubre de 2011, sustitutiva de la Decisión 661/2010/UE. Parlamento Europeo y Consejo. Bruselas.

²² Con dicho Reglamento se derogó la Decisión 661/2010/UE, y fue modificado posteriormente por el Reglamento (UE) 473/2014, de 17 de enero de 2014.

botella), así como en la reducción de un 60 % la emisión de Gases de Efecto Invernadero hasta 2050 y la integración de las normas nacionales de funcionamiento de los respectivos sistemas de transporte para favorecer la interoperabilidad.

En consonancia con estos objetivos, la Comisión ha propuesto la creación de un mecanismo denominado "Conectar Europa"²³. En la Comunicación que publicó al respecto dicho organismo (COM (2013) 940) se explicita que este mecanismo se dota de un fondo único de 26.250 millones de euros para el periodo 2014-2020, incluyendo 11.305 millones de euros destinado a aquellos Estados que puedan acogerse al Fondo de Cohesión (Comisión Europea, 2013).

Los objetivos que fija el anterior Reglamento hacen referencia a las cuatro categorías siguientes:

- Cohesión. Pretende conseguirse a través de una mayor accesibilidad y conectividad de todas las regiones europeas, reducción de las diferencias de calidad de las infraestructuras entre los Estados miembro, interconexión entre las infraestructuras de transporte para todos los tipos de tráfico, y unas infraestructuras que abarquen de forma equilibrada a todas las regiones.
- Eficiencia. Para ello es necesario eliminar los cuellos de botella y construcción de enlaces pendientes, interoperabilidad de las redes nacionales, intermodalidad y fomento de un transporte más eficiente.
- Sostenibilidad. Mediante el desarrollo coherente de todos los modos, la contribución a los objetivos de un transporte con bajas emisiones, menores costes externos y mayor protección al medioambiente.
- Aumento de los beneficios para los usuarios. Se pretende satisfacer las necesidades de movilidad y transporte, con alta calidad, apoyando la movilidad y estableciendo requisitos para las infraestructuras, que aseguren calidad, eficiencia y sostenibilidad, y mejorando la accesibilidad para las personas de movilidad reducida, ancianos y discapacitados.

Los objetivos son por lo tanto muy similares a los indicados en anteriores documentos. Lo que sí supone una novedad es que se producen cambios importantes en la estructura de la Red Transeuropea de Transporte. Se determina que la futura Red se estructure en un sistema de doble capa, con una red principal y una red global. La diferenciación conceptual no queda suficientemente clara al comparar la Propuesta de Reglamento y el Libro Blanco. Concretamente en la Propuesta se distingue red básica y red principal. La red básica se identifica con la red global, y se compone de toda la infraestructura existente y planificada que cumple los requisitos de las orientaciones. También puede ser entendida como aquella red derivada en gran parte, de las redes nacionales correspondientes. La red principal está superpuesta a la anterior y se compone de sus segmentos más importantes desde un punto de vista estratégico²⁴.

En la Propuesta al hablarse de la red principal, se alude a la coherencia de sus contenidos respecto al Libro Blanco indicando la sección a consultar²⁵. En dicha sección

²³ Desarrollado en la Comunicación (COM (2011) 500), de 29 de junio de 2011, de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: un presupuesto para Europa 2020; así como el Reglamento (UE) 1316/2013, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2013, modificado posteriormente por Reglamento (UE) 275/2014, de 7 de enero de 2014.

²⁴ Propuesta de Reglamento 650/2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de octubre de 2011. Apartado 1.3.

²⁵ COMISIÓN EUROPEA (2011): "Libro Blanco. Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de

del Libro se habla de red básica y no de red principal. Esta incoherencia dificulta el entendimiento del sistema de redes establecido para el futuro de la Red Transeuropea de Transporte.

Para obtener una visión más clarificadora, parece oportuno precisar dos conceptos: red global y red principal. La primera de ellas es la que queda reflejada en la Propuesta, a niveles más generales y con un horizonte de finalización previsto para 2050. Como red principal entenderemos la red básica expuesta en el Libro Blanco de Transportes de 2011.

Este Libro Blanco alude también a la necesidad de una red principal, tanto para mercancías como para pasajeros (Artículo 50), la cual debe garantizar conexiones multimodales eficientes entre las capitales y otras ciudades importantes de la Unión Europea (Artículo 53). El horizonte de finalización está previsto para 2030 (Zaragoza et al., 2012). No será fácil de cumplir, tanto por plazos como por recursos. De hecho, en este documento ya se anuncia que la puesta en servicio de los proyectos requerirá un elevado esfuerzo de financiación. En el Artículo 55 se calcula una inversión estimada en 550.000 millones de euros hasta 2020, excluyendo las inversiones en vehículos, equipos y la tarificación de las infraestructuras, que pueden representar un billón de euros adicional. Por ello, se pretende también fomentar un mayor compromiso del sector privado y las asociaciones público-privadas en general.

El instrumento marco para la realización de la red principal son los denominados “corredores”, incluidos en el anexo de la Propuesta, y que deberán diseñarse a partir de los corredores ferroviarios de mercancías creados de conformidad con el Reglamento (UE) 913/2010, del que se ampliará información en el apartado 3.1.4, así como del Plan de Despliegue Europeo del ERTMS o sistema de gestión del tráfico ferroviario europeo. Dicho Plan fue previsto en la Decisión de la Comisión 2009/561/CE, de 22 de julio de 2009, por la que se modifica la Decisión 2006/679/CE en lo referente a la especificación técnica relativa al subsistema de control, mando y señalización del sistema ferroviario transeuropeo convencional (Muñoz, 2012).

Dichos corredores abarcarán, en principio, tres modos de transporte y atravesarán, al menos, tres Estados miembro. De esta manera, se crea una red de transporte multimodal formada por diversos corredores (ver Mapa número 5). Su implementación será auspiciada por un coordinador europeo, figura introducida a partir del informe del Grupo Van Miert, como ya se indicó, y el desarrollo de su ejecución se basará en planes plurianuales. Estos planes proporcionarán información relativa tanto a las inversiones a acometer, como a las mejoras a realizar a corto plazo.

Sobre la sostenibilidad, existe una iniciativa destacable: “garantizar que las infraestructuras de transporte subvencionadas por la Unión Europea consideren las necesidades de la eficiencia energética y el cambio climático” (Comisión Europea, 2011). Así, se reitera la idea ya incluida en anteriores documentos (Libro Verde de 2009, etc.)

Mapa 5. Corredores de la red principal, en conformidad con el artículo 44, apartado 2, del Reglamento sobre la Red Transeuropea de Transporte



Fuente: Elaboración propia a partir de la Comunicación 940, del 7 de enero de 2014. Comisión Europea, Bruselas

3.1.4. Red Transeuropea de Transporte y sector ferroviario

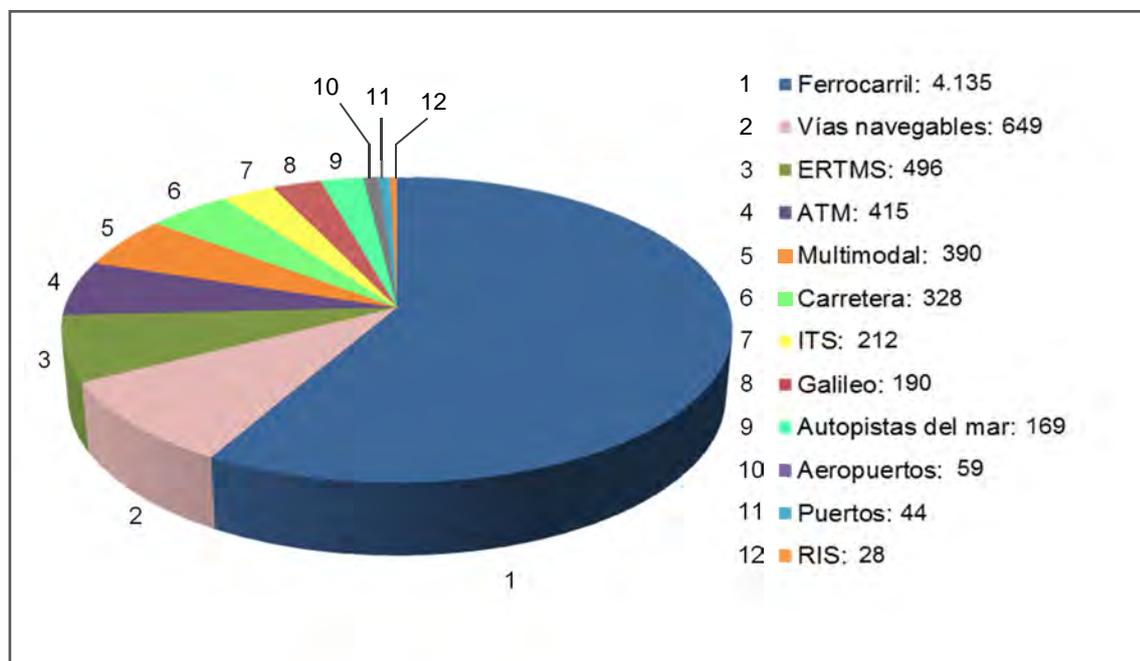
La estrategia que se sigue en el sector ferroviario presenta numerosas líneas comunes a la de la política europea de transportes de carácter general.

En la propia página web de la Unión Europea se indica ya que las redes ferroviarias han seguido lógicas nacionales a la hora de definir su trazado y que, por ello, deben adoptarse las políticas y medidas necesarias para la adaptación a la realidad del Mercado Único (http://europa.eu/legislation_summaries/transport/rail_transport/index_es.htm).

El ferrocarril marca las líneas directrices en la política europea de transporte, y más en concreto en las sucesivas listas de proyectos de transporte elaborados a nivel comunitario. Diez de los catorce proyectos de Essen corresponden con el ferrocarril (el 71 %), y veintidós de los proyectos de la lista de Van Miert, sobre un total de treinta, lo que representa un 73 %.

De igual forma los porcentajes relativos a la inversión marcan también una clara diferencia a favor del ferrocarril respecto al resto de modos de transporte, tal y como se muestra en el Gráfico número 6:

Gráfico 6. Presupuesto de la Red Transeuropea de Transporte (2007-2013), según categoría del proyecto (MII/€)



Fuente: Elaboración propia a partir del Transeuropean Transport Network, Progress Report, 2012

Además del ERTMS, el resto de siglas incluidas en el gráfico hacen referencia a los siguientes conceptos:

- ATM: *Air Traffic Management* (Gestión del Tráfico Aéreo).
- ITS: *Intelligent Transport System* (Sistema de Transporte Inteligente).
- RIS: *River Information Services* (Servicio de Información de Ríos).

Resulta evidente que el ferrocarril es protagonista tanto por el número de proyectos asociados como por las inversiones previstas. Es una apuesta decidida por su desarrollo y por convertirlo en el modo rector de la política de transporte de la Unión Europea, a través del cual se pretende integrar a las áreas más periféricas y dotar de mayor cohesión territorial a todo el conjunto.

Para el resto de modos se destinan unas partidas presupuestarias mucho menores. Para el transporte marítimo se contemplan unas inversiones en torno al 20 % de lo fijado para ferrocarril, si se suman las cuantías de vías navegables, autopistas del mar y puertos (862 millones de euros). Los datos relativos al transporte por carretera y sobre todo al aéreo son muy bajos. Para la carretera se ha cifrado en 328 millones de euros (7,93 %), mientras que para el transporte en avión se reduce a 59 millones de euros (1,42 %).

3.1.4.1. Objetivos

Los objetivos que contempla la política europea en materia ferroviaria son los que a continuación se indican:

- Creación de un espacio ferroviario europeo único.
- Proseguir la integración del sistema ferroviario europeo: el tercer paquete ferroviario.

- Revitalización de los ferrocarriles: el Libro Blanco.
- Adhesión a la Organización Intergubernamental para los Transportes Internacionales por Ferrocarril (OTIF).

También se hace mención a la voluntad de aplicar una política de armonización de los derechos de los pasajeros y de las condiciones de trabajo siguiendo la lógica del mercado interior.

Cada uno de dichos objetivos será analizado de forma pormenorizada, aunque no se trata de compartimentos estancos puesto que todos ellos están muy relacionados entre sí.

a) Creación de un espacio ferroviario único

La estrategia a desarrollar para la creación de un espacio ferroviario único europeo se presenta en la Comunicación de la Comisión de 17 de septiembre de 2010 (COM, 2010, 474).

Puede entenderse como el objetivo clave de la política ferroviaria europea, ya que para su ejecución, en dicha Comunicación se expresa la necesidad de fomentar la interoperabilidad, reforzar las conexiones transfronterizas y crear un espacio ferroviario abierto.

El citado documento comienza expresando la necesidad de aumentar las inversiones en el sector ferroviario frente a la carretera, tanto para el mantenimiento de los trazados ya existentes como para la construcción y puesta en funcionamiento de otros nuevos.

Este objetivo también es explicitado en el Libro Blanco de 2011, como se mostrará más adelante, en el punto c del comentario.

De igual forma se indica que los organismos públicos competentes en la materia deben posibilitar las condiciones más favorables para hipotéticas inversiones privadas, a través de la oferta de un entorno financiero más seguro y con importantes incentivos.

Otro punto destacado es la mejora de la competitividad del transporte de mercancías, a través del fomento y control de su calidad. Dichas metas se explicitan en la Comunicación de la Comisión de 8 de septiembre de 2008 (COM, 2008, 536).

Respecto a la apertura del mercado ferroviario, esta Comunicación indica algunas determinaciones si bien han sido incluidas en el siguiente punto, para así tener una visión más integral del objetivo de la liberalización del mercado ferroviario.

Un último apartado al que hace referencia es la supresión de obstáculos administrativos y técnicos, mediante la adopción de Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (ETI).

En 2012 se elabora una nueva Directiva (2012/34/UE), para seguir impulsando el espacio ferroviario único. Concretamente se establecen:

- Las normas aplicables a la administración de infraestructuras ferroviarias y a las actividades de transporte por ferrocarril, de las empresas ferroviarias establecidas o que se establezcan en un Estado miembro.
- Los criterios para la concesión, renovación o modificación, por un Estado miembro, de las licencias destinadas a las empresas ferroviarias que estén establecidas o se establezcan en la Unión Europea.
- Principios y procedimientos aplicables para la determinación y percepción de cánones por la utilización de infraestructuras ferroviarias y para la adjudicación de capacidad de las mismas.

Su ámbito de aplicación son las infraestructuras ferroviarias tanto para servicios nacionales como internacionales.

Esta Directiva que entró en vigor el 15 de diciembre de 2012, indica que sólo podrá existir un único organismo regulador ferroviario en cada Estado miembro, con autonomía jurídica respecto a otros organismos públicos y privados, contando con suficientes recursos personales, capacidad de incorporar y contratar personal, así como con recursos materiales en relación con la importancia de la red que supervisa²⁶.

b) El transporte ferroviario y su liberalización

Este apartado se aborda con una perspectiva diacrónica, mediante un recorrido histórico breve en cuanto al número de años contemplados, pero intenso en cuanto a planteamientos, propuestas y volumen de documentación generado.

Remontándose a los años ochenta del siglo pasado, ya desde 1985 se considera prioritario el transporte ferroviario. Entre los motivos que lo justifican, destacan los siguientes:

- Era el modo de transporte que contaba con menor número de innovaciones técnicas y tecnológicas.
- Era el modo que contaba aún con fuertes medidas proteccionistas por parte de los diferentes Estados europeos.
- El aumento de la movilidad que se estaba produciendo gracias a diferentes innovaciones, que posibilitaron el desplazamiento a una mayor distancia espacial sin que ello supusiese un aumento en el tiempo requerido, no afectó en exceso al ferrocarril. Esto provocó que el transporte ferroviario se fuera convirtiendo en un modo marginal.
- Puede constituir, especialmente la alta velocidad, un estímulo al crecimiento económico, en un contexto caracterizado por el aumento de la movilidad (Inglada, 2005).

Así pues, es de vital importancia tener en cuenta el proceso de liberalización en el que se han visto inmersos los diferentes modos de transporte, y más en concreto el ferrocarril.

Como se ha expuesto con anterioridad, ya en los Tratados de Roma se señala la necesidad de fijar como objetivo la liberalización del transporte, si bien en el caso ferroviario dicha meta sigue en desarrollo.

La Comisión Europea ha elaborado una serie de directivas tendentes a una progresiva liberalización del sector y acercarla a la situación actual existente en otros medios de transporte, como por ejemplo el aéreo. En este sector las normas desregulatorias aplicadas han ido modificando las estructuras empresariales y las normas de competencia, que han ido repercutiendo en una oferta de servicios aéreos mayor (incremento en el número de rutas y horarios menos restrictivos) y con tarifas más reducidas (Antón y Córdoba, 1994).

Volviendo al ferrocarril, muchas de las directivas anteriormente señaladas se integran en sucesivos “paquetes de liberalización”, que se expondrán posteriormente.

La norma básica liberalizadora es la Directiva 91/440, de 29 de julio de 1991, sobre el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios, la cual fue desarrollada por las respectivas Directivas 18/95 y 19/95 (Cascales, 2005). Todas ellas han sido modificadas posteriormente, del modo siguiente:

- Directiva 91/440: modificada por las Directivas 2001/12 y 2004/51.
- Directiva 95/18: modificada por la Directiva 2001/13.

²⁶ Directiva 2012/34/UE, Capítulo IV, Sección 4, Artículo 55

- Directiva 95/19: derogada por la Directiva 2001/14.

La Directiva 91/440 constituye el punto de origen legislativo de una política común europea en el sector ferroviario y sienta las bases para la apertura del mercado de dicho sector, ya que hasta ese momento todas las empresas ferroviarias de la Unión Europea eran nacionales, realizaban una gestión monopolística y tenían una gran dependencia de cada Estado (VV.AA., 2006).

Dicho documento obliga a la apertura de ciertas áreas del mercado ferroviario a través de - entre otras - las siguientes medidas:

- Separación entre gestión de la infraestructura, con el control de circulación, mantenimiento y seguridad a cargo del Estado, y explotación de los servicios de transporte a cargo de empresas de transporte, públicas o privadas.
- Promover la creación de contratos de servicio público entre los Estados y las compañías para la regulación de algunas actividades.
- Garantizar por parte del Estado el libre acceso y tránsito a las empresas ferroviarias para la prestación de servicios.
- Establecer la autonomía en la gestión de las empresas ferroviarias.

La Directiva 91/440 entró en vigor en 1993. En junio de 1995 fue modificada por lo dispuesto en dos nuevas directivas: 95/18 y 95/19. La primera de ellas fija los criterios de concesión de las licencias a las empresas ferroviarias. Por su parte, en la segunda se incluyen las reglas para la asignación de la capacidad de infraestructura, cobro de cánones, etc.

El primer Paquete Ferroviario lo constituyen tres Directivas: 2001/12/CE, 2001/13/CE y 2001/14/CE. Modifican o bien amplían las tres Directivas anteriores y tienen un alcance esencial puesto que abren a la competencia el transporte de mercancías.

Existe además la Directiva 2001/16/CE, relativa a la interoperabilidad del sistema ferroviario convencional, con la que se pretende favorecer las conexiones para el transporte internacional de mercancías. A esta Directiva se hará referencia más adelante.

La Comisión presentó en enero de 2002 un nuevo bloque de medidas apoyadas en las orientaciones del Libro Blanco de 2001, destinadas a favorecer la creación de un espacio ferroviario integrado a nivel europeo.

El segundo Paquete Ferroviario está compuesto por las Directivas 2004/49/CE (seguridad en los ferrocarriles), 2004/50/CE (interoperabilidad), 2004/51/CE (apertura de los mercados) y el Reglamento 881/2004 (CE), por el que se establece la Agencia Ferroviaria Europea. Su cometido fijado fue el de proporcionar el apoyo técnico necesario para lograr un espacio ferroviario europeo sin fronteras y con un alto nivel de seguridad (Domenech, 2008).

De igual forma que sucede con las correspondientes al primer paquete, éstas amplían o modifican lo contenido en otras Directivas. La primera de ellas (2004/49/CE) modifica a las Directivas 95/18 y 2001/14/CE, mientras que la 2004/50/CE modifica a la Directiva 2001/16/CE, al objeto de extender la interoperabilidad a todo el sistema ferroviario.

La 2004/51/CE vuelve a modificar la 91/440, sobre el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios. Concretamente, establece que los servicios de transporte ferroviario internacional de mercancías quedarán liberalizados antes de 2006 y propone la apertura del mercado de viajeros para 2010.

En relación a este segundo paquete también hay que incluir la Directiva 2005/47, relativa a las condiciones laborales de los trabajadores móviles.

Como se deduce del contenido de las Directivas aprobadas hasta ese momento, lo que primero se pretende liberalizar es el transporte de mercancías para posteriormente pasar al de viajeros. Sobre la liberalización del transporte de pasajeros deben hacerse algunas consideraciones, puesto que su apertura presenta numerosas dificultades específicas:

1. Señalar la gran segmentación que caracteriza a este sector, es decir, no constituye un mercado homogéneo. La mayor parte de los viajes se dan en desplazamientos urbanos, suburbanos y regionales.
2. Existe un gran contraste en cuanto al desarrollo de la alta velocidad en la Unión Europea según diferentes países. Es importante indicar que no todos los países miembros han notificado la incorporación de las presentes Directivas en sus respectivos sectores ferroviarios.
3. En relación con lo anterior, debe valorarse la existencia de unas poderosas organizaciones estatales que disponen de la mayoría de los medios humanos, los materiales homologados y el mercado actual del transporte ferroviario.

Puede afirmarse que los países miembros tienen un interés dispar a la hora de acelerar el proceso de liberalización del transporte en tren. Sobre esta base la Comisión propuso la elaboración de una Directiva acerca de la apertura del mercado del transporte de viajeros, en la Comunicación 18, del 23 de enero de 2002.

En marzo de 2004 la Comisión presentó una nueva serie de medidas conocidas como Tercer Paquete Ferroviario, dentro de la comunicación (COM, 2004, 140). Dichas medidas están más orientadas al transporte de pasajeros, para así poder culminar la liberalización de todo el sector.

En septiembre de 2007 el Consejo de Ministros de Transporte de la Unión Europea aprueba este tercer paquete, compuesto por dos Directivas y un Reglamento.

La Directiva 2007/58/CE, sobre el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios, destaca la liberalización internacional del transporte de viajeros por ferrocarril, que debería efectuarse con fecha de 1 de enero de 2010. Dicha Directiva modifica las anteriores 91/440/CE y 2001/14/CE.

Hay que señalar del mismo modo la Directiva 2007/59/CE, sobre certificación de conductores de locomotoras y de trenes.

Este tercer paquete también incluye los siguientes Reglamentos: 1370/2007, sobre los servicios públicos de transporte de viajeros por ferrocarril, 1371/2007, sobre derechos y obligaciones de los viajeros internacionales en ferrocarril, y 1372/2007, relativo a la organización de una encuesta muestral sobre la población activa en la Unión Europea.

Pese a todos estos esfuerzos por dotar de un aparato legislativo a la liberalización del sector ferroviario europeo, sobre todo de pasajeros, como se indica en la Comunicación relativa a la creación de un espacio ferroviario único (COM, 2010, 474), en la actualidad siguen existiendo dificultades a la hora de la liberalización del transporte, especialmente de pasajeros, por ejemplo los complejos trámites burocráticos de acceso al mercado, los altos cánones para el alquiler de material rodante, para la utilización de la infraestructura, el orden de apertura a la competencia de las diferentes rutas de las que se compone una red ferroviaria, la prolongación en el tiempo a la hora de transponer los instrumentos legislativos comunitarios, etc.

En dicho documento se concluye que “la apertura plena del mercado no será una realidad hasta que las empresas ferroviarias europeas puedan proporcionar servicios de transporte nacionales de pasajeros en todo el territorio de la Unión Europea”.

La Comisión presentó a principios de febrero de 2013 una Comunicación (COM, 2013, 25), relativa al establecimiento del cuarto Paquete Ferroviario. En este documento aprobado en febrero de 2014²⁷, se fundamentan tres puntos destacados:

²⁷ Diario El País, sección Economía, 26 de febrero de 2014

Profundizar en la creación del SERA²⁸ o espacio ferroviario único europeo. En este sentido, su principal objetivo es lograr la separación entre gestión de las infraestructuras y la prestación de servicios en aquellos miembros que aún no lo han llevado a cabo.

Señalar la necesidad de proseguir en la apertura del mercado ferroviario de pasajeros.

Seguir avanzando en cuestiones relacionadas con la interoperabilidad y la seguridad en el sector. Se centra así en puntos ya referidos en documentos anteriores de la Unión Europea.

A partir de estas medidas se pretende seguir mejorando la eficiencia del sector, su cuota de mercado, la interoperabilidad entre redes y en general su situación operativa (Comisión Europea, 2014).

Con estas metas la Comisión ha previsto la necesidad de realizar modificaciones legislativas en las Directivas 2012/34/UE, actualmente en vigor, 2008/57/CE (a través de la Directiva 2014/38/UE), y en el Reglamento 1370/2007, aunque no se ha constatado nueva información al respecto.

La lentitud a la hora de llevar a cabo el proceso liberalizador, se debe a un contexto caracterizado por una problemática compleja. Buena parte de los problemas existentes ya referidos siguen existiendo:

- La distinta interpretación que realizan los países de la Unión Europea de las directivas y disposiciones, lo que ralentiza su aplicación.
- Complejidad al asignar los costes externos e internos, y en consecuencia, de fijar unas normas de tarificación eficientes (Palacios, 2011).
- Existencia de importantes barreras a la entrada de nuevos competidores, limitándose en gran medida su número (Ramos, 2002). Existe por tanto un gran desequilibrio entre la gran empresa pública ferroviaria ya consolidada, favorecida por medidas proteccionistas y objeto de importantes subvenciones y el resto de operadores privados.
- Las dificultades de adquisición y homologación del material ferroviario. Limitación de derechos para el acceso a la infraestructura.
- Elevado coste de penetración en el mercado: gastos en operaciones comerciales, administrativos, especialmente los derivados del alquiler o compra de material rodante.
- Falta de interoperabilidad técnica completa y capacidad limitada de vías (Palacios, 2011). Existen diferentes sistemas de electrificación, de señalización, gálibos ferroviarios, material rodante, etc.
- Posible ineficiencia en la prestación de servicios ferroviarios si existen economías de escala.
- Pérdida de las ventajas de las que disfruta un viajero cuando el servicio es prestado por un operador nacional (Ramos, 2002). Debe señalarse que el capital privado busca invertir en proyectos rentables. Por ello utilizará su capital en la prestación de un servicio orientado a una demanda solvente, que se presume capaz de usar dichos servicios regularmente (Capel, 2007). Las inversiones pueden entonces no ir dirigidas a todos los estratos sociales, dificultando la cohesión social y territorial, uno de los objetivos "estrella" de dichos Planes.

Si se analiza la situación a nivel individual, por países miembros, se aprecian diferentes grados de liberalización y también con distintos modelos de servicios de gestión y de prestación de servicios.

Los pioneros en la desregulación de sus respectivos sectores ferroviarios fueron Reino Unido y Suecia, que comenzaron dicho proceso entre finales de los años ochenta y principios de los noventa (Mäkitalo, 2011). Estos países, junto con Alemania, Dinamarca, Países Bajos y Austria disponen de un sector más liberalizado, como se observa en el Gráfico número 7. Cuentan así con el mayor número de empresas

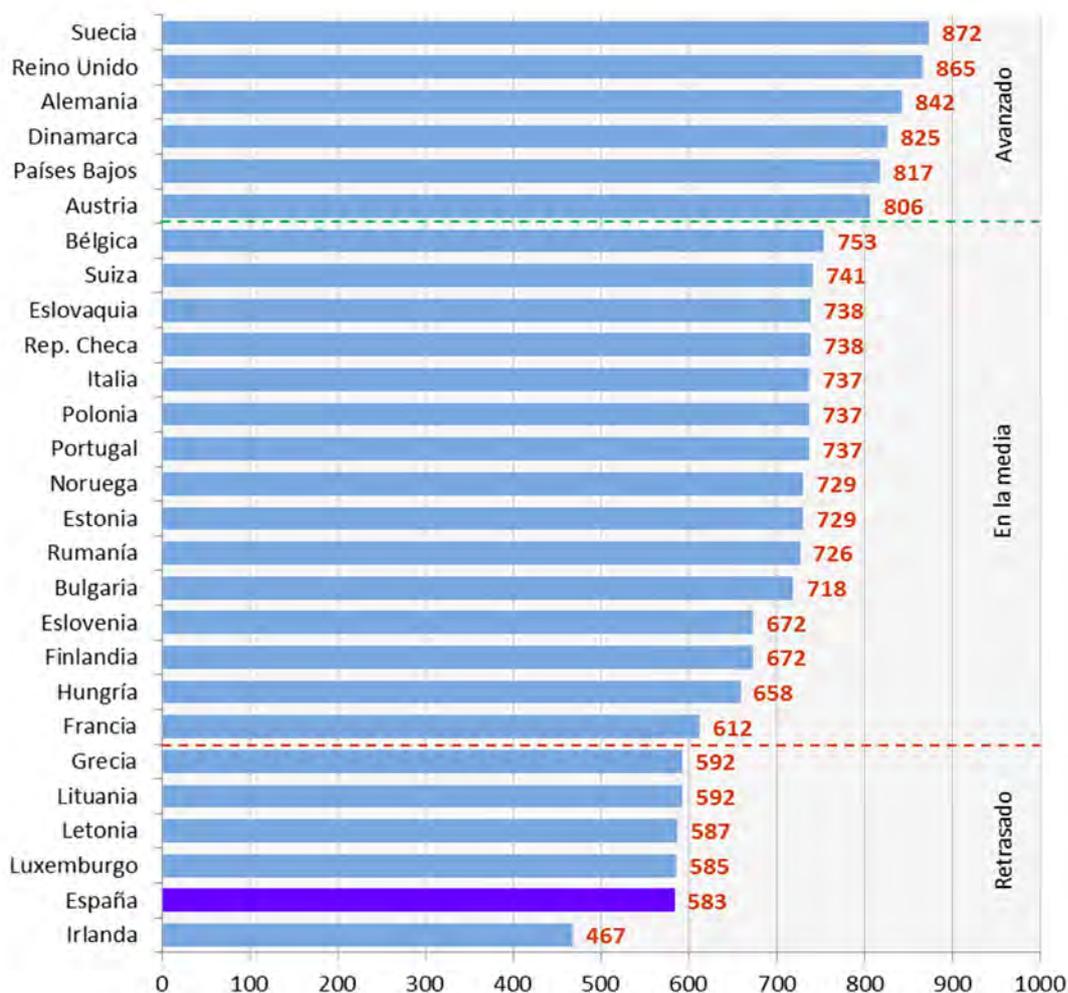
²⁸ *Single European Railways Area* (COM, 2013, 25)

ferroviarias, que además poseen una mayor cuota de mercado en comparación con otros países, ofreciendo buenas condiciones en general a las compañías de nuevo acceso (Palacios, 2011).

En base al Índice de Liberalización Ferroviaria (LIB) se representan los países teniendo en cuenta su grado de apertura comercial. Puede comprobarse esta información en el citado gráfico. Dicho índice presenta información sobre el grado relativo de apertura en los mercados de transporte ferroviarios europeos. Se compone de dos subíndices, relativos a legislación y acceso al mercado respectivamente. Los criterios en los que se basa para el cálculo son las condiciones legales de acceso (competencias de la autoridad reguladora y régimen de acceso al mercado) y condicionantes a nivel práctico: barreras a la información, administrativas, operativas, y cuota de mercado accesible a las empresas externas. Los resultados aportados por cada subíndice se ponderan: un 20 % para el subíndice de legislación y 80 % para el referente a las condiciones de acceso al mercado (Kirchner, 2011).

Llegados a este punto, es pertinente aclarar que los resultados del índice no apuntan a ninguna relación directa entre la posición que ocupa cada país, con el hecho de que la gestión de la infraestructura y los servicios de transporte estén o no separados. Un par de ejemplos ilustrativos son Francia y Alemania, cuyos modelos se exponen brevemente tras el Mapa número 6, relativo a los modelos de separación de los servicios de operaciones e infraestructura.

Gráfico 7. Índice de liberalización ferroviario. Transporte de pasajeros y mercancías. (Puntos)



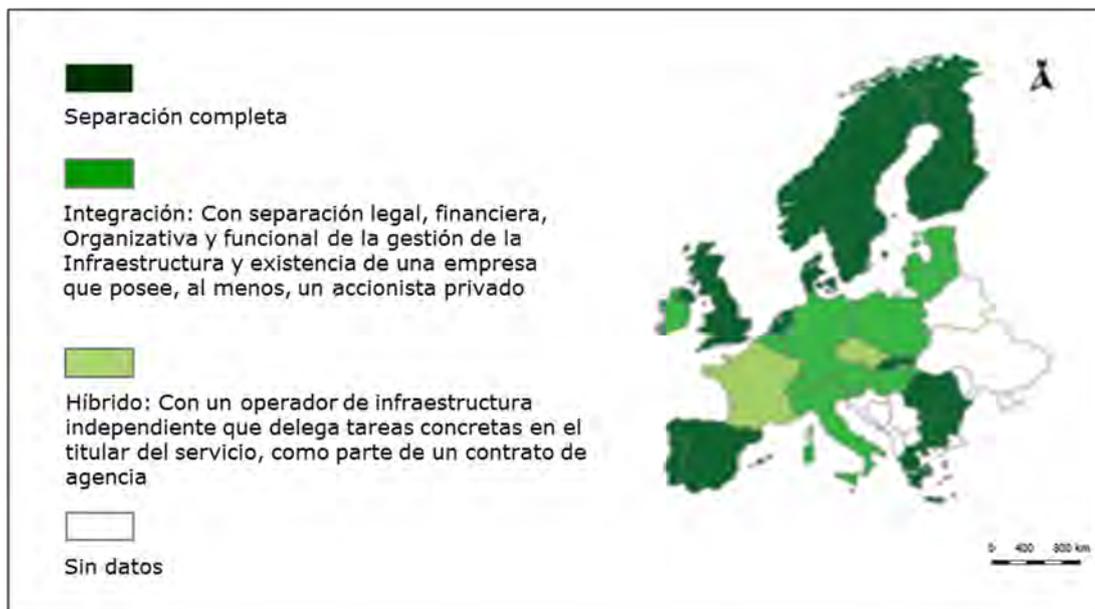
Fuente: Elaboración propia a partir de Kirchner et al., 2011

Por debajo de los 600 puntos, se sitúan los países bálticos junto con Grecia e Irlanda. Especialmente destacado es este último, donde apenas se ha invertido en medidas desreguladoras (Gómez, 2010), situándose por debajo de los 500 puntos.

Por su parte, la evolución de la liberalización ferroviaria a nivel de España se tratará en el apartado 3.2.7.

Existen diferentes modelos de separación de los servicios de operaciones e infraestructura (Ramos et al., 2010). Pueden observarse en el Mapa número 6.

Mapa 6. Modelos de separación de los servicios de operaciones e infraestructura



Fuente: Elaboración propia a partir de Kirchner et al., 2011

En el caso francés el segmento del transporte de pasajeros no está abierto a la entrada de empresas ferroviarias privadas, por lo que continúa siendo exclusivo de la *Société Nationale des Chemins de Fer Français* o Sociedad Nacional de Ferrocarriles Franceses (SNCF). Lo que existe es un sistema híbrido, compuesto por dos compañías: *Réseau Ferré de France* o Red Ferroviaria Francesa (RFF), empresa creada en 1997 y responsable del mantenimiento, desarrollo y valorización de la infraestructura ferroviaria de ese país, y la SNCF que se encarga de su explotación como operador ferroviario y de la gestión de la red de la RFF (Palacios, 2011).

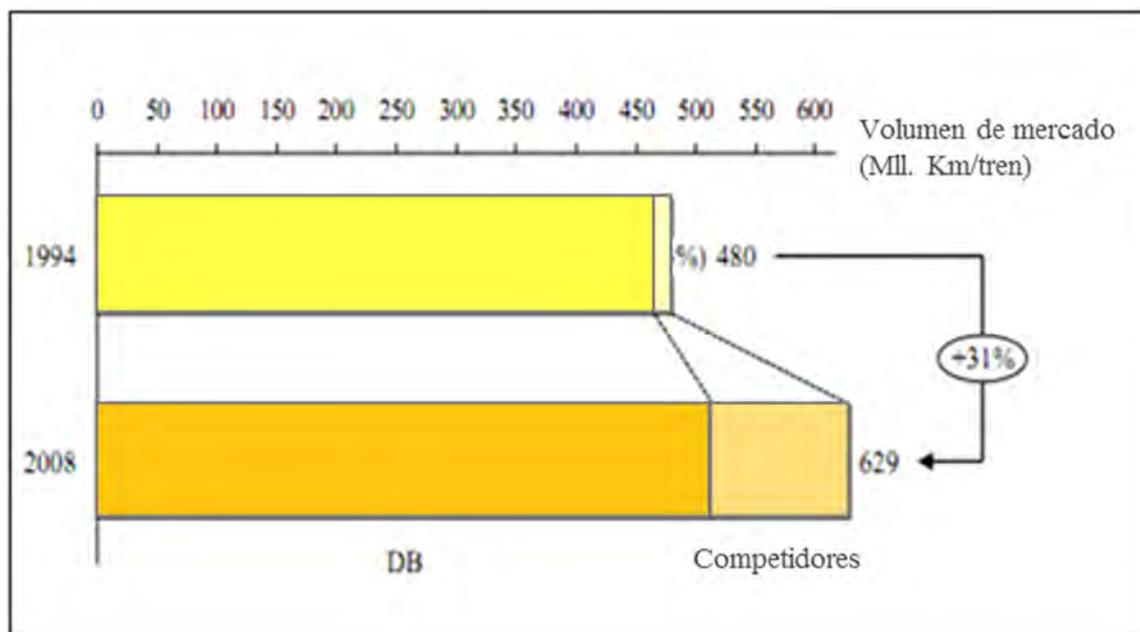
En Alemania la sociedad estatal de ferrocarriles se llama DB AG (*Deutsche Bahn AG*) y se divide en tres grupos operativos independientes, aunque el 100 % de los accionariados pertenecen a la *Deutsche Bahn*: DB Netz AG (infraestructuras y vías), DB Energie GmbH (suministro de energía) y DB Station & Service AG (estaciones/servicio). Como se plasma en el Mapa número 6, Alemania cuenta con un modelo de integración, con separación de la gestión y con la existencia de una empresa que posee, al menos, un accionista privado.

El servicio de transporte ferroviario alemán, tanto de viajeros como de mercancías, se segregó en el holding público *Deutsche Bahn Mobility Logistics AG* (DB ML AG) y engloba numerosas filiales (Palacios, 2011). En 2008 se pretendió dar un paso en la privatización parcial de este holding, si bien a fecha de septiembre de 2013 su único propietario sigue siendo DB AG.

En cuanto al acceso a los diferentes mercados ferroviarios, Alemania presenta una doble estructuración. El acceso al mercado de los servicios de larga distancia es abierto (competitividad dentro del mercado), mientras que en los servicios regionales existen procedimientos de licitación y concesiones directas de los contratos (competitividad para el mercado). En dieciséis de los *lands* existen planes para implantar progresivamente el

segundo sistema en todos los servicios (Beck, 2011). Desde la reforma del sistema ferroviario germano, el incremento del volumen del tráfico (en kilómetros) ha sido del 31 % y el aumento más significativo se produce entre los operadores no DB, pasando de representar un 3 % al 18 % (ver Figura número 7).

Figura 7. Desarrollo del mercado alemán de servicios regionales desde su reforma



Fuente: Elaboración propia a partir de Beck, 2011

c) Los Libros Blancos Europeos de Transporte y el Ferrocarril

En sucesivos Libros Blancos y publicaciones adicionales se establece claramente la apuesta por desarrollar los ferrocarriles comunitarios. En el periodo comprendido entre la elaboración del Libro Blanco de la Política Común de Transporte de 1992 y el de 2001, se elabora un Libro Blanco propio del ferrocarril. Este documento fue presentado a través de la Comisión Europea en la Comunicación 421, de 30 de julio de 1996, la cual viene a reforzar los planteamientos precedentes.

Se señala en ella la necesidad de plantear el reequilibrio de los modos de transporte, haciendo especial hincapié en la revitalización del ferrocarril y en la incentivación del transporte ferroviario de mercancías. Dicho de otra forma, se pretende trasvasar cuota de mercado de mercancías de la carretera a los raíles (Walker et al., 2009).

En esta Comunicación no falta una contextualización y situación previa de partida, en la que se pone de manifiesto que el ferrocarril está en declive y su cuota de mercado a la baja, aunque también se valoran sus potencialidades como modo de transporte, sus posibilidades de mejora y de desarrollo de servicios. Sin embargo para la consecución de estos retos se manifiesta la necesidad de un nuevo tipo de ferrocarril.

Se plantea la posibilidad de reestructurar los ferrocarriles nacionales, separando responsabilidades entre Estado y empresas ferroviarias, además de continuar con el proceso liberalizador.

A escala comunitaria se pretende la supresión de las disfunciones derivadas de la fragmentación territorial de las redes, a través de la progresiva creación de la Red Transeuropea de Transporte.

En el Libro Blanco de Transporte de 2001, vuelve a enfatizarse como primer objetivo el reequilibrio modal del transporte. Esta apuesta debe realizarse en favor del sector portuario y el ferrocarril. De este último, aparte de favorecer el trasvase de mercancías

de la carretera a los raíles, paralelamente se incluyen medidas relativas a infraestructuras ferroviarias, concretamente a la finalización de los llamados *missing links*, que hacen referencia a los problemas de interconexión entre las redes nacionales debido a la falta de enlaces transfronterizos (Gutiérrez, 2004). Esta finalización debe ejecutarse a través de la Red Transeuropea de alta velocidad ferroviaria (Stead, 2001), para así lograr mayores conexiones a nivel europeo a través de este tipo de ferrocarril.

En 2006 la Comisión elabora una Comunicación (COM, 2006, 314), de 22 de junio, en la que se incluye una revisión intermedia de este último documento. Tanto a nivel global del sector transporte como más en concreto a nivel ferroviario, los objetivos y premisas rectoras del Libro Blanco de 2001 e incluso del primer Libro Blanco de 1992, permanecen vigentes y válidas.

Se incluyen también tres bloques de nuevas medidas a tomar: un primer grupo se refiere a medidas de movilidad para los ciudadanos, un segundo bloque se centra en pautas para ofrecer mejoras a los problemas del transporte mediante la aplicación de nuevas tecnologías, y un último bloque relativo a la optimización de los modos de transporte existentes.

En ese tercer bloque una de las acciones a tomar es la eliminación de las barreras técnicas para asegurar la interoperabilidad entre las compañías. Se establece asimismo la creación de un programa para favorecer los corredores de mercancías y revisar la situación del mercado ferroviario, mediante cuadros indicadores del rendimiento del sector (Stead, 2006). Se pretende por tanto dar un paso más: favorecer la liberalización pero también se quieren establecer unas pautas de seguimiento acerca de cómo evoluciona el sector.

La necesidad de eliminar barreras técnicas y conseguir una red ferroviaria interoperable también queda incluida en la Decisión 661/2010/UE, así como la aspiración de integrar el ferrocarril con el transporte aéreo.

Estas y otras premisas vuelven a ser claves en el Libro Blanco de Transporte de 2011. Dicho documento es bastante ambicioso en cuanto a objetivos ferroviarios se refiere:

La estrategia desarrollada en la Comunicación de la Comisión de 17 de septiembre de 2010 (COM, 2010, 474) relativa a la creación de un Espacio Ferroviario Único, también se traslada a este Libro Blanco, en consonancia al objetivo de establecer, *sensu lato*, un Espacio Único de Transporte Europeo.

Para lograr este fin se hace necesario progresar en la liberalización de las mercancías. Sin embargo, lo más destacado y en lo que se pone especial énfasis es en favorecer la apertura de los mercados nacionales de pasajeros. En este sentido, se insiste en la necesidad de asegurar el acceso efectivo y no discriminatorio a la infraestructura así como en reforzar el papel de la Agencia Ferroviaria Europea²⁹.

Fija objetivos específicos para el ferrocarril de alta velocidad, estableciendo para ello dos años horizontes, los mismos que los establecidos para la finalización de la red principal y la red global de transportes, en 2030 y 2050.

A nivel ferroviario para 2030 se pretende triplicar la longitud de la red existente de alta velocidad, así como mantener una densa red ferroviaria en todos los Estados miembro. Una vez cumplido este propósito, las metas para 2050 son si cabe más ambiciosas. Se detallan a continuación:

²⁹ Creada a través del Reglamento 881/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004. Sus cometidos son: reforzar la seguridad del sistema ferroviario europeo, mejorar el nivel de interoperabilidad del sistema ferroviario europeo, contribuir al establecimiento de un sistema europeo de certificación de los talleres de mantenimiento de vehículos y contribuir en la puesta en marcha de un sistema uniforme de formación y de reconocimiento de los conductores de trenes.

1. Completar una red europea de ferrocarriles de alta velocidad, de tal forma que éstos absorban la mayor parte del tráfico de media distancia.
2. En relación con lo detallado en documentos anteriores, conectar toda la red básica de aeropuertos a la red ferroviaria, preferiblemente de alta velocidad.
3. La mayor parte del transporte de pasajeros debería realizarse por ferrocarril.

Se apuesta de nuevo por el ferrocarril como el medio de transporte primordial para satisfacer las demandas de desplazamiento de los pasajeros, y más en particular por el tren de alta velocidad como modo más indicado para distancias medias.

Un último punto destacado se refiere a la innovación. En el caso del ferrocarril es ya un hecho por ejemplo la implantación del sistema de señalización ERTMS en muchos corredores, y en el futuro estará estandarizado como sistema de señalización común para todos los países (Lorenzo y De Santiago, 2007).

d) Adhesión a la Organización Intergubernamental para los Transportes Internacionales por Ferrocarril (OTIF)

Esta organización nació con un objetivo claro, el de establecer un régimen jurídico uniforme aplicable a los transportes de viajeros, equipajes y mercancías en tráfico internacional directo entre los Estados miembro de la Unión Europea³⁰.

En 1985 entró en vigor el Convenio de esta organización por el que se planteaban cuestiones que la Unión Europea está llevando a cabo en la actualidad, como son los derechos de los pasajeros, las obligaciones de los transportistas de mercancías y la interoperabilidad. Por ello desde instancias comunitarias se planteó la posible adhesión a dicho Convenio.

Los objetivos a perseguir con este paso son los mismos a los que ya se ha hecho referencia en numerosas ocasiones: mejorar la interoperabilidad y promover el reequilibrio modal del sistema de transportes europeo en favor del ferrocarril.

El documento más reciente que hace referencia a esta cuestión es la "Propuesta de Decisión del Consejo relativa a la celebración por la Comunidad Europea del Acuerdo de Adhesión al Convenio relativo a los Transportes Internacionales de Ferrocarril (COTIF)" (COM, 2003, 696).

3.1.4.2. La alta velocidad ferroviaria

En 1972 la Union Internationale des Chemins de Fer estableció el primer Plan Director Europeo de Infraestructura ferroviaria (PDEI), con el fin de adaptar la infraestructura ferroviaria, teniendo en cuenta que la mayor parte de las líneas existentes hasta esa fecha databan del siglo XIX. Concretamente se planteaba la creación de grandes líneas de elevada capacidad, que conectarán regiones económicas y turísticas de gran potencial de tráfico.

Se planteó la necesidad de considerar diversos factores. Por ejemplo, que el tiempo de transporte debe ser inferior al del automóvil, y también al del avión en la medida de lo posible, para una distancia de 500 kilómetros (Carrasco, 2009).

Ya en los años ochenta, en diferentes informes y publicaciones empieza a extenderse el planteamiento de promover el desarrollo de la alta velocidad ferroviaria a nivel comunitario. En cierta medida, gracias al éxito de la puesta en funcionamiento en 1981 del TGV París-Lyon, entre 1985 y 1988, representantes de la SNCF y la DB elaboraron un documento denominado "Proposal for a European High-Speed Network", publicado en 1989 por la CER o *Community of European Railways* (Ellwanger y Wilckens, 1994).

³⁰ En Página Oficial de la Unión Europea: <http://www.europa.eu>

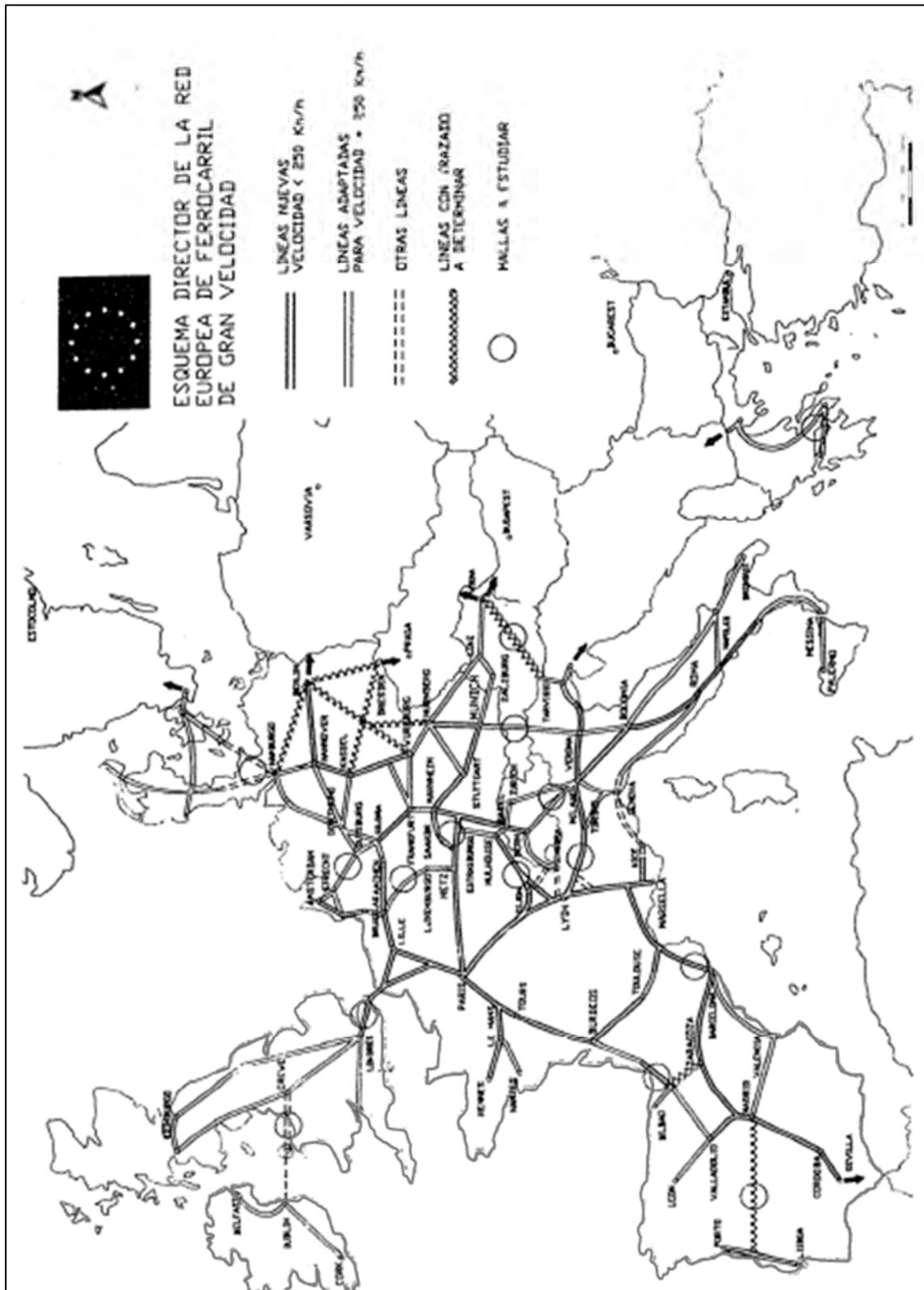
En el Reglamento 3359/90/CE también destaca la importancia del sector ferroviario y, particularmente, de extender la alta velocidad. Concretamente, en los proyectos prioritarios que contiene se hace referencia a su desarrollo y a aumentar su contribución para mejorar las conexiones de los ejes alpino y transpirenaico así como de las zonas periféricas de Irlanda, Portugal y Grecia.

Aunque sólo uno de los siete proyectos contenidos en dicho Reglamento alude a alta velocidad, lo cierto es que el volumen de inversión necesario lo convierte en uno de los más importantes, si no el principal, puesto que se contemplan tres grandes actuaciones: Enlaces París-Bruselas-Amsterdam, enlaces Sevilla-Madrid-Barcelona-Lyon-Turín/Milán-Venecia-Tarvisio/ Trieste y enlaces Oporto-Lisboa-Madrid.

Ante la profusión de proyectos de red de alta velocidad nacionales que iban sucediéndose en diferentes países de la Comunidad Económica Europea, el Grupo de Trabajo Comunitario de la Red Transeuropea, al cual ya se ha hecho referencia en el apartado 3.1.3, elaboró un informe en 1990. En dicho documento se defiende la viabilidad técnica y económica del nuevo ferrocarril que, a juicio de sus autores, es el mejor modo para cohesionar un territorio europeo cuya geografía es especialmente adecuada para la infraestructura ferroviaria. Por tanto, estiman conveniente la creación de una red ferroviaria europea de alta velocidad. La elección de este tipo de sistema por encima del aéreo o la carretera obedece a sus condiciones de rentabilidad y al interés comunitario por sus prestaciones de seguridad y presumida articulación territorial.

En dicho Esquema Director de la Red de alta velocidad Europea este Grupo consideró quince proyectos clave, enfatizando en la necesidad de integración de las diferentes redes (Zembri, 2005). La configuración espacial de dicho Esquema se observa en el Mapa número 7.

Mapa 7. Esquema Director de la Red Europea de Ferrocarril de Gran Velocidad



Fuente: Elaboración propia a partir de Izquierdo, 1993

Existen diferentes modelos de separación de los servicios de operaciones e infraestructura (Ramos et al., 2010), que pueden observarse en el Mapa número 7.

Del mismo modo se establece una diferenciación entre líneas nuevas (con velocidades superiores a los 250 km/h) y líneas mejoradas (con velocidades comprendidas entre 160 y 200 km/h), previendo la realización de 9.000 kilómetros de líneas nuevas y la adaptación y mejora de otros 15.000 kilómetros (Izquierdo, 1993; Serrano, 2000; Gutiérrez, 2004; Ribalaygua, 2005).

La Comisión también se muestra partidaria de su desarrollo ya que, dentro del enfoque multimodal de las redes transeuropeas, constituye uno de los elementos más eficaces para alcanzarla (Izquierdo, 1993). De este modo, en 1990, dentro de la comunicación relativa al establecimiento del primer Plan de Acción comunitario en materia de redes transeuropeas (COM, 90, 585), se incluye un epígrafe dedicado al transporte ferroviario, en el cual se insiste en el desarrollo de los enlaces a alta velocidad, fijando el periodo de actuación en veinte años (1990-2010). En este contexto, el documento destaca dos enlaces:

- En el Norte: Conexión París-Londres-Bruselas-Amsterdam-Colonia, con conexiones a otros Estados miembro.
- En el Sur: Conexión Sevilla-Madrid-Barcelona-Lyon-Turín-Milán-Venecia.

Además, plantea ya el estudio de quince tramos clave, aquellos definidos por el Grupo de Expertos de la Red Transeuropea de Transporte, para potenciar la dimensión integral comunitaria de los anteriores³¹.

En la Resolución del Consejo relativa al desarrollo de trenes de alta velocidad (91/C 33/01), de 17 de diciembre de 1990, en su anexo II, se enumeran dichos proyectos. Son los que figuran en la tabla número 13.

Posteriormente, la publicación del Libro Blanco de 1993 supuso el paso definitivo para integrar un esquema global de redes transeuropeas. En adición, este documento también es clave a nivel de alta velocidad puesto que el 60 % de los proyectos contemplados está destinado al desarrollo de este modo de transporte.

Esta nítida apuesta va a ser continuada en el listado de proyectos prioritarios del Grupo Christophersen, la posterior reunión de Essen de 1994 (seis de los catorce proyectos hacen referencia a alta velocidad ferroviaria) y en la Decisión 1692/96/CE de 1996.

En otro orden de cosas, ya se ha indicado en reiteradas ocasiones la decidida posición de la Unión Europea por la mejora de la interoperabilidad en los sistemas de transporte. Ese mismo objetivo se persigue a nivel del sector ferroviario y, siendo más específicos, también es un reto propio del transporte ferroviario a alta velocidad. En este sentido, una figura legislativa clave es la Directiva 96/48/CE, de 23 de julio de 1996, relativa a la interoperabilidad de este tipo de trenes.

La Directiva presenta requisitos esenciales sobre el conjunto de las condiciones que deben reunirse para garantizar la interoperabilidad de la red europea de trenes de alta velocidad. Dichos requisitos se concretan en las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (ETI), a las cuales también se ha hecho referencia con anterioridad. Tales especificaciones técnicas son elaboradas y revisadas por la Agencia Europea Ferroviaria y tienen como funciones las siguientes:

- Precisar los elementos fundamentales de cada subsistema.
- Determinar los componentes que juegan un papel crítico desde el punto de vista de la interoperabilidad.

³¹ (COM, 90, 585), de 10 de diciembre de 1990. Comisión Europea. Bruselas.

Tabla 13. Listado de proyectos ferroviarios de alta velocidad de la Resolución 91/C 33/01

1. Hamburgo-Copenhague
2. Belfast-Dublín-Holyhead-Crewe
3. Utrecht-Arnhem-Emmerich-Duisburgo
4. Interconexiones en las cercanías de Estrasburgo y Sarrebrück
5. Londres-Túnel del Canal de la Mancha
6. Bruselas-Luxemburgo
7. Rin-Ródano
8. Lyon-Turín
9. Madrid-Barcelona-Perpignan
10.a) Oporto-Lisboa-Madrid
10.b) Vitoria-Dax
11. Milán-Basilea
12. Eje del Brenner
13. Tarvisio-Viena
14. Enlaces hacia y en el interior de Grecia

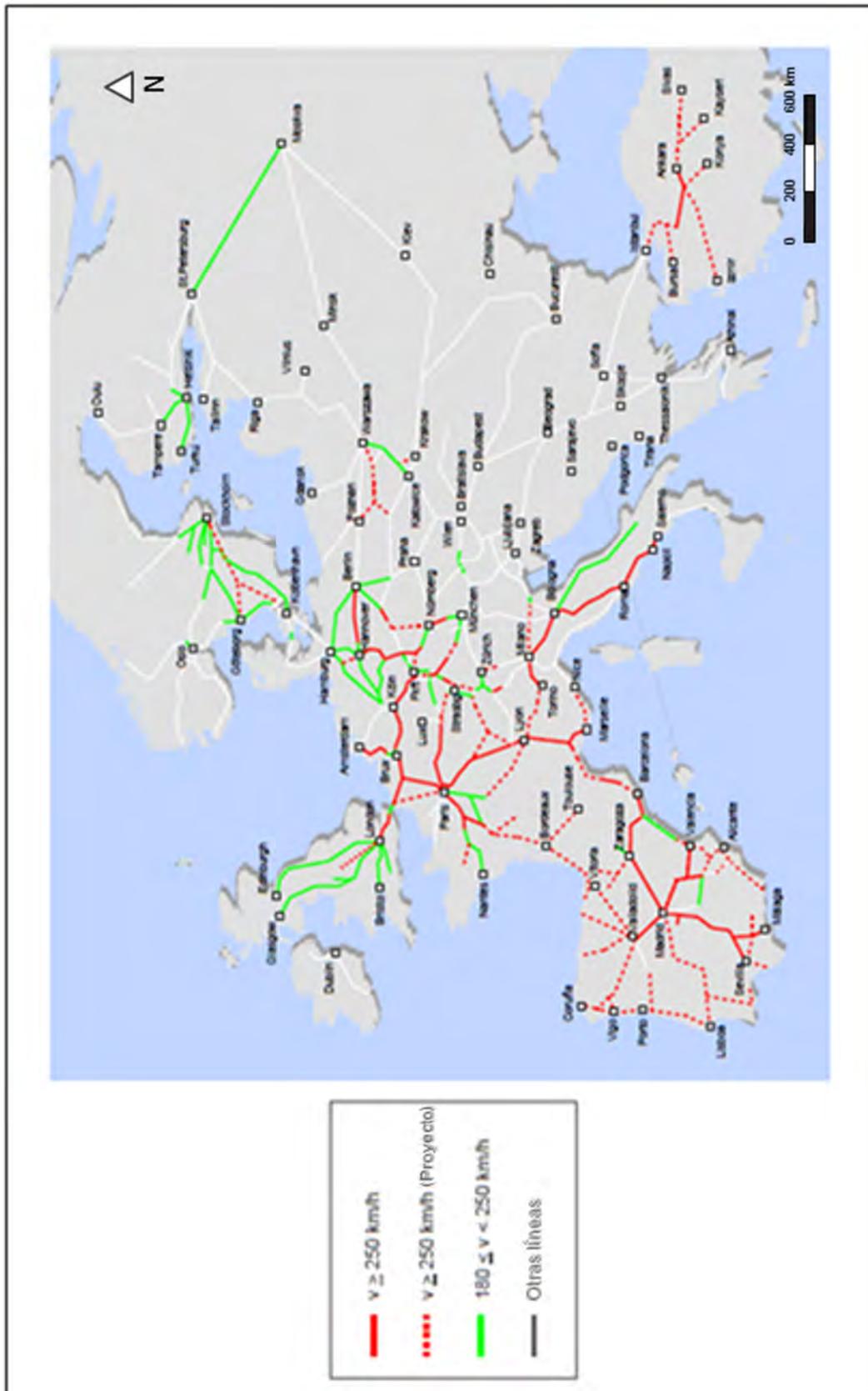
Fuente: Resolución 91/C 33/01, 1990

En 1999 la Estrategia Territorial Europea defiende también este modo de transporte: "los trenes de alta velocidad sustituyen cada vez con más frecuencia a los recorridos aéreos cortos, como por ejemplo en los trayectos Londres-París y Londres-Bruselas. Esta tendencia seguirá progresando con la apertura de nuevas líneas de alta velocidad". En su artículo 108, indica que "debería ser necesario asegurar que las infraestructuras de grandes prestaciones, como los ferrocarriles de alta velocidad atraviesen las regiones menos favorecidas o periféricas sin conectarlas (efecto túnel). La política de desarrollo territorial debería velar igualmente porque las infraestructuras de transporte de alto nivel sean completadas por las redes secundarias, para que todas las regiones experimenten plenamente sus beneficios" (Comisión Europea, 1999).

Más adelante, tanto en la lista de proyectos del Grupo Van Miert como en documentos posteriores, se sigue enfatizando en la apuesta por el ferrocarril y por el desarrollo de la red de alta velocidad comunitaria. Por ejemplo, en el Libro Blanco de Transportes de 2011, se incluye la estrategia a seguir hasta 2050 (ver apartado 3.1.4.1, punto c).

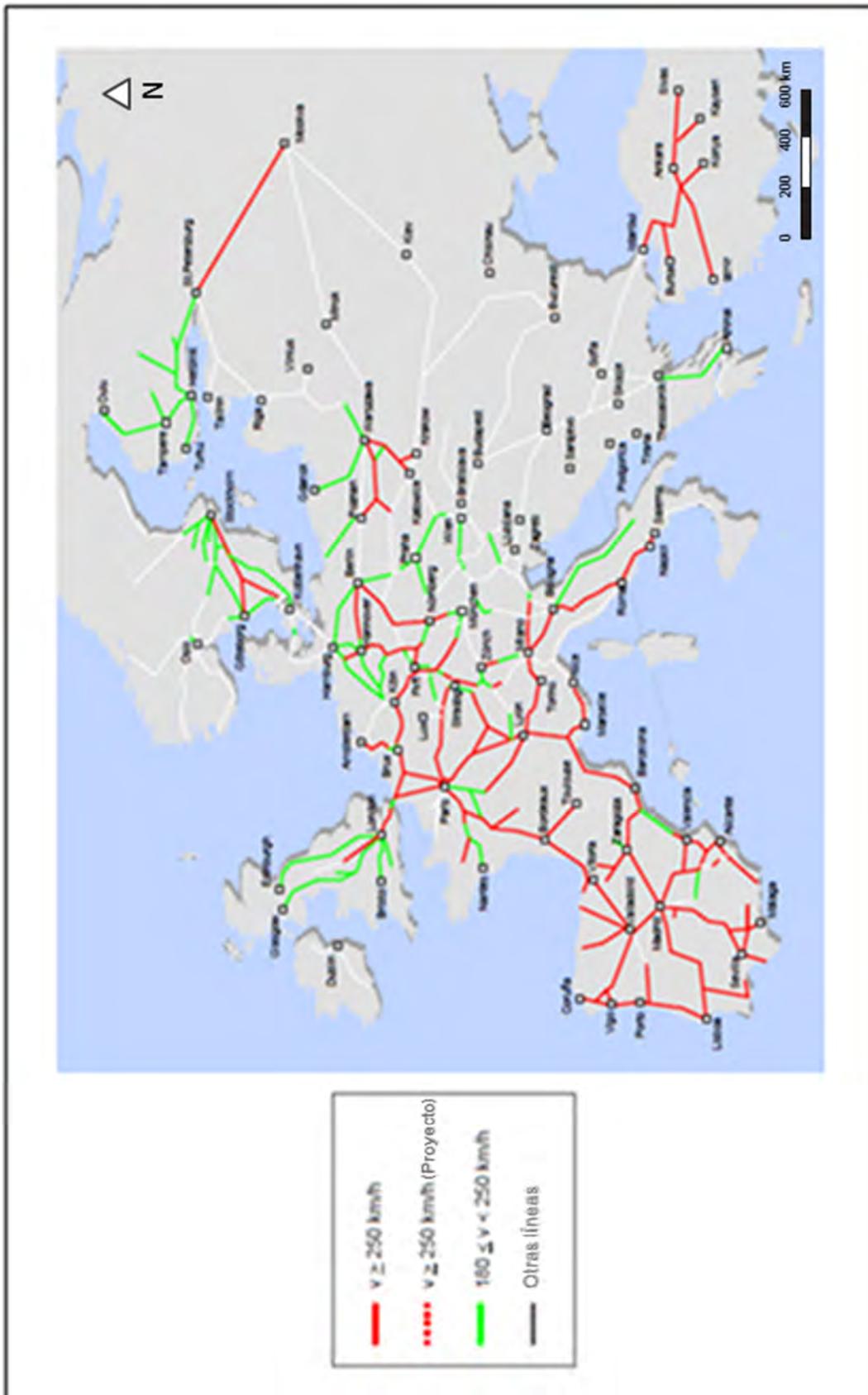
En definitiva, se esperan grandes cambios en clave de desarrollos y ampliaciones en la red ferroviaria a nivel europeo, tal como se expresa en la web de la Union Internationale des Chemins de Fer y en los Mapas número 8 y 9, para el año 2010 y el previsto para 2025.

Mapa 8. Red de alta velocidad europea (2010)



Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer, "High speed rail. Fast track to sustainable mobility", 2010.

Mapa 9. Red de alta velocidad europea. Previsión para 2025



Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer, "High speed rail. Fast track to sustainable mobility", 2010.

3.1.4.3. La Red Convencional

En cuanto a los ferrocarriles convencionales, la Unión Europea persigue objetivos similares a los de la alta velocidad. La Directiva 96/48/CE apostaba por fomentar la interoperabilidad en la red ferroviaria de alta velocidad. Pues bien, con la posterior Directiva 2001/16/CE y sus modificadoras (Directivas 2004/50/CE y 2007/32/CE), dicho concepto se extiende también a la red convencional. Como indican Serrano et al. (2010), la interconexión de vías convencionales con las de alta velocidad es un problema de primera magnitud, ya que se corre el riesgo de crear dos sistemas ferroviarios aislados y con escasa permeabilidad.

Pese a ser Directivas modificativas, prácticamente todo el texto de las Directivas 96/48/CE y 2001/16/CE sigue vigente, por lo que el contenido de ésta última puede servir para definir el contexto y las directrices marcadas por la Unión Europea para la red convencional.

La Directiva 2001/16/CE presenta un contenido más amplio sobre lo que se entiende por red ferroviaria convencional y sus subsistemas (infraestructura, energía, control-mando y señalización, explotación y gestión del tráfico, aplicaciones telemáticas, material rodante y mantenimiento). Al igual que sucede en otros muchos documentos oficiales ya señalados, dedica un apartado relativo a requisitos en cuanto a: seguridad, protección medioambiental, compatibilidad técnica, salud, fiabilidad y disponibilidad.

De igual modo, dedica un apartado concreto (Anexo IV) al desarrollo de la interoperabilidad de la red. Este impulso se inscribe dentro de la estrategia de revitalización del ferrocarril en la Unión Europea, con el fin de minorar el preponderante transporte por carretera. Con la ampliación del número de Estados miembro y en consecuencia de los proyectos de la Red Transeuropea de Transporte, es más importante, si cabe, apostar por la interoperabilidad de las diferentes redes nacionales, facilitando las conexiones entre las regiones centrales y las periféricas, así como incrementar la velocidad media del servicio.

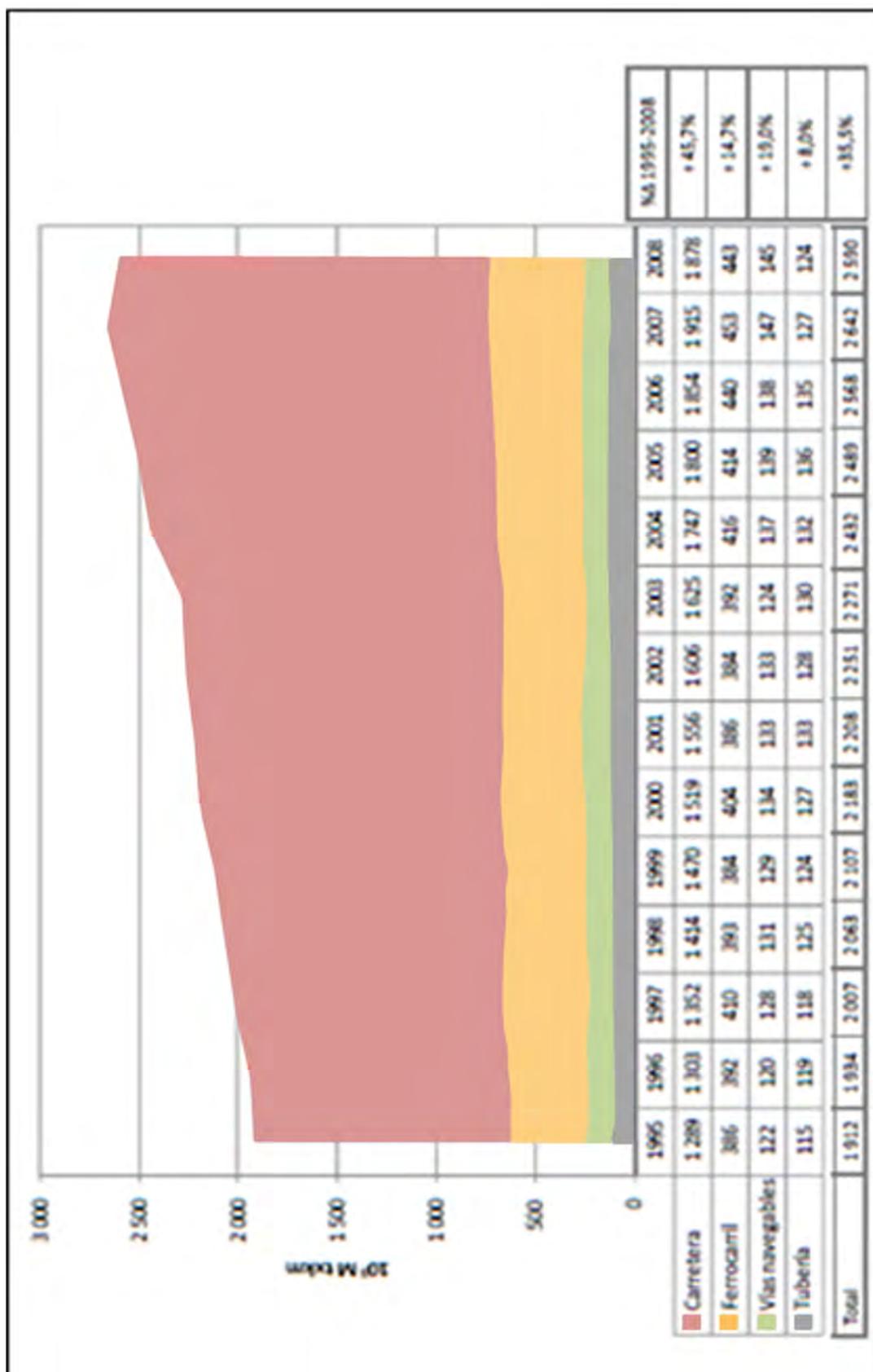
3.1.4.4. Mercancías

En esta materia el predominio del transporte por carretera se sitúa en torno al 70 %, siendo de un 20 % aproximadamente el correspondiente al ferrocarril³².

Como se observa en el Gráfico número 8, el transporte por carretera únicamente ha disminuido debido a la recesión económica a partir de 2007. El resto de modos, incluyendo el ferrocarril, han seguido una trayectoria más estable, sin apenas variaciones desde 1995.

³² Datos medios para el periodo 1995-2008 obtenidos a partir del documento "Plan Estratégico para el Impulso del Transporte Ferroviario de Mercancías en España". Ministerio de Fomento, 2010.

Gráfico 8. Transporte terrestre de mercancías en la UE-27 por modos (1995-2008)



Fuente: Elaboración propia a partir del Plan Estratégico para el Transporte de Mercancías en España. Ministerio de Fomento, 2010.

Es evidente que para que se produzca la revitalización del ferrocarril es necesario armonizar las políticas de transporte ferroviario de los Estados miembro. Es vital disponer de una red ferroviaria de alta velocidad interoperable, al igual que debe suceder en la red convencional así como en el transporte ferroviario de mercancías.

La estrategia de liberalización del ferrocarril comunitario ha influido claramente en el sector de mercancías. Ya el primer paquete ferroviario, tendente a su liberalización, se centra especialmente en éstas, con la elaboración de las Directivas 2001/12/CE, 2001/13/CE y 2001/14/CE.

Este conjunto de disposiciones abren el mercado de los servicios internacionales de mercancías e instauran normas para la consecución de licencias, la adjudicación de las capacidades de infraestructuras y la tarificación. Los principales puntos se refieren a:

- Separación de funciones esenciales a partir de una lista específica y exhaustiva de cometidos que deben asignarse a una autoridad independiente de la empresa ferroviaria, para asegurar el principio de no discriminación entre las empresas ferroviarias en competencia.
- Cada país debe establecer un organismo regulador, independiente de todo administrador de infraestructuras, organismo de tarificación, organismo adjudicador y candidato, para asegurar condiciones justas de acceso a todas las empresas ferroviarias.
- Garantizar los derechos de acceso a la Red Transeuropea de mercancías por ferrocarril, a todos los operadores autorizados que proporcionen servicios de transporte ferroviario internacional de mercancías en dicha red y que cumplan los requisitos de seguridad nacionales.
- Determinar los costes por el uso de la infraestructura, garantizando la transparencia en la tarificación y la competitividad del transporte de mercancías internacional.
- Definir normas y procedimientos transparentes y equitativos para la asignación de franjas ferroviarias.
- Garantizar la seguridad en el sistema ferroviario europeo integrado (Ministerio de Fomento, 2010).

Pese a estos esfuerzos por su revitalización, ya se ha señalado que la cuota modal del ferrocarril respecto a la totalidad del transporte de mercancías a nivel europeo no experimentó cambios significativos a lo largo de esa primera década del siglo XXI. En el Gráfico número 9 se muestra la evolución de esta cuota, integrando los datos nacionales tanto de la Europa de los Quince como de otros países que posteriormente se han adherido, pasando a ser primero veinticinco miembros, después veintisiete y, finalmente, los veintiocho miembros actuales.

Se aprecia cómo en los primeros años del siglo el descenso finalizó, pasando a un periodo de estabilidad e incluso un pequeño repunte a partir de 2005, incremento que se ha interrumpido con la etapa de recesión posterior. Puede observarse también cómo en los países de incorporación más reciente, con mayor peso del transporte ferroviario de mercancías, este periodo de crisis queda reflejado en el gráfico, incluso de forma más acentuada que en los datos de los Quince.

Por este motivo, en 2010 el Parlamento Europeo y el Consejo elaboran el Reglamento 913/2010, de 22 de septiembre, con objeto de mejorar la eficiencia y propiciar la competencia del transporte ferroviario de mercancías mediante la creación de una red europea formada por corredores internacionales.

En el citado documento se indica que para cada corredor se establecerá una estructura de gobierno, que elaborará un plan de implantación, garantizará la coherencia de las inversiones y definirá un marco para la adjudicación de la capacidad de la infraestructura. Igualmente, se creará una herramienta de coordinación, la ventanilla única, con capacidad consultiva.

En el anexo del Reglamento se incluye la lista de corredores y su disposición territorial, son las que figuran en la Tabla número 14:

Tabla 14. Lista de las rutas iniciales de corredores de mercancías

Nº	Nombre	Estados miembros	Rutas principales	Establecimiento de corredores de mercancías
1	Rhin-Alpes	NL, BE, DE, IT	Zeebrugge-Amberes/ Rotterdam-Duisburg- [Basilea]-Milán-Génova	10 de noviembre de 2013
2	Mar del Norte-Mediterráneo	NL, BE, LUX, FR	Rotterdam-Amberes- Luxemburgo-Metz-Dijon- Lyon/[Basilea]	10 de noviembre de 2013
3	Escandinavo-Mediterráneo	SE, DK, DE, AT, IT	Estocolmo-Malmö-Copenhague- Hamburgo-Innsbruck-Verona- Palermo	10 de noviembre de 2015
4	Atlántico	PT, ES, FR	Sines-Lisboa/Leixoes Madrid-Medina del Campo/Bilbao/San Sebastián- Irún-Burdeos-París/Le Havre/Metz Sines-Elvas/Algeciras	10 de noviembre de 2013
5	Báltico-Adriático	PL, CZ, SK, AT, IT, SL	Gdynia-Katowice-Ostrava/Zilina- Bratislava/Viena/Klagenfurt- Udine- Venecia/Trieste/Bolonia/Ravena/ Graz-Maribor-Liubliana- Koper/Trieste	10 de noviembre de 2015
6	Mediterráneo	ES, FR, IT, SL, HU	Almería-Valencia/Madrid- Zaragoza/Barcelona-Marsella- Lyon-Turín-Milán-Verona- Padua/Venecia-Trieste/Koper- Liubliana-Budapest-Zahony (frontera Hungría-Ucrania)	10 de noviembre de 2013
7	Rhin-Danubio	CZ, AT, SK, HU, RO, BG, GR	Bucarest-Constanta-Praga- Viena/Bratislava-Budapest- Vidin-Sofía-Salónica-Atenas	10 de noviembre de 2013
8	Mar del Norte-Báltico	DE, NL, BE, PL, LT	Bremerhaven/Rotterdam/Ambere s-Aquisgrán/Berlín-Varsovia- Terespól (frontera Polonia- Bielorrusia)/Kaunas	10 de noviembre de 2015
9	Este-Mediterráneo oriental	CZ, SK	Praga-Homi Lidec-Zilina-Kosice- Cierna nad Tisou (frontera Eslovaquia-Ucrania)	10 de noviembre de 2013

Fuente: Elaboración propia a partir de Reglamento (UE) 913/2010, 2010

Para facilitar la comprensión de este cuadro, en la Tabla número 15 figura un listado con la totalidad de códigos de países empleados y su correspondiente significado.

De acuerdo con lo indicado en el Reglamento, el diseño de los trazados de los diferentes corredores responde a necesidades específicas del mercado de transportes. En aquellos proyectos cuya fecha de establecimiento es de 2013 se ha cumplido, según comunicó la Comisión Europea, y se espera que para los proyectos número 3, 5 y 8 la fecha a partir de la cual estén operativos también se cumpla, en principio para finales de 2015.

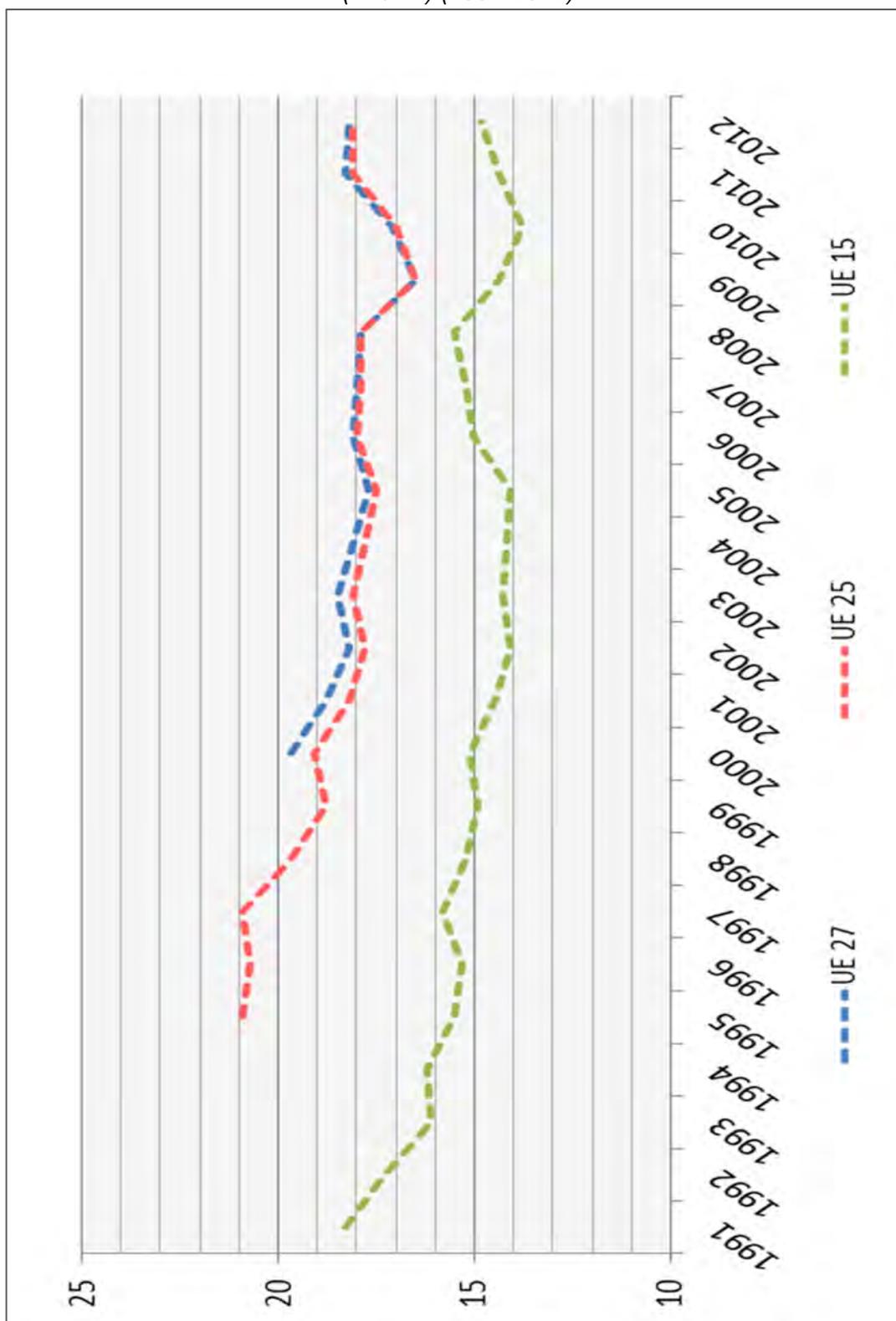
Fruto de todas las medidas tendentes a su revitalización, el sector del ferrocarril comunitario ha registrado un cambio de tendencia hacia niveles positivos a partir de la segunda década del siglo XXI, siendo la primera vez en todo el periodo contemplado (1991-2009) en la que se produce crecimiento, al menos de forma algo más continuada. Esta evolución puede observarse en el Gráfico número 9.

Tabla 15. Códigos de países

CÓDIGO	PAÍS
AT	Austria
BE	Bélgica
BG	Bulgaria
CZ	República Checa
DE	Alemania
DK	Dinamarca
EE	Estonia
ES	España
FR	Francia
GR	Grecia
HU	Hungría
IRL	Irlanda
IT	Italia
LT	Letonia
LUX	Luxemburgo
LV	Lituania
NL	Países Bajos
PL	Polonia
PT	Portugal
RO	Rumanía
S	Suecia
SK	Eslovaquia
SL	Eslovenia
UK	Reino Unido

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9. Cuota porcentual ferroviaria sobre total del transporte de mercancías (Tm/km) (1991-2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat (Tabla: “Modal Split of freight transport. % in total inland freight tonne-km”), 2013.

<http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdtr220&plugin=1>

3.1.5. Conclusiones

La política europea en materia de transporte cuenta con un largo recorrido desde sus primeros planteamientos en los años cincuenta del siglo XX hasta los últimos instrumentos legislativos aprobados, cobrando paulatinamente mayor peso dentro del conjunto de políticas comunitarias. Este mayor interés ha sido patente en multitud de cumbres, foros, publicaciones, creación de grupos de alto nivel, promulgaciones legislativas, etc.

Hasta los años ochenta, el sector del transporte se hallaba en un segundo plano dentro de las políticas de la Comunidad Económica Europea. Uno de los objetivos más antiguos es la creación de un mercado común de transporte, dada la existencia de un potente intervencionismo estatal así como importantes barreras físicas, técnicas y fiscales para el transporte transfronterizo.

Al objeto de eliminar o al menos reducir dichas barreras, con el Consejo de Milán de 1985 se elabora el Libro Blanco de la Competencia incluido también un año después en el Acta Única Europea.

A partir de 1992 comienza a ganar importancia dentro del sector el concepto de la sostenibilidad, a partir de la Cumbre de Río de Janeiro y la elaboración del primer Libro Blanco de Transporte.

Dada la creciente importancia del sector a nivel comunitario debido al incremento de flujos tanto de bienes como de personas, se consideraba necesario asociar transporte con sostenibilidad. En la Agenda de Göteborg en 2001 se valora la sostenibilidad, pero también se plantea separar crecimiento económico y crecimiento del transporte, así como el reequilibrio entre modos dentro del sector. Dichos postulados se mantienen en el Libro Blanco de Transporte elaborado ese mismo año.

Estas ideas generaron diversas críticas debido a su cierta ambigüedad e indefinición, especialmente en el umbral de plantear prioridades en las inversiones en el transporte: sólo “invita” al Parlamento y a la Comisión a centrarse, en las inversiones en transporte público y ferrocarril y demás modos más respetuosos con el medio ambiente. Puede resultar más indicado por ejemplo gestionar la demanda que disminuir la congestión de tráfico en base a ampliar la red de transporte, pues esto dificulta mejorar la sostenibilidad del sector.

El objetivo de separar crecimiento del transporte del crecimiento económico sigue vigente hasta nuestros días, con no demasiados resultados positivos. En la revisión del Libro Blanco realizada en 2006 se pretende favorecer esta ruptura en base a separar la movilidad de sus efectos negativos, compatibilizándola con sostenibilidad, surgiendo a su vez diferentes conceptos e iniciativas: “movilidad inteligente”, “co-modalidad” e Iniciativa 20-20-20.

Con el Libro Blanco de 2011 se vuelven a reconocer los escasos avances en esta separación, y la importancia de seguir por esa vía junto a la eliminación de barreras para configurar un Espacio Único de Transporte. Pero, del mismo modo, se sigue apostando más por el crecimiento de la movilidad que por su gestión, lo que resulta paradójico. De hecho, en su Artículo 18 se expresa claramente que no se plantea restringirla (Comisión Europea, 2011). Puede entenderse que en 2001 con mayor bonanza económica, era más factible apostar por dicho crecimiento, sin embargo en el contexto en el que se ha elaborado el documento de 2011, su viabilidad es más compleja de determinar.

Respecto a las infraestructuras de transporte el objetivo primigenio y fundamental es de nuevo la creación del Espacio Único de Transporte, con una red de infraestructuras comunitaria. Los avances hasta mediados de los ochenta fueron escasos, debido a la existencia de una problemática semejante a la de la Política Común de Transporte:

presencia de importantes barreras para el transporte internacional, preponderancia de los intereses nacionales frente a los comunitarios, etc.

Para conseguir una política común de infraestructuras de transporte hay que destacar lo relevante del Reglamento 3359/90/CE. Dentro de sus objetivos destaca la eliminación de los cuellos de botella, la integración territorial y la disminución de los costes de transporte, junto a la elaboración de una serie de proyectos específicos a nivel territorial. Bajo esa perspectiva y junto a la inclusión ya de proyectos concretos, puede encuadrarse la denominada Red Transeuropea de Transporte.

Pese a ello la planificación de dicha Red resulta un tanto más compleja, ya que incluye un diagnóstico del sector previo a la lista de actuaciones, que cristaliza en proyectos diseñados por distintos grupos de expertos.

Destaca en este sentido el Grupo de Trabajo Transeuropeo, cuya labor de planificación fue recompensada con la inclusión de la Red Transeuropea de Transporte dentro del Tratado de Maastricht (1992). En 1993, en el Libro Blanco Delors, se valora la importancia de la colaboración transfronteriza favoreciendo la interoperabilidad de las diferentes redes nacionales, la intermodalidad y por supuesto la sostenibilidad.

El Grupo de Trabajo de Christophersen elabora una lista con catorce proyectos, donde debe destacarse la importancia de la "Dorsal" europea a nivel territorial y del tren de alta velocidad a nivel modal.

La Decisión 1692/96/CE fija la fecha límite para el desarrollo de los anteriores proyectos para 2010. Algunos de los proyectos fueron modificados posteriormente en el Libro Blanco de 2001, mientras que otros fueron añadidos.

Más adelante, en 2004, la apuesta por la Red Transeuropea de Transporte es si cabe más clara al aumentar el número de proyectos a treinta, gracias al trabajo del denominado Grupo Van Miert y a la Decisión 884/2004/CE. De igual forma, sirve para establecer un primer balance de la situación de los proyectos para esa fecha. La situación es compleja, por diferentes motivos:

Porque al aumentar el número de Estados miembro lo hizo también el número de actuaciones, ya que obviamente la superficie del territorio objeto del Plan es muy superior y se pretende extender los objetivos a toda la Unión Europea.

La falta de colaboración entre los países, que continúan primando las lógicas e intereses nacionales y sectoriales (lo que el informe Van Miert define como "enfoque ascendente") frente a los supranacionales, junto a notables reticencias de los Estados miembros a delegar sus respectivas políticas de transporte a nivel europeo, tal como señalan Sanz (1999) y Boira (2007). La definición del trazado de las redes está guiada más bien por la preocupación de los distintos grupos de trabajo en alcanzar un consenso en relación con los mapas individuales, es decir, de cada modo de transporte y se cae en el tradicional error de desarrollar los diferentes medios como redes separadas en vez de apostar decididamente por la complementariedad entre los mismos, como aseveran entre otros Zaragoza et al. (2012).

Las dificultades de financiación, generadas por la ampliación del número de Estados miembro con un Producto Interior Bruto menor al de la media de la Unión y por la crisis económica producida. Para solventar los problemas de inversión se recurrió a la ampliación del número de instrumentos financieros, tanto Fondos Estructurales (FEDER), Fondos de Cohesión, Línea TEN, créditos del Banco Europeo de Inversiones, etc., así como a fuentes de financiación privada.

Pese a ello, se produce un incumplimiento generalizado de los plazos previstos de ejecución de los proyectos de la Red Transeuropea, de tal forma que el horizonte temporal para su puesta en servicio tuvo que retrasarse hasta 2020.

Así se manifiesta en la Comunicación de la Comisión (COM, 2007,135) y en el Libro Verde de la Red Transeuropea de 2009. Esta autocrítica desemboca en un decidido cambio de orientación dentro de los planteamientos de la Red Transeuropea, dotándola de una mayor componente medioambiental (gestión de la demanda, posible incidencia del cambio climático, etc.) Sobre esto último resulta un tanto llamativo el planteamiento del Libro Verde para evaluar la Red Transeuropea. De la misma manera que aboga por la sostenibilidad, también señala que las infraestructuras deben ser “resistentes al clima”. Es cierto que una vez construidas deben ser lo suficientemente robustas para soportar inclemencias y en la medida de lo posible, fenómenos naturales de cierta entidad. Pero también podría orientarse esta cuestión hacia un estudio de viabilidad de dicha infraestructura, de la conveniencia o no de su construcción.

Se produce un cambio sustancial en la estructura de la propia Red Transeuropea, que se configura ahora en dos niveles: red principal o básica y red global. El modelo se desarrolla en años sucesivos a través del Libro Blanco de Transportes de 2011, la propuesta de Reglamento 650/2011 y el posterior Reglamento 1315/2013. Con el contexto económico del momento, supone una mayor diferenciación en cuanto a la jerarquía de inversiones, según se trate de proyectos con mayor importancia geoestratégica y valor añadido (con horizonte 2030) o los derivados de la planificación nacional de cada país (para 2050). De esta manera se estipula claramente la supeditación de los intereses nacionales a los comunitarios, se trata del mecanismo llamado “Conectar Europa”. Los principales hechos ocurridos se plasman en la Tabla número 16.

En lo que concierne al ferrocarril éste comparte problemática con el transporte en general, como por ejemplo anteponer los intereses nacionales de cada país a los comunitarios, aunque también comparte otros objetivos como la creación del espacio único, en este caso ferroviario.

El ferrocarril ha pasado de figurar en segundo plano dentro de la política europea de transporte a conformarse como el núcleo rector de la misma, tanto en porcentaje de inversiones destinado como en número de proyectos asociados. Es el modo elegido para conseguir el objetivo político de la cohesión territorial y la integración regional de la Unión.

Para conseguir destacar como modo de transporte preponderante se fijan varios objetivos: la creación del espacio ferroviario único, favorecer la liberalización del sector ferroviario y potenciar su revitalización frente a otros modos.

Respecto a la configuración de un espacio ferroviario común, es imprescindible que éste sea abierto e interoperable. La interoperabilidad debe regirse por las denominadas ETI o Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad, determinadas por la Agencia Ferroviaria Europea. A mayor interoperabilidad entre diferentes redes nacionales, menor número de *missing links* y mayores progresos en pos de conseguir el espacio ferroviario único.

Las inversiones necesarias para tal fin son de gran magnitud, tanto para el mantenimiento de las vías convencionales como para la construcción de otras nuevas, así como para invertir en nuevo material rodante: trenes de alta velocidad, en su mayor parte.

Por tanto y al igual que sucede con el transporte en general, a nivel ferroviario se favorece la entrada de capital privado para facilitar la consecución de este objetivo.

Tabla 16. Evolución cronológica de la Red Transeuropea de Transporte

HITO DESTACABLE	DESCRIPCIÓN
Libro Blanco (1985)	Creación de nuevas políticas comunitarias
Grupo de Trabajo Transeuropeo	(COM, 89, 643). Listado de inversiones y efectos
Primer Plan de Acción para las Redes Transeuropeas	(COM, 90, 585). Diseño de los primeros proyectos
Resolución 91/C33/01	Lista de proyectos clave
Tratado de Maastricht (1992)	Inclusión del Título “Redes Transeuropeas”
Libro Blanco Delors (1993)	Esquema integrado de Redes Transeuropeas
Proyectos de Essen (1994)	
Decisión 1692/96/CE	Recoge orientaciones y objetivos de la Red Transeuropea de Transporte
Libro Blanco de Transporte (2001)	Revisión de los proyectos
Proyectos Van Miert (2004)	
Decisión 884/2004/CE	Ampliación de la lista de proyectos. Redefine directrices de la Decisión 1692/96/CE
Comunicación (COM, 2007, 135)	Revisión de los proyectos
Libro Verde (2009)	(COM, 2009, 44). Autocrítico con el estado de implementación de los proyectos
Decisión 661/2010/UE	Nuevas orientaciones de la Red Transeuropea de Transporte
Libro Blanco de Transporte (2011)	Reestructuración de la Red Transeuropea de Transporte. Mecanismo “Conectar Europa”
Reglamento 1315/2013	
Comunicación (COM, 2013, 940)	

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la liberalización del sector, debe señalarse que la situación previa se caracterizaba por la existencia de una empresa por cada país, de titularidad estatal y encargada tanto de la administración y gestión de la infraestructura como de la explotación del servicio en régimen monopolístico. A la vez era un ferrocarril obsoleto, tanto en infraestructuras como en material rodante.

El aumento de la movilidad que se fue produciendo debido a la mejora y abaratamiento de otros modos de transporte, fundamentalmente el aéreo, no tenía reflejo en el ferrocarril. Todo ello favoreció una progresiva situación marginal dentro del conjunto del transporte.

La Directiva 91/440/CE sienta las bases de la apertura al mercado del ferrocarril. El sector ferroviario presentaba un gran retraso respecto al resto de modos. En este instrumento legislativo junto con las directivas 95/18 y 95/19, se expone la necesidad de separar la administración y gestión ferroviaria, cuyo titular debería seguir siendo el Estado, y la de la explotación de servicios de transporte a la cual deben poder acceder diferentes operadores. De igual manera, se considera necesario garantizar la libre circulación y la autonomía de las empresas operadoras.

El primer Paquete Ferroviario (2001) se centra en la apertura del transporte de mercancías, que será liberalizado antes que el de viajeros.

Con el segundo Paquete Ferroviario (2004) se pretende también continuar potenciando la liberalización de las mercancías, y muy relacionado con esto, la interoperabilidad de las diferentes redes. Para este cometido, la Agencia Ferroviaria Europea debe servir como instrumento clave.

Se proponen entonces unos horizontes temporales para la finalización de la apertura al mercado. Concretamente para mercancías se fija el año 2006 y para viajeros 2010.

El transporte ferroviario de mercancías ha experimentado mayores avances y se ha configurado como el instrumento marco en la nueva Red Transeuropea de Transportes. El Reglamento 913/2010 establece la creación de una serie de corredores de mercancías internacionales, que se integrarán en la red principal y se les considera de gran importancia geoestratégica para la Unión Europea.

La apertura al mercado del transporte de pasajeros estaba más retrasada por varios motivos, muchos comunes a los del ferrocarril en general: existencia de monopolio empresarial público, distintos grados de desarrollo de las redes nacionales de alta velocidad, diferente grado de transposición de la normativa comunitaria, etc.

Al estar en un nivel más avanzado de apertura el transporte de mercancías que el de pasajeros, el tercer Paquete Ferroviario (2007) se centró en potenciar éste último. Más adelante, la Directiva 2012/34/UE establece una normativa referente a los administradores de infraestructuras y a los operadores, así como para las licencias y los diferentes cánones.

El cuarto Paquete Ferroviario, el último establecido hasta la fecha, mantiene el mismo objetivo de potenciar la apertura del mercado de pasajeros, así como proseguir en la creación del espacio ferroviario único.

Al mantenerse los objetivos según se avanza en el tiempo, se deduce que los progresos no son demasiado importantes, y la problemática se mantiene, al menos en parte:

Existen diferentes grados y modelos de liberalización, así como un desigual ritmo de adaptación de la normativa comunitaria según Estados. Los países más avanzados en materia de apertura son Suecia, Dinamarca, Reino Unido, Alemania, Países Bajos y Austria. Irlanda, Luxemburgo, los países bálticos, así como algunos mediterráneos se hallan en situación opuesta (Grecia e España).

Otro problema a tener en cuenta es el desequilibrio entre la situación de la empresa nacional y los nuevos operadores para acceder al servicio en cuanto al coste de penetración en el mercado, dificultades para la adquisición de material rodante, etc. Hay que destacar la complejidad a la hora de redactar normas de tarificación, debido a que pueden existir distintas interpretaciones al considerar costes internos y externos del transporte.

Un último inconveniente también de gran entidad es el mantenimiento de una baja interoperabilidad entre redes, en cuanto al sistema de señalización, de electrificación, anchura de la vía, etc.

Los hechos más relevantes que caracterizan la evolución del proceso de liberalización del sector ferroviario comunitario se representan en la Tabla número 17.

El último objetivo al que se ha hecho referencia es el de la revitalización del ferrocarril. Es un hecho fundamental si se pretende convertir al tren en el modo de transporte prioritario para ciertas distancias como los recorridos cortos, aunque no se explicitan cifras concretas ni intervalos orientativos en el Libro Blanco de 2011. Se trataría de revitalizarlo para lograr así el reequilibrio entre modos, para lo cual es necesario que sea el objeto preferente de inversión.

En este sentido, de los documentos consultados se deduce que para convertir al ferrocarril en el modo protagonista de la planificación de transporte comunitario, el tren de alta velocidad debe ser el principal destinatario de los fondos monetarios.

Si bien las primeras aproximaciones tratan de los años setenta y ochenta³³, cobra mayor protagonismo desde principios de los años noventa, con las propuestas de proyectos diseñados por diferentes grupos de trabajo y la dotación de inversiones destinadas al respecto. Esta preponderancia es tal que se defiende la creación de una red europea de alta velocidad como factor principal de cohesión del territorio comunitario.

El Libro Blanco de 1993 apuesta por el desarrollo del tren de alta velocidad, al igual que la Estrategia Territorial Europea (ETE) en 1999, el Libro Blanco de 2001³⁴ y el Grupo Van Miert en 2004. Posteriormente, con la nueva estructura diseñada para la Red Transeuropea de Transporte en dos niveles, las metas fijadas para el ferrocarril de alta velocidad siguen siendo muy ambiciosas.

Tabla 17. Evolución cronológica del proceso de liberalización del ferrocarril de la Unión Europea

HITO DESTACABLE	DESCRIPCIÓN
Directiva 91/440/CE	Primer instrumento legislativo para la liberalización del sector
Directiva 95/18/CE	Modificativas de la anterior
Directiva 95/19/CE	
Directiva 2001/12/CE	Primer Paquete Ferroviario
Directiva 2001/13/CE	
Directiva 2001/14/CE	
Directiva 2001/16/CE	
Directiva 2004/49/CE	Segundo Paquete Ferroviario
Directiva 2004/50/CE	
Directiva 2004/51/CE	
Reglamento 881/2004/CE	
Directiva 2007/58/CE	Tercer Paquete Ferroviario
Directiva 2007/59/CE	
Reglamento 1370/2007	
Reglamento 1371/2007	
Reglamento 1372/2007	
Comunicación (COM, 2010,474)	Revisión del estado de liberalización
Directiva 2012/34/UE	Sobre un espacio ferroviario único
Modificaciones de Directiva 2012/34/UE y Reglamento 1370/2007	Cuarto Paquete Ferroviario
Directiva 2014/38/UE	Cuarto Paquete Ferroviario

Fuente: Elaboración propia

³³ Debe recordarse que la primera línea de alta velocidad del mundo ya había sido inaugurada años antes en Japón (1964).

³⁴ No así la Agenda de Göteborg (2001), donde existe una cierta indefinición al no distinguir entre ferrocarril y ferrocarril de alta velocidad.

Para 2030 el objetivo es triplicar la red de alta velocidad existente en 2011, mientras que 2050 se fija como año límite para finalizar todos los proyectos existentes al respecto y completar así la red diseñada. También para 2050 se establece el lapso temporal para mejorar la intermodalidad entre el tren de alta velocidad y el transporte aéreo, con el fin de favorecer relaciones de complementariedad más que de competitividad. Se concibe este tren como el modo de desplazamiento que debe ser preponderante para distancias medias en torno a los 300 kilómetros, relegando al avión para distancias más largas.

Estos ambiciosos objetivos deben o deberían ser trasladados a las respectivas realidades nacionales para observar la viabilidad territorial específica de cada corredor planificado.

Hasta la fecha como señala Vickerman (2015), la creación de la Red Transeuropea de alta velocidad no ha conseguido el objetivo primario de mejorar la cohesión territorial y reducir las disparidades regionales, especialmente a nivel transfronterizo. Pero además no sólo se trata de la provisión de infraestructuras sino de que existan medidas de acompañamiento a escala local, como por ejemplo una red ferroviaria convencional de calidad que sirva para complementar a la red de alta velocidad y avanzar en el objetivo de la cohesión territorial. Sin esa complementariedad se corre el riesgo de crear dos sistemas ferroviarios aislados.

3.2. PLANES Y POLÍTICAS DE TRANSPORTE FERROVIARIO IMPLEMENTADOS EN ESPAÑA: ORIENTACIONES Y EVOLUCIÓN

La política ferroviaria española muestra una evolución compleja en el tiempo, a la vez que irregular, con épocas de un gran estancamiento, que condujeron a la decadencia y declive, para una etapa posterior donde este modo es el gran protagonista dentro de las inversiones de la administración en materia de transporte.

De igual manera, se halla ciertamente próxima a la evolución de la política ferroviaria comunitaria, ya que además algunos de los proyectos diseñados para la creación de la Red Transeuropea de Transporte discurren al menos parte por territorio español.

No obstante lo más destacado de todo ello es el fuerte desarrollo de la red nacional de alta velocidad desde los años noventa y sobre todo en el siglo XXI, fruto de la sucesión de instrumentos de planificación claramente favorecedores de su expansión.

3.2.1. Introducción

Mediante lo contenido en el Gráfico número 10 se pretende mostrar una imagen general de la evolución de las inversiones en materia de infraestructuras de transporte por parte del gobierno central, desde mediados de los sesenta hasta la última fecha disponible (2012).

A lo largo de este capítulo se explica cómo la formulación y puesta en marcha -en mayor o menor medida- de los diferentes planes de transporte, ha influido en el comportamiento que registra dicho gráfico. Es especialmente relevante la evolución experimentada por el volumen de inversiones destinado tanto a infraestructuras viarias como a ferroviarias, por su cuantía y también por los diferentes comportamientos detectados.

A mediados de la década de los sesenta, las inversiones en infraestructuras de transporte eran muy reducidas a nivel global, si bien la cuantía destinada a las viarias era la más alta, seguida por el ferrocarril y en niveles muy bajos la portuaria y aeroportuaria.

Desde finales de los sesenta y durante la década siguiente, la infraestructura viaria se fue consolidando como aquella destinataria principal de las inversiones, aumentando de

forma muy regular su cuantía anual y alcanzando los 2.000 millones de euros destinados ya en 1970. El ferrocarril se consolidaba como la segunda opción en torno a los 1.000 millones anuales, mientras que las dos tipologías restantes ocupaban un lugar muy marginal.

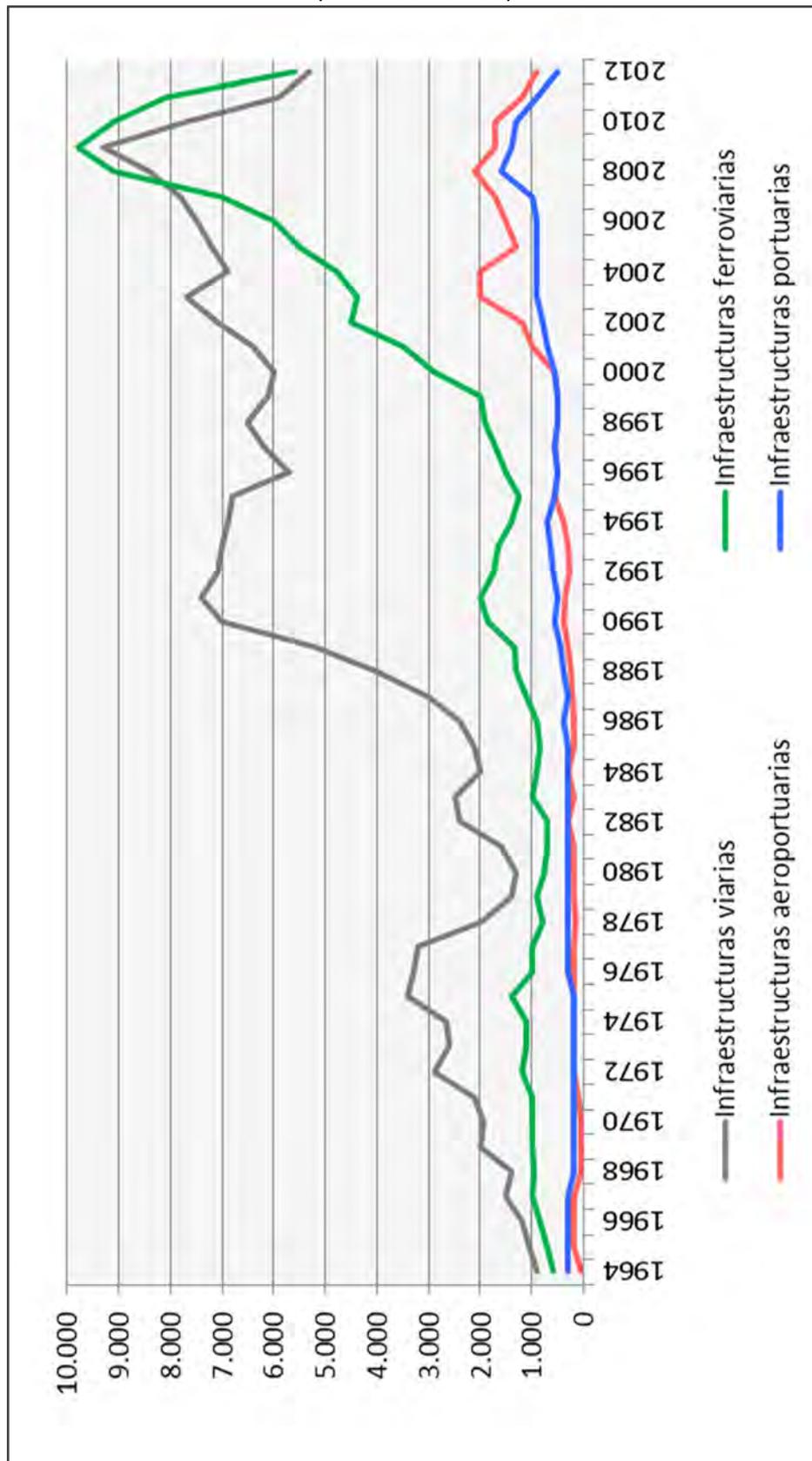
Durante los años ochenta la infraestructura viaria seguía consolidada en el primer lugar de destino de la inversión en transporte. El ferrocarril continuaba en segundo lugar, si bien la cuantía dedicada quedaba estancada en torno a los 1.000 millones de euros anuales o incluso con valores más bajos.

En este sector hay que destacar que a principios de los años ochenta, la situación de la Red Nacional de Ferrocarriles Españoles (RENFE) era crítica. Existían infinidad de líneas con tráficos irrisorios y con tiempos de viaje nada competitivos, pero que tenían altos costes de mantenimiento. RENFE concentraba el 65 % de sus tráficos en sólo 5.000 kilómetros de vía, mientras que un 20 % de la red únicamente transportaba el 2 % de los pasajeros totales, hecho que suponía una destacada necesidad de recursos (12.000 millones de pesetas cada año), para acabar ofreciendo un mal servicio (con pocos trenes y condiciones penosas), dado el estado de abandono que presentaban la mayoría de líneas por la falta de inversión en las anteriores décadas.

Para intentar paliar esta situación, en 1981 el Consejo de Administración de RENFE aprobó el denominado Plan General de Ferrocarriles (1981-1993), si bien el plan no llegó a entrar en vigor (Santos, 2002).

En su lugar se elaboró un Contrato-Programa (1984-1986) firmado entre el Estado y la propia RENFE. En dicho acuerdo RENFE se comprometía a reducir los costes de explotación y mejorar el servicio prestado, mientras que el Estado se comprometía a aportar los recursos necesarios para sanear la empresa y a planificar el transporte para eliminar la competencia desigual entre medios.

Gráfico 10. Inversiones en infraestructuras de transporte en España (1964-2012)
(Mil./€ corrientes)



Fuente: Elaboración propia a partir de Vassallo (2010) e Informe Anual de Transportes 2012 (Ministerio de Fomento, 2013)

Tabla 18. Líneas de ancho ibérico (1.668 mm) altamente deficitarias

TRAYECTO	LONGITUD (kilómetros)	ESTADO (a partir del 1 enero 1985)
Caminreal-Ciudad Dosante	434	Cerrada
Palazuelo Empalme-Astorga	348	Abierta sólo a mercancías
Valladolid-Ariza	254	Abierta sólo a mercancías
Alcantarilla-Guadix	241	Cerrada entre Guadix y Almendricos (161 kilómetros)
Zafra-Huelva	181	Abierta, subvencionada por la Junta de Andalucía
Zafra-Los Rosales	140	Zafra-Llerena: Abierta sólo a mercancías
		Llerena-Los Rosales: Abierta subvencionada por la Junta de Andalucía
Almorchón-Córdoba	135	Abierta sólo a mercancías
Huesca-Canfranc	135	Abierta
Granada-Bobadilla	123	Abierta, subvencionada por la Junta de Andalucía
Jaén-Campo Real	121	Cerrada
Utrera-La Roda	110	Abierta, subvencionada por la Junta de Andalucía
Lérida-Pobla de Segur	90	Abierta, subvencionada por la Generalitat de Catalunya
Les Franqueses-Ripoll	75	Abierta
Mérida-Zafra	65	Abierta, subvencionada por la Junta de Andalucía
Xàtiva-Alcoi	64	Abierta, subvencionada por la Generalitat de Valencia
Fuente de San Esteban-La Fregeneda	61	Cerrada
Ripoll-La Tour de Carol	52	Abierta
Gibraleón-Ayamonte	49	Abierta, subvencionada por la Junta de Andalucía
Zafra-Jerez de los Caballeros	47	Abierta, sólo a mercancías
Puerto de Santa María- Sanlúcar de Barrameda	37	Cerrada
Almendricos-Águilas	31	Abierta

La Trinidad-Morón	31	Abierta sólo a mercancías
Vara de Quart-Llíria	29	Cerrada entre Riba-Roja y Llíria (12 kilómetros)
Albatera-Torreveija	26	Abierta sólo a mercancías
Villacañas-Quintanar	25	Abierta sólo a mercancías
Montcada-Les Franqueses	22	Abierta
El Coscollar-Cabañal	21	Cerrada
Cinco Casas-Tomelloso	19	Cerrada
Selgua-Barbastro	19	Cerrada
Vadollano-Los Salidos	18	Cerrada
Zuera-Gurrea	14	Abierta sólo a mercancías
Quintanilla-Barruelo	13	Abierta sólo a mercancías
Ripoll-Sant Joan de les Abadesses	10	Cerrada
Toral de los Vados-Villafranca del Bierzo	9	Abierta sólo a mercancías
Las Palmas-Grao de Castellón	7	Abierta sólo a mercancías
Guillarey-Tuy	6	Abierta
Les Franqueses-Granollers	3	Abierta sólo a mercancías
TOTAL	3.065	913 kilómetros con cierre total en 1985

Fuente: Elaboración propia a partir de www.ferropedia.es, 2014

En este Contrato-Programa destaca la inclusión de la cláusula por la que a partir del día 1 de enero de 1985, el Estado dejaría de subvencionar cualquier línea “altamente deficitaria”. Esta consideración era totalmente palmaria, cualquier línea que no consiguiera cubrir como mínimo un 23 % de sus costes a partir de los ingresos que generara, sería considerada altamente deficitaria. La consecuencia iba a ser el cierre de 3.065 kilómetros de vía. Ante las protestas que el plan suscita, se limitó la cantidad de líneas cerradas (Mapa número 10). Algunas Comunidades Autónomas mantuvieron en funcionamiento algunas líneas de su territorio, mientras que en otras el apoyo prestado fue menor. Finalmente, esta fue la situación en que quedaron las líneas altamente deficitarias de acuerdo con lo reseñado en la Tabla número 18.

Con la Ley 16/1987, relativa a la Ordenación de los Transportes Terrestres (LOTT) se actualizó la legislación nacional. Su entrada en vigor supuso la actualización de una legislación ferroviaria totalmente anticuada puesto que sustituye a la anterior normativa, que data de 1877. Más adelante, en 1990 se aprobó el Reglamento de esta Ley, mediante el Real Decreto 1211/1990, de 28 de septiembre. Esta pretensión de reforma del sector ferroviario fue completada con la aprobación del Plan de Transporte Ferroviario o PTF (1987-2000) en 1987, el mismo año que el de la entrada en vigor de dicha Ley.

3.2.2. Plan de Transporte Ferroviario (1987-2000)

Este Plan fue el primero tras muchos años sin planificación ferroviaria (Santos, 2002). Se presentaba como una “inversión de ruptura”, planteando como objetivos fundamentales la modernización del sistema ferroviario, mejora de su calidad y la rentabilidad de los servicios. Cumpliendo estas premisas, se preveía aumentar la velocidad máxima en muchos tramos hasta los 200-220 km/h³⁵, y permitir que en el conjunto de la red se pudiera circular a una velocidad de 170 km/h.

El presupuesto ascendía a 2,1 billones de pesetas, una cifra muy superior a lo que se venía destinando anualmente (inferior a 50.000 millones de pts.) Este repunte en la inversión en el sector ferroviario a finales de los ochenta aparece reflejado en el Gráfico número 10.

La mayor parte de esta inversión se destinaría a mejorar la calidad del servicio y también a lograr una mayor rentabilidad, concentrando las inversiones en los corredores de mayor demanda.

Teniendo en cuenta el contexto de crisis económica en el que se aprueba y, en relación con ello, su naturaleza y objetivos, en el Plan de Transporte Ferroviario la construcción de nuevos trazados quedaba en un segundo plano. Concretamente, la cuantía dedicada a inversiones en esta materia sólo suponía el 20 % de su presupuesto (Naranjo, 1987).

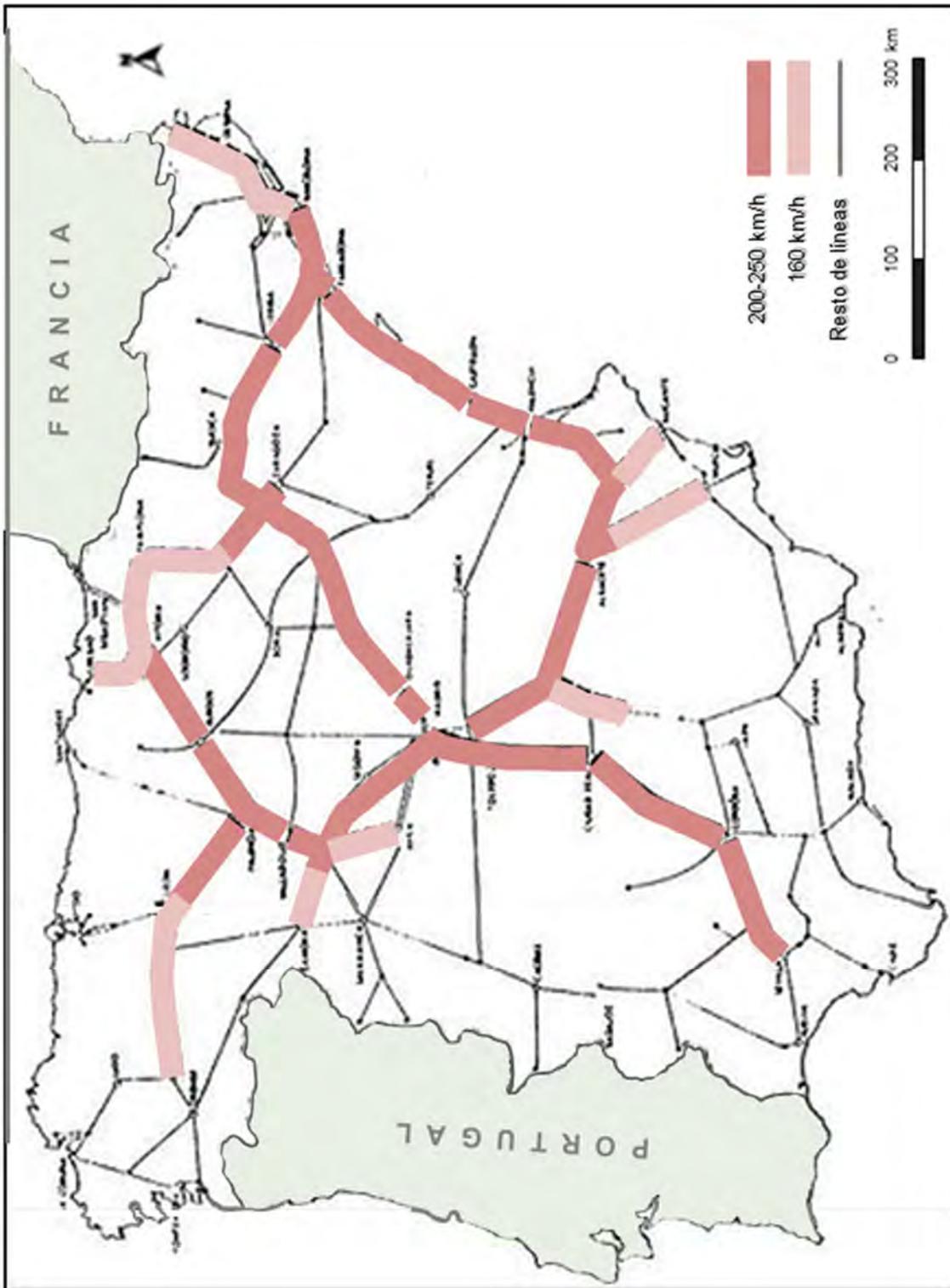
De esos 2,1 billones de pesetas, se dispuso que una parte importante de la inversión se invirtiera en el primer lustro (hasta 1992). Así, buena parte de las reformas fijadas (incluyendo el aumento de velocidad a 200 km/h) estuvieron operativas cuando tuvieron lugar los Juegos Olímpicos de Barcelona y la Exposición Universal de Sevilla.

Dentro de este Plan una de las actuaciones principales consistía en la construcción de un Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía (NAFA) con la variante de Brazatortas-Alcolea (Córdoba), para evitar el estrangulamiento de Despeñaperros (Ver Mapa número 11). Con una inversión en torno a los 77.000 millones de pesetas, fue destinada a un uso mixto de pasajeros y mercancías y se rechazaría el ancho UIC, también llamado europeo o estándar, más estrecho que el ibérico (1.435 frente a 1.668 milímetros).

Tras el Plan de Transporte Ferroviario, la incorporación de nuevos criterios en la política gubernamental, por ejemplo el concepto de la “alta velocidad ferroviaria” o la aproximación hacia una mentalidad más “europeísta” con el cambio de ancho ibérico a ancho internacional, provocó la prematura obsolescencia de dicho plan (Santos, 2002).

³⁵ Estos tramos capaces de albergar circulaciones de entre 200-250 km/h se localizarían en el triángulo Madrid-Barcelona-Valencia, Madrid-Sevilla, Madrid-Valladolid y en tramos más puntuales del resto de la red.

Mapa 11. Plan de Transporte Ferroviario 1987-2000



Fuente: Elaboración propia a partir de www.ferropedia.es, 2014

El propio Consejo el 9 de diciembre de 1988 decidió la construcción de líneas de alta velocidad y la adopción del ancho estándar. Esta decisión política expuesta por Jiménez y Betancor (2011), se materializa con la construcción del NAFA pero con características del TGV francés, destinado exclusivamente para viajeros y con ancho estándar. El resultante distaba mucho de lo establecido en el Plan.

Aunque oficialmente no fue derogado³⁶ la mayor parte de las propuestas del Plan no se llevaron a cabo. Y no fue tanto debido a la falta de inversión, ya que hasta 2000 se aplicaron 2,03 billones de pesetas, cifra muy similar a la señalada en los presupuestos oficiales, sino más bien a la concentración de la inversión en la construcción de líneas de alta velocidad con ancho estándar, como un primer paso para generalizar el cambio de ancho en la red nacional.

La construcción del Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía, tanto como la compra de los nuevos trenes que debían cubrir el servicio, absorbieron una parte creciente de las inversiones ferroviarias. Hay que tener en cuenta que fue necesaria la prolongación de dicho Acceso desde Parla hasta Atocha y desde Alcolea hasta Sevilla, con vía separada, de tal forma que la concepción inicial de uso mixto para pasajeros y mercancías acabó siendo una línea de alta velocidad exclusiva para pasajeros.

Todo ello supuso que la partida destinada al mantenimiento de la red ferroviaria existente fue menor a la estipulada en el Plan de Transporte Ferroviario, ocasionando el empeoramiento de su estado (Torres, 2005).

Del resto de inversiones previstas en dicho Plan, además de las dedicadas a cercanías, se realizó la adaptación a 200 km/h de buena parte de los tramos Alcázar de San Juan-Játiva y Castellón-Vandellós y se proyectaron y empezaron a construir algunas variantes en Zaragoza y Lérida, las cuales se integraron posteriormente en la línea Madrid-Zaragoza-Barcelona-Frontera Francesa. En contraste no hubo prácticamente inversiones en los cuadrantes norte y noroeste.

En 1992 se inauguró la primera línea de alta velocidad española, conectando las ciudades de Madrid y Sevilla. Esta construcción y sus características distan mucho de lo indicado en el Plan de Transporte Ferroviario pero también difiere de lo estipulado por la Unión Europea. En el Primer Plan de Acción Comunitario en materia de redes transeuropeas (COM, 90, 585), se destacan dos enlaces: un enlace norte, conectando las ciudades de París, Bruselas, Colonia, Amsterdam y Londres, la línea conocida como PBKAL y un enlace sur, que comunique Sevilla, Madrid, Barcelona, Lyon, Turín, Milán y Venecia.

Por tanto, se siguen las directrices europeas al comenzar este enlace sur con la conexión en ancho europeo y alta velocidad entre Madrid y Sevilla, pero si se tienen en cuenta los proyectos incluidos en el anexo II de la Resolución 91/C 33/01, calificados como clave, aparece únicamente la conexión número 9 entre las ciudades de Madrid, Barcelona y la Frontera francesa (hasta Perpignan), junto a los enlaces 10 a) (Oporto-Lisboa-Madrid) y 10 b) (Madrid-Vitoria-Dax), según se refleja en el Mapa número 13.

En dicha Resolución no aparece como enlace clave de alta velocidad europea la conexión Madrid-Sevilla, mientras que, por el contrario, sí indica la necesidad de conectar Madrid con Barcelona (cuya inauguración fue 16 años después, en 2008) y la frontera francesa (tramo inaugurado en 2013).

Si bien el tren de alta velocidad es consecuencia de un proyecto para mejorar la vía tradicional, en España se decidió iniciar esta red no por el eje con mayor aglomeración demográfica Madrid-Barcelona sino hacia el sur. En otros países como Francia ha prevalecido la eficacia. La conexión de París con Lyon da servicio a un mayor número de habitantes y por tanto mayor número de potenciales viajeros, prevaleciendo este criterio respecto a la equidad territorial (Martí-Henneberg, 2000). En el caso de la conexión Madrid-Barcelona, no sólo se trataría de enlazar las dos ciudades más

³⁶ De hecho, se habló más de un Plan de Transporte Ferroviario “ampliado” (con la incorporación de las medidas relativas a alta velocidad) que de su derogación (Santos, 2002).

pobladas del país sino también la ciudad de Zaragoza, lo que se vería influido a su vez por los tráficos transversales este-oeste (Serrano, 2000).

En el Consejo Europeo de Bruselas de 1993 se creó el ya mencionado Grupo de Alto Nivel conocido como Grupo Christophersen³⁷, destinado a la definición de proyectos estratégicos en materia de redes de transporte y energía.

Pues bien, en la lista de Essen o Christophersen figuraban dos proyectos referentes al ferrocarril español: el número 3 (tren de alta velocidad Suroeste, Madrid-Barcelona-Montpellier) y el número 8 (conexión multimodal Portugal-España-resto de Europa), como aparece en la Tabla número 8. Aunque de nomenclatura diferente, los trazados propuestos son análogos a los indicados en la anterior Resolución 91/C 33/01.

Para España la inclusión de estas actuaciones en la lista de proyectos prioritarios del mencionado Grupo de Trabajo fue capital, puesto que ha condicionado posteriormente toda la lista de prioridades de la Unión Europea en materia de Red Transeuropea de Transporte para España hasta prácticamente 2006 (Boira, 2007).

Al tratarse de líneas de alta velocidad en ancho estándar, su progresiva adaptación supuso grandes incompatibilidades y problemas de interoperabilidad con el resto de la red nacional. Más tarde estas dificultades se han ido suavizando en pos de mejorar la interoperabilidad de las redes, mediante el desarrollo de convoyes con ancho variable equipados con sistemas para cambiar la anchura de ejes en pocos minutos (Torres, 2005).

En definitiva, con estas actuaciones se produjo un claro cambio de orientación en la política ferroviaria española, lo que provocó también la prematura obsolescencia del Plan de Transporte Ferroviario y su sustitución por el nuevo Plan Director de Infraestructuras o PDI (1993-2007).

3.2.3. Plan Director de Infraestructuras (1993-2007)

Con el Plan Director de Infraestructuras los objetivos cambian, apostando más por la construcción de líneas de alta velocidad ferroviaria, primando la conexión con la red ferroviaria comunitaria, en consonancia con las listas de proyectos prioritarios anteriores. Además de la ya inaugurada línea de alta velocidad Madrid-Sevilla, se definen los siguientes trazados: Madrid-Barcelona-Frontera francesa, Zaragoza-País Vasco, Madrid-Valladolid y Madrid-Valencia (ver Mapa número 12).

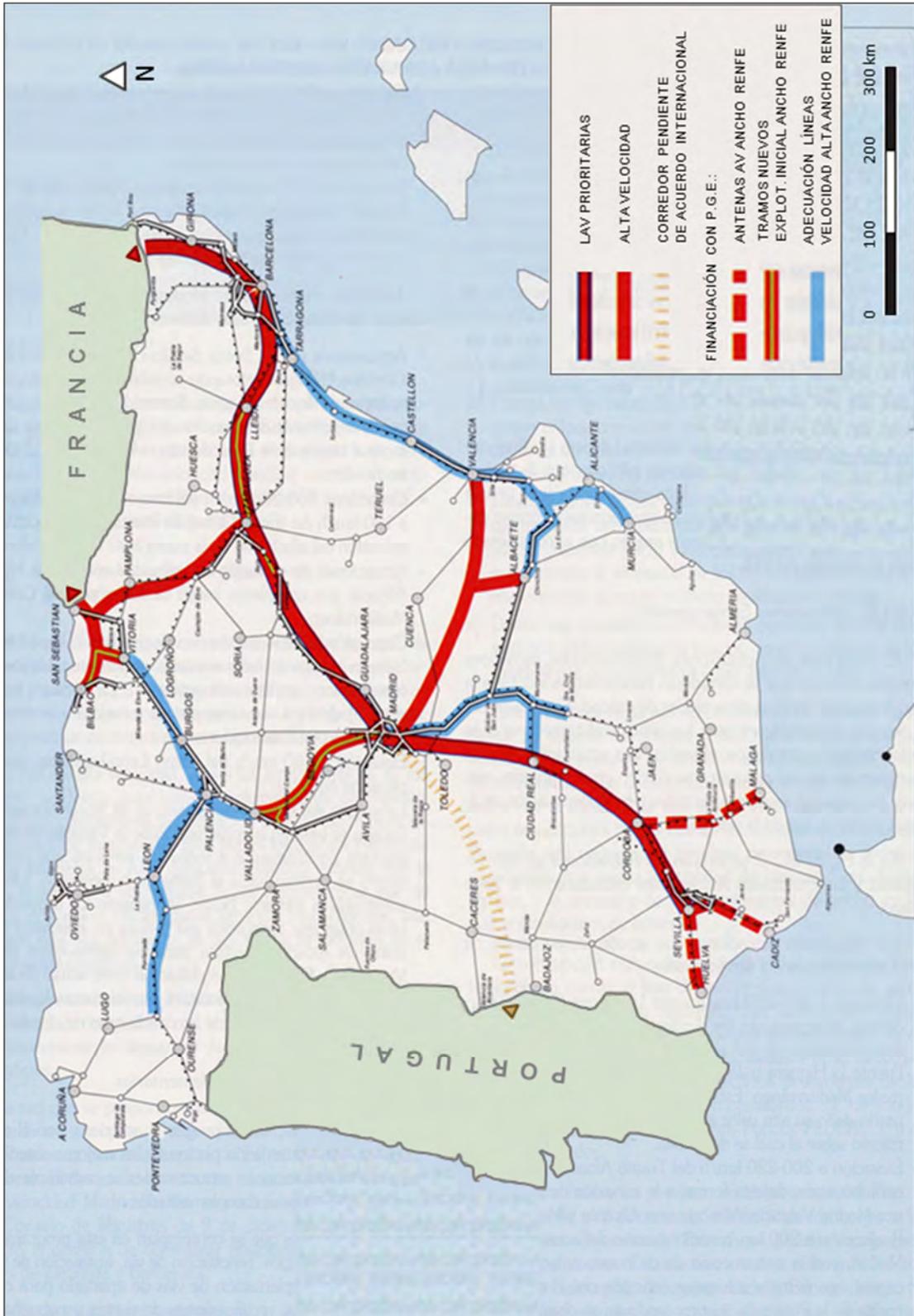
Es necesario añadir que fue el primer plan plurimodal de infraestructuras en España, y señalaba que el ferrocarril necesitaba posicionarse como un modo especializado “dirigido a los segmentos del mercado en los que presenta evidentes ventajas comparativas respecto a los otros modos”. El 28 % del presupuesto se destinaría al transporte interurbano, apostando por el incremento del tráfico de cercanías. Otros tipos de actuaciones se encaminaban a la mejora del control del tráfico, la señalización, seguridad, conservación y mantenimiento de la red (Santos, 2002).

Volviendo a nivel comunitario, con la Decisión 1692/96/CE de 1996 y la lista posterior del Grupo Van Miert se amplían el número de proyectos de la lista de Essen y a su vez también aumentan aquellos referentes a España. En la Tabla número 19 se muestra la nueva relación de proyectos estipulada con afecciones en el territorio español.

En dicha lista aparecen los ya mencionados proyectos número 3 y número 8, y se añaden tres más, dos de ellos de carácter ferroviario. De éstos, el proyecto número 16 se refiere a las mercancías, y el número 19 se dedica a la mejora de la interoperabilidad en toda la red nacional de alta velocidad, transformándola a ancho estándar. Además el propio proyecto número 3 se modifica puesto que se incorpora a la línea mixta de pasajeros y mercancías Barcelona-Perpignan, que comunica con Montpellier y Nimes.

³⁷ Dicho Grupo estuvo conformado por representantes de cada Estado miembro. En nombre de España participó J. A. Zaragoza, en ese momento secretario de Estado de Política Territorial y Obras Públicas.

Mapa 12. Plan Director de Infraestructuras. Alta velocidad y principales actuaciones estructurantes



Fuente: Elaboración propia a partir de www.ferropedia.es, 2014

Como puede observarse en el Gráfico número 3, ninguno de los concernientes a España se ha finalizado (a fecha de enero de 2015), con un grado de ejecución bastante dispar. Por ejemplo, para el proyecto número 3, los ejes de alta velocidad Madrid-Barcelona y Barcelona-Nimes se encuentran finalizados, mientras que el eje Madrid-Lisboa presenta más problemas, especialmente por la negativa del gobierno luso a la construcción de su tramo correspondiente en este país.

Tabla 19. Proyectos Prioritarios para España

Nº	PROYECTO	INICIATIVA
3	Eje ferroviario de alta velocidad del sureste de Europa	Lisboa/Oporto-Madrid
		Madrid-Barcelona
		Barcelona-Perpignan-Montpellier-Nimes
		Madrid-Vitoria-Irún/Hendaya
		Irún/Hendaya-Dax
8	Eje multimodal Portugal/España-resto de Europa	Ferrocarril La Coruña-Lisboa
		Ferrocarril Lisboa-Valladolid
		Autopista Lisboa-Valladolid
		Autopista La Coruña-Lisboa
		Autopista Sevilla-Lisboa
16	Eje ferroviario de mercancías Sines/Algeciras-Madrid-París	Nuevo eje por Pirineos
		Ferrocarril Sines-Badajoz
		Ferrocarril Algeciras-Bobadilla
19	Interoperabilidad del ferrocarril de alta velocidad en la Península Ibérica	Madrid-Andalucía-Noreste
		Madrid-Levante y Mediterráneo
		Corredor Norte/Noroeste Extremadura
21	Autopistas del mar	Autopista del Mar Europa occidental a través del arco atlántico
		Autopista del Mar Europa suroccidental España-Italia

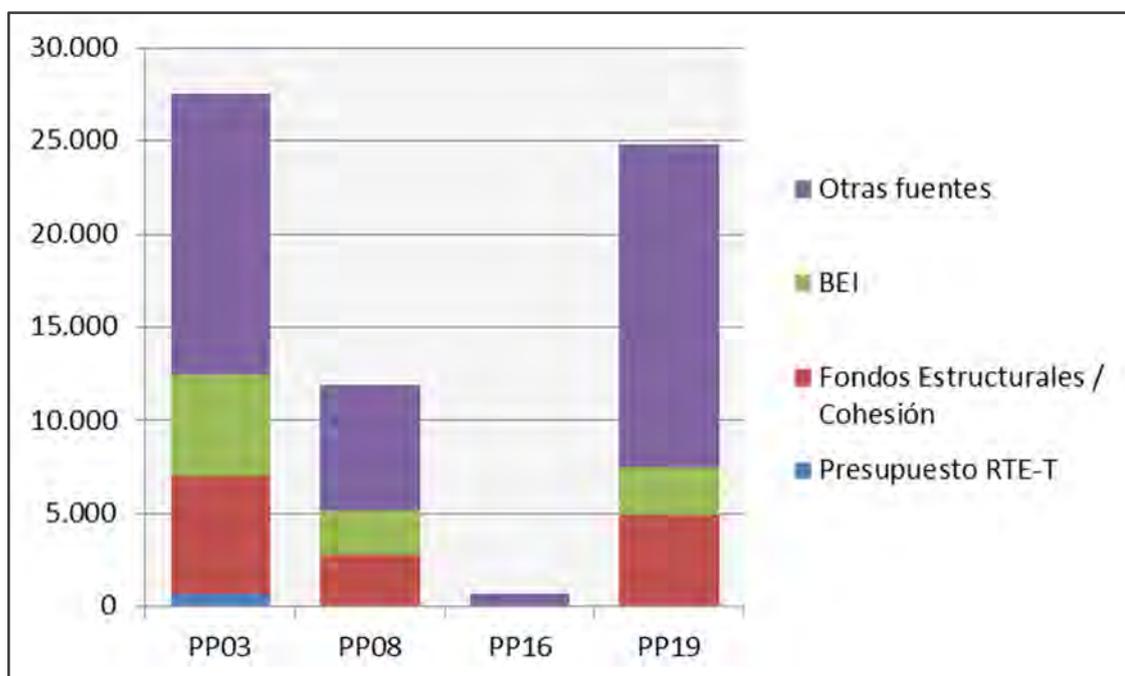
Fuente: Elaboración propia a partir de Boira, 2007

Esta profusión de proyectos comunitarios requiere como es natural unas fuertes inversiones. Dichas cuantías han sido muy disimétricas entre los proyectos que afectan a España, como puede apreciarse en el Gráfico número 11, extraído del Informe Comunitario de la Red Transeuropea de Transporte (2010). Los proyectos 3 y 19 relativos al transporte ferroviario de alta velocidad, constituyen el segundo y tercer proyecto de toda la lista de 30 proyectos prioritarios por cuantía de inversión prevista. Obviamente, en lo que se refiere a España suponen unos volúmenes de inversión muy importantes aproximándose a los 30.000 millones de euros, destacando el caso del proyecto número 3 valorado en 25.000 respecto al referente del número 19.

El proyecto número 8 referente a la creación de un eje multimodal para potenciar la red de transporte entre Portugal y España con el resto de Europa, se sitúa en un volumen de inversiones intermedio dentro de la lista, en torno a los 12.500 millones de euros. Finalmente, el proyecto número 16, centrado en las mercancías, supone unas cuantías muy inferiores a las anteriores, en torno a los 1.000 millones de euros.

Respecto a las fuentes de financiación, las aportaciones han sido también muy dispares. En todos los casos a nivel español, la mayor parte de este presupuesto proviene de lo que el citado informe denomina "otras fuentes". En segundo lugar aunque a una distancia siempre lejana, se sitúan las inversiones procedentes de los Fondos Estructurales, siempre en torno a un 20-30 % respecto al total de volumen de inversión expuesto. En unas cifras algo inferiores, tanto en valores absolutos como relativos, se encuentran las aportaciones del BEI (Banco Europeo de Inversiones), mientras que el capital aportado desde el presupuesto de la Red Transeuropea de Transporte es testimonial en todos los casos. El reparto de inversiones puede observarse en el Gráfico número 11.

Gráfico 11. Financiación de los Proyectos Prioritarios para España (previsión 2013). (MII/€)



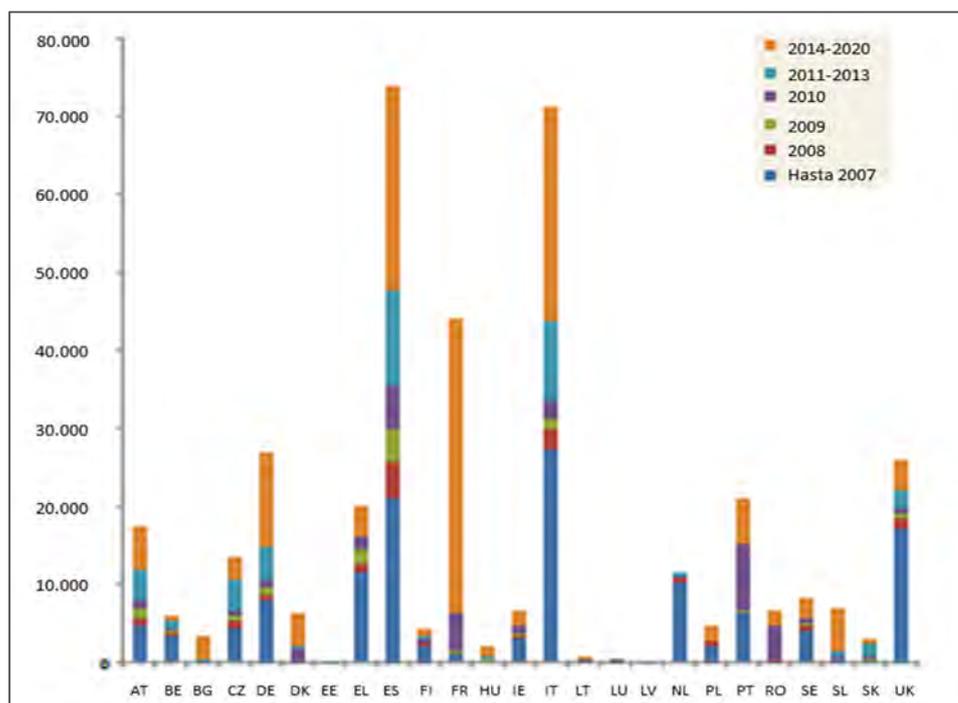
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del "Transeuropean Transport Network, Progress Report 2010". Nota: En dicha fuente no aparecen explicitadas las cuantías dedicadas al PP 21

A nivel de conjunto en el Gráfico número 12, se muestra la distribución de la financiación de la Red Transeuropea de Transporte según los Estados miembro (fondos comunitarios más los fondos propios de cada Estado).

España es el país con unas cuantías superiores, en torno a 75.000 millones de euros, prácticamente a la par que Italia. Destacan claramente sobre el resto de países. Tras ellos, les siguen a gran distancia Francia, con cerca de 45.000 millones de euros y después Alemania y Reino Unido, en torno a 28.000 millones de euros. Grecia y Portugal registran cifras inferiores aunque cercanas, en torno a los 20.000 millones de euros.

De este modo sobresalen países periféricos como España, Grecia y Portugal, pero también otros con una situación más central dentro del continente con ciudades localizadas en la dorsal europea: es el caso de Italia (Milán o Turín), Francia (París o Estrasburgo), Alemania (cuena del Ruhr) y Reino Unido (Manchester o Londres).

Gráfico 12. Inversión total en los Proyectos de la Red Transeuropea de Transporte por países miembros (Mill€)



Fuente: Elaboración propia a partir del "Transeuropean Transport Network, Progress Report 2010"

3.2.4. Plan de Infraestructuras de Transporte (2000-2007)

Valdés (1998) señala la importancia de seguir avanzando en la planificación de transportes, especialmente en lo referente a la alta velocidad. Es necesario dotarla de un Plan, que debe otorgársele un amplio periodo de actuación y vigencia (20-25 años).

Pese a que en el Plan Director de Infraestructuras ya se anunciaba la apuesta por el desarrollo de este tipo de transporte ferroviario, la administración nacional elaboró en 2000 el Plan de Infraestructuras de Transporte o PIT (2000-2007). Aunque el periodo de vigencia no es muy amplio sí que se le otorga un gran protagonismo a la alta velocidad, como se expondrá en los siguientes párrafos (Tabla número 20).

Este Plan es un claro favorecedor de la expansión de la red de alta velocidad ferroviaria por España, con el desarrollo de líneas de nueva creación en muchos de los casos. Lo que se pretende con ello es que todas las capitales de provincia tuvieran acceso a una red mixta, con un tiempo máximo de 4 horas entre Madrid y las ciudades costeras, así como enlazar con Francia y Portugal (Bellet, 2008).

Tabla 20. Plan de Infraestructuras de Transporte (2000-2007). Inversiones en el periodo 2000-2010

PROGRAMAS	BILLONES PTS.	MILES DE MILLONES DE EUROS	%
Autovías y autopistas	6,6	39,8	38,6
Ferrocarriles	6,8	40,5	39,8
Aeropuertos	1,9	11,4	11,1
Puertos	1,2	7,5	7,0
Otras actuaciones	0,6	3,6	3,5
TOTAL	17,1	102,9	100

Fuente: Elaboración propia a partir del Ministerio de Fomento, 2014

En el diseño de los nuevos trazados prima el carácter radial, con Madrid como elemento central, foco atractor y difusor de flujos de personas y mercancías. Los trazados longitudinales (norte-sur) están mucho más desarrollados que los transversales, identificándose por un lado todos los ejes que parten o llegan a Madrid, y por otro el eje Mediterráneo (frontera francesa-Almería). No existe pues ningún eje transversal que no pase por Madrid o sus cercanías, lo que refuerza el carácter radial, centralizante y escasamente vertebrador del Plan (ver Mapa número 13).

La cuantía presupuestaria dedicada al desarrollo del Plan es mucho mayor que la de los planes anteriores. El total de inversiones públicas y privadas asciende a 32 billones de pesetas. (192.000 millones de euros). El Ministerio de Fomento dedicó 17,1 billones de Pts. (102.900 millones de euros). En la tabla superior se desglosan esas inversiones por medios de transporte.

Al igual que sucede a nivel europeo, el grueso de las inversiones corresponde al ferrocarril, con lo cual puede afirmarse que España se adapta a las determinaciones y líneas directrices de la política comunitaria en materia de infraestructuras y de transporte: revitalización del sector ferroviario en base a la alta velocidad, adecuación de las infraestructuras y desarrollo de las conexiones con Europa (Red Transeuropea).

Dentro de las inversiones ferroviarias, las actuaciones dedicadas a alta velocidad suponen la mayor parte de la partida presupuestaria. Comparte con el Plan Director de Infraestructuras el hecho de albergar simultáneamente dos redes ferroviarias (la de alta velocidad y la convencional). Pero la diferencia fundamental estriba en que la mini-red de alta velocidad y ancho internacional se convierte en una red generalizada por el territorio, con la construcción de 7.200 kilómetros nuevos (Segura, 2012), mientras que la red ordinaria pasa a un segundo plano. Por tanto, la alta velocidad se desarrolla obviando la red preexistente (Santos, 2002).

En 2003 se inauguró la línea Madrid-Lérida. El gobierno autonómico catalán pretendía que se conectara Barcelona con la red europea, pero la decisión tomada por la administración estatal fue diferente: conectarla primero a Madrid, reforzando de esta manera el modelo central a través de la capital. Más adelante se inaugurarían los tramos Lérida-Camp de Tarragona y finalmente Camp de Tarragona-Barcelona.

3.2.5. Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (2005-2020)

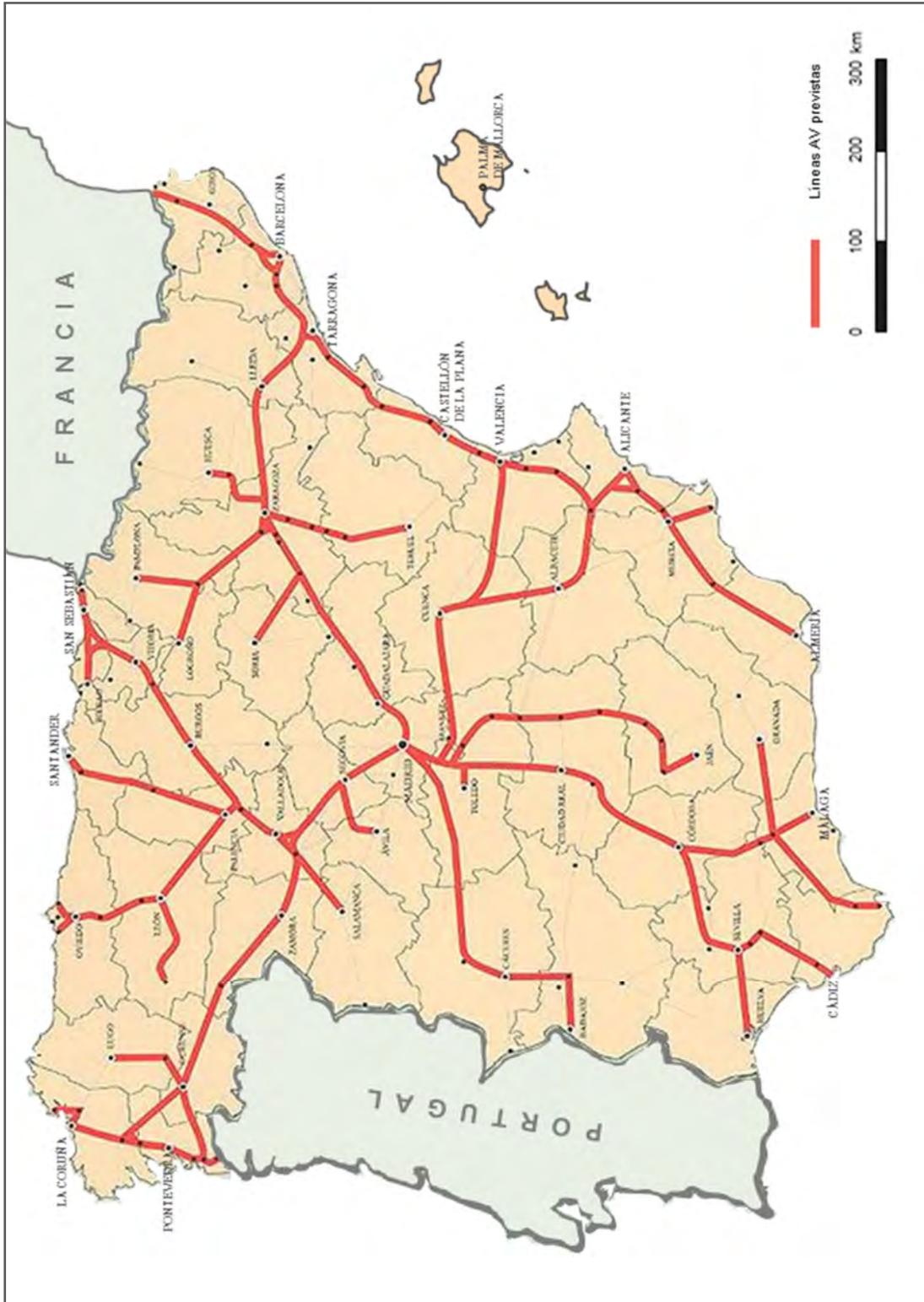
El devenir de la política comunitaria en materia de transportes incidirá con nitidez a nivel nacional. La nueva dimensión de proyectos infraestructurales que supuso la aprobación de la lista de Van Miert, también se proyectó en España con la entrada en vigor de una nueva planificación en materia de transportes: el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte o PEIT.

Este Plan entró en vigor en 2005³⁸ y se convierte en el instrumento de planificación del conjunto de las actuaciones en materia de infraestructuras de transportes, competencia del Ministerio de Fomento, hasta el horizonte 2020. Sustituye, por tanto, al referido Plan de Infraestructuras de Transporte (2000-2007).

La influencia de las directrices comunitarias se plasma en fijar como grandes ejes rectores del Plan la cohesión territorial, la intermodalidad, la seguridad y la sostenibilidad, así como el establecimiento de un marco racional y eficiente para el sistema de transporte a medio y largo plazo, en coherencia con lo que se explicita en el documento propuesta del Plan (diciembre de 2004).

³⁸ En ese mismo año también entró en vigor la Ley 39/2003, del sector ferroviario.

Mapa 13. Plan de Infraestructuras de Transporte. Actuaciones para alta velocidad. Horizonte 2010



Fuente: Elaboración propia a partir de www.ferropedia.es, 2014

Los objetivos se materializaron mediante el Acuerdo del Consejo de Ministros de 16 de julio de 2004, en los siguientes ámbitos: eficiencia del sistema, cohesión económica y territorial, compatibilidad ambiental y desarrollo económico. A continuación se presentan brevemente cada uno de éstos:

a) Mejorar la eficiencia del sistema: se refiere concretamente a la mejora de la calidad del servicio prestado y atender a las necesidades de movilidad de los usuarios y los flujos de mercancías, en condiciones no sólo ya de calidad-seguridad, sino también de capacidad.

b) Fortalecer la cohesión social y territorial: generando condiciones de accesibilidad equitativa a las infraestructuras de transporte y evitando transferencias regresivas de renta, tratando de superar la radialidad histórica en favor de un mallado más flexible que facilite las relaciones interterritoriales.

c) Contribuir a la sostenibilidad general del sistema: cumpliendo los compromisos que establece la normativa europea, en especial la referida a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

d) Impulsar desarrollo económico y competitividad: potenciando las áreas urbanas y metropolitanas, apostando por las relaciones transfronterizas y por las nuevas tecnologías/I+D+i.

Además de estos objetivos cualitativos, en el Plan se señala que deben establecerse objetivos cuantitativos, ejercicio que debe irse reajustando con el paso del tiempo según mejore el nivel de conocimiento y de información relativo a las infraestructuras de transporte y su relación con el medio ambiente.

3.2.5.1. Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte y las Directivas 85/337/CE y 2001/42/CE

Dada su entidad, la redacción y puesta en marcha de dicho Plan se ve influida por numerosos instrumentos legislativos europeos. En las próximas líneas se analizan las Directivas 85/337/CE y 2001/42/CE y sus consecuencias sobre éste y la política de planificación de transporte a nivel nacional.

La Directiva 85/337/CE fue aprobada por el Consejo de la Comunidad Económica Europea el 27 de junio de 1985. Marca ya unas primeras directrices sobre la necesidad de establecer sistemas de evaluación de proyectos desde una óptica medioambiental, ya sean de ámbito público o privado.

Se aplica a la evaluación de las repercusiones sobre el medio ambiente de determinados proyectos públicos y privados. En concreto, se incluyen dos anexos en los que se enumeran los proyectos que deben ser objeto de evaluación ambiental.

La Directiva 2001/42/CE, figura legislativa aprobada el 27 de junio de 2001, hace referencia a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medioambiente. Semanas después fue publicada en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas³⁹.

Según aparece reflejado en dicha fuente en su artículo 1, el objetivo de la presente Directiva es “conseguir un elevado nivel de protección del medio ambiente y contribuir a la integración de aspectos medioambientales en la preparación y adopción de planes y programas con el fin de promover un desarrollo sostenible, garantizando la realización de una evaluación medioambiental de determinados planes y programas que puedan tener efectos significativos en el medio ambiente.”

³⁹ Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 197/30 – L 197/37, 21 de julio de 2001.

En el artículo 4 establece una serie de obligaciones, dispuestas en tres puntos rectores:

- a) La evaluación medioambiental se efectuará durante la preparación y antes de la adopción o tramitación por el procedimiento legislativo de un plan o programa.
- b) Los requisitos de la presente Directiva se integrarán en los procedimientos vigentes en los Estados miembro para la adopción de planes y programas o se incorporarán a los procedimientos establecidos para dar cumplimiento a lo establecido en la presente Directiva.
- c) En el caso de planes y programas que formen parte de una jerarquía de planes y programas, los Estados miembros, a fin de evitar una repetición de la evaluación, tendrán en cuenta que ésta se deberá efectuar, de conformidad con lo dispuesto en la presente Directiva, a diferentes niveles jerárquicos.

Debe destacarse que la Directiva obliga a la realización de la evaluación ambiental, y que además ésta debe efectuarse antes de la entrada en vigor y puesta en marcha de un plan o programa, evitándose así la elaboración de evaluaciones ambientales carentes de valor en la práctica, puesto que el plan o programa en cuestión ya se ha aprobado.

También resaltar que da validez al listado de proyectos incluidos en los anexos I y II de la Directiva 85/337 relativos a los proyectos a los cuales se les deberá realizar una evaluación ambiental, así como a aquellos con efectos probables en determinadas zonas (zonas especiales de conservación), como se advierte en los artículos 6 y 7 de la Directiva 92/43/CEE (Directiva Hábitats).⁴⁰

En relación a la Directiva 85/337/CE, en sus anexos I y II, existen determinados proyectos de la misma tipología que los que se incluyen en el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte, esto es, construcción de líneas de alta velocidad y de nuevas carreteras.

Concretamente, en el anexo I del citado documento, se hace referencia a: construcción de vías ferroviarias para tráfico de largo recorrido y de aeropuertos cuya pista básica de aterrizaje sea al menos de 2.100 metros de longitud; construcción de autopistas y vías rápidas y construcción de una nueva carretera de cuatro carriles o más, o realineamiento y/o ensanche de una carretera existente de dos carriles o menos con objeto de conseguir cuatro carriles o más, cuando tal nueva carretera o el tramo de carretera realineado y/o ensanchado alcance o supere los 10 kilómetros en una longitud continua⁴¹.

En el anexo II se incluyen los denominados "Proyectos de infraestructura", dentro de los cuales se insertan los siguientes: construcción de vías ferroviarias y de instalaciones de transbordo intermodal, y de terminales intermodales (proyectos no incluidos en el anexo I de la Directiva); construcción de aeródromos (proyectos no incluidos en el anexo I de la Directiva) y construcción de carreteras, puertos e instalaciones aeroportuarias, incluidos los puertos pesqueros (proyectos no incluidos en el anexo I de la Directiva)⁴².

Es cierto que en la Directiva no se habla de "Alta Velocidad ferroviaria" sino de "líneas ferroviarias de largo recorrido". Sin embargo por la naturaleza de la mayor parte de los proyectos ferroviarios del Plan, deben entenderse como tales, aunque en la Directiva no se especifique el umbral de distancia necesario para identificar una línea ferroviaria como de "largo recorrido". Esta indefinición también se trasvasa a nivel nacional, haciendo referencia a "líneas de altas prestaciones".

⁴⁰ Directiva 92/43/CE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Artículos 6 y 7.

⁴¹ Directiva 85/337/CE, Anexo I, Artículo 7, apartados a, b y c.

⁴² Directiva 85/337/CE, Anexo II, Artículo 10, apartados c, d y e.

El Ministerio de Fomento señala que la evaluación ambiental elaborada para el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte, cuyo fruto fue la presentación del Informe de Sostenibilidad Ambiental o ISA⁴³, se enmarca en el proceso de aplicación de esta Directiva y se desarrolló anteriormente a la obligación de su trasposición a la legislación nacional.

Esta transposición se hizo efectiva mediante la promulgación de la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medioambiente. Dicha Ley incluye en su Título II la exigencia de redactar un Informe de Sostenibilidad Ambiental para esta determinación.

Esta consonancia Unión Europea-España debe matizarse, no tanto en cuanto a las fases del proceso llevadas a cabo y que obliga la Evaluación Ambiental Estratégica o EAE (elaboración del Informe de Sostenibilidad) por parte del órgano promotor, en este caso el Ministerio de Fomento, sino también a la información pública y alegaciones, modificaciones resultantes en función de estas alegaciones y elaboración del Informe de Revisión Ambiental. Es relevante señalar las carencias del Informe de Sostenibilidad publicado, al no incorporar los análisis y cuantificaciones necesarias para valorar los efectos del Plan (Segura, 2005).

3.2.5.2. Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte y el sector ferroviario

Dada su relevancia y la incidencia espacial que tiene este Plan, se ha categorizado un apartado específico que recoge sus contenidos en materia ferroviaria.

Con el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte, complementado con el Plan Sectorial Ferroviario 2005-2012 (PSF) se rige la política española relativa a ferrocarril, en espera de la aprobación definitiva del PITVI, que será analizado más adelante.

Como paso previo a las propuestas y medidas acordadas en esta materia, en el PEIT se elaboró un diagnóstico con la situación en 2005 del sector ferroviario español. Se señalan como características definitorias más relevantes las siguientes: notables diferencias de niveles de dotación, en términos de calidad y seguridad, entre las líneas de la red; existencia de tramos y líneas con tráfico débil; dificultades de integración de la red en el marco internacional (interoperabilidad) y tensiones entre el desarrollo urbano y la red ferroviaria. En las principales áreas urbanas hay que añadir el importante desarrollo experimentado por las redes y servicios de cercanías.

Se señala además que en 2003, España es el segundo país de la Unión Europea por kilómetros de alta velocidad con la apertura de la línea Madrid-Lérida. Sin embargo la dotación respecto al ferrocarril convencional es sensiblemente inferior, como puede observarse en la Tabla número 21.

Se aprecia como España es uno de los países que ha visto disminuida su longitud de red ferroviaria, especialmente entre los años ochenta y noventa. En este periodo es vital la consideración del cierre total o parcial de líneas altamente deficitarias producido a 1 de enero de 1985, aspecto ya tratado anteriormente, en el apartado 3.2.1.

España ha sido uno de los países con un descenso continuado de su red desde la década de los setenta, al igual que Alemania y Francia, es decir, los países europeos que antes han comenzado a desarrollar su red nacional de alta velocidad, además de Italia.

Por el contrario en otros países como Italia, el Benelux, Austria, Suecia y Reino Unido ha disminuido su longitud de red hasta los años noventa, para después comenzar una

⁴³ “Instrumento a través del cual se identificarán, describirán y evaluarán los probables efectos significativos sobre el medio ambiente que puedan derivarse de la aplicación de un plan o programa, así como las alternativas razonables, incluida entre otras la alternativa cero, que podría suponer la no realización de dicho plan o programa” (Ley 9/2006).

pequeña recuperación. Por tanto, la mayor parte de los países considerados presentan valores positivos desde dicha década.

Tabla 21. Evolución de diferentes redes ferroviarias nacionales (km)

PAÍS	1970	1980	1990	2003	70-03	70-03 (%)
Bélgica	4.232	3.971	3.479	3.521	-711	-16,80
Dinamarca	2.352	2.015	2.344	2.273	-79	-3,36
Alemania	43.777	42.765	40.981	36.054	-7.723	-17,64
Eslovenia	2.571	2.461	2.493	2.414	-157	-6,11
España	15.850	15.724	14.539	14.387	-1.463	-9,23
Francia	36.117	34.382	34.260	29.269	-6.848	-18,96
Irlanda	2.189	1.987	1.944	1.919	-270	-12,33
Italia	16.069	16.133	16.086	16.288	219	1,36
Luxemburgo	271	270	271	275	4	1,48
Países Bajos	3.148	2.760	2.798	2.812	-336	-10,67
Austria	5.901	5.857	5.624	5.661	-240	-4,07
Portugal	3.588	3.609	3.064	2.818	-770	-21,46
Finlandia	5.870	6.096	5.867	5.851	-19	-0,32
Suecia	11.544	11.377	10.801	11.849	305	2,64
Reino Unido	19.330	18.030	16.914	17.052	-2.278	-11,78

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat (Tabla: "Total length of railway lines"), 2013

<http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=ttr00003&plugin=1>

Con el diagnóstico anterior hay que señalar que el nuevo Plan, si bien presenta un cierto cambio dialéctico respecto a su antecesor aludiendo a la sostenibilidad y reequilibrio territorial, en realidad supone un carácter continuista respecto a su antecesor. Actúa como instrumento potenciador del desarrollo de la alta velocidad en España, mayor aún si cabe que el anterior (Segura, 2012), manteniendo los proyectos heredados que ya se encuentran en marcha, así como el objetivo de conseguir la conexión de todas las capitales de provincia en altas prestaciones.

Aparte del diagnóstico, para el desarrollo del Plan se establecieron un conjunto de directrices específicas para el desarrollo de cada una de las políticas sectoriales: carreteras, ferrocarril, transporte marítimo y puertos, transporte aéreo, operadores de transporte e I+D+i. Respecto al ferrocarril, el Plan Estratégico fija estas:

1. Consolidación del nuevo modelo ferroviario, inspirado en la reforma ferroviaria de la Unión Europea. El nuevo modelo implica la separación entre la gestión de la infraestructura y los servicios, la creación de un sistema de licencias para las empresas ferroviarias, la apertura del acceso al transporte nacional e internacional para nuevos operadores ferroviarios, el fortalecimiento de la administración ferroviaria y la creación de un organismo regulador de la actividad sectorial. Esta directriz se está siguiendo en todos los pasos.

2. Promoción del desarrollo de una función central, en un sistema de transporte de pasajeros y mercancías basado en la intermodalidad, en aquellos ejes y corredores de transporte con demanda elevada. Para ello se avanzará en la integración del billete así como de las tarifas entre los diversos modos.

3. Contribución a la accesibilidad de todo el territorio, mediante servicios regionales de transporte adaptados a las características de cada área y en coherencia con las prioridades de asignación de recursos de las Administraciones territoriales competentes.

4. Establecimiento de una red de altas prestaciones⁴⁴. La red será diseñada básicamente para tráfico mixto, si bien en las rutas que tengan mayor volumen de demanda, las infraestructuras estarán dedicadas al tráfico exclusivo de viajeros. Esta doble funcionalidad sí puede calificarse como un elemento diferenciador respecto al anterior Plan.

5. Fijación de un objetivo de reducción del tiempo total de viaje para todas las relaciones interurbanas. El objetivo que señala el PEIT en este sentido es que, a lo largo de su horizonte temporal, el modo ferroviario debe situarse progresivamente en una posición competitiva frente al transporte aéreo para distancias menores de 700 kilómetros y frente al transporte privado para distancias mayores de 300 kilómetros. Esto significa que dicho Plan establece unos umbrales de distancia espacial en los cuales se presupone que el transporte ferroviario de alta velocidad debe ser competitivo y obtener una cuota de mercado más importante.

6. Estrategia para aumentar el peso del ferrocarril en el transporte de mercancías.

Otras directrices hablan de la necesidad de adecuar el ancho de red nacional al europeo, para mejorar la interoperabilidad y eficiencia. También se busca mejorar la seguridad de la red y la gestión, aunque queda enunciada de una forma un tanto ambigua (Directriz J).

Una última directriz a destacar es aquella en la que se anuncia la pretensión de modificar la fisonomía del medio urbano para mejorar la accesibilidad, la intermodalidad y lo que puede ser más complejo: facilitar la inserción del ferrocarril en el paisaje urbano.

En este sentido, la dificultad puede no estribar en el impacto visual que genere, normalmente no demasiado pues se está hablando de ámbitos urbanos, es decir, con numerosas infraestructuras asociadas y generadoras todas ellas de un cierto impacto que contribuye a la formación del propio paisaje urbano. Pero sí debe tenerse en cuenta el volumen de inversiones necesario para ello y su rentabilidad, la misma directriz habla de que dichas actuaciones deben acompañar a las grandes inversiones en la red ferroviaria.

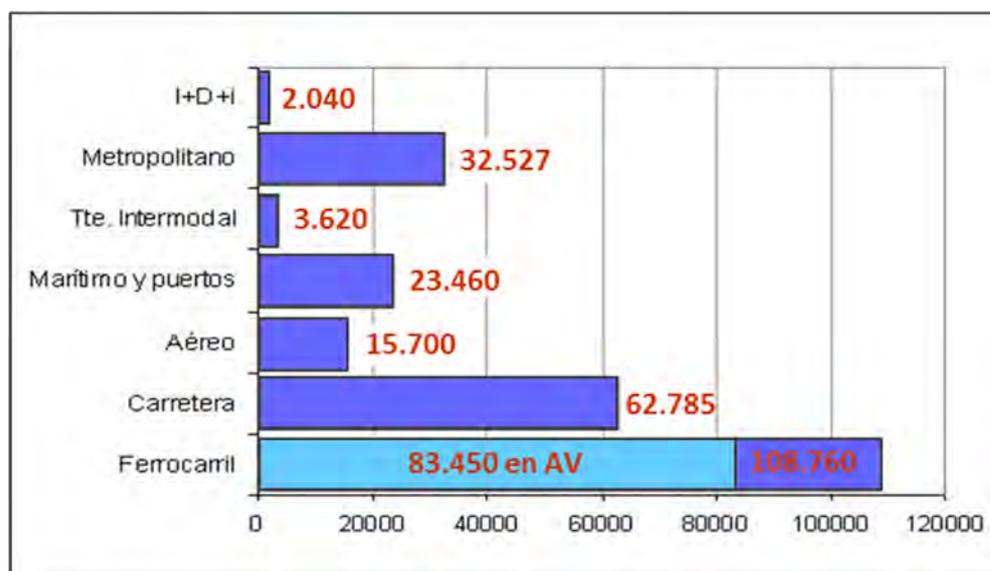
Respecto al apartado de inversiones, las mayores cuantías corresponden como era de esperar al ferrocarril y especialmente relevante es el presupuesto destinado para alta velocidad, convirtiéndolo en el eje vertebral y elemento central del sistema nacional de transportes.

Rompe la hegemonía de las infraestructuras viarias, que hasta el año 2007 habían sido además las principales receptoras de inversión en materia de transportes (González-Savignat y Matas (2010), aunque la dotación para carreteras tampoco es desdeñable, con más de 62.000 millones de euros.

En el Gráfico número 13 puede observarse las estimaciones económicas para cada modo. Las inversiones en materia ferroviaria corresponden con las más altas registradas en todo el periodo analizado (1964-2012), y en general de la historia.

⁴⁴ Por tanto, deja atrás la anterior nomenclatura de "alta velocidad".

Gráfico 13. Estimación económica de las actuaciones del Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (Millones de euros)



Fuente: Elaboración propia a partir de www.miliarium.com/bibliografia/monografias/PEIT/peit.pdf, 2005

La previsión es que el 60 % del importe total se costee con presupuestos públicos, incluyendo dentro de éstos fondos de la Unión Europea, y el 40 % restante mediante la colaboración público-privada, para que esta última aporte al menos el 20 % del montante global (Seguí, 2005).

Puede afirmarse por ello que la apuesta se centra fundamentalmente en el fomento de la alta velocidad. Tal envergadura presupuestaria supone una futura red muy desarrollada y densa, como puede observarse en el Mapa número 14.

En dicha cartografía, se señalan en color rojo los tramos de carácter troncal con capacidad para alcanzar velocidades comerciales de 300 km/h, así como una red básica que adopte los criterios de la Union Internationale des Chemins de Fer, en relación a los cambios de ancho, electrificación, señalización, etc.

En azul aparece representada la red mixta, con capacidad para que se alcancen velocidades de 200-250 km/h, siempre haciendo referencia a máximas comerciales (Bellet, 2008).

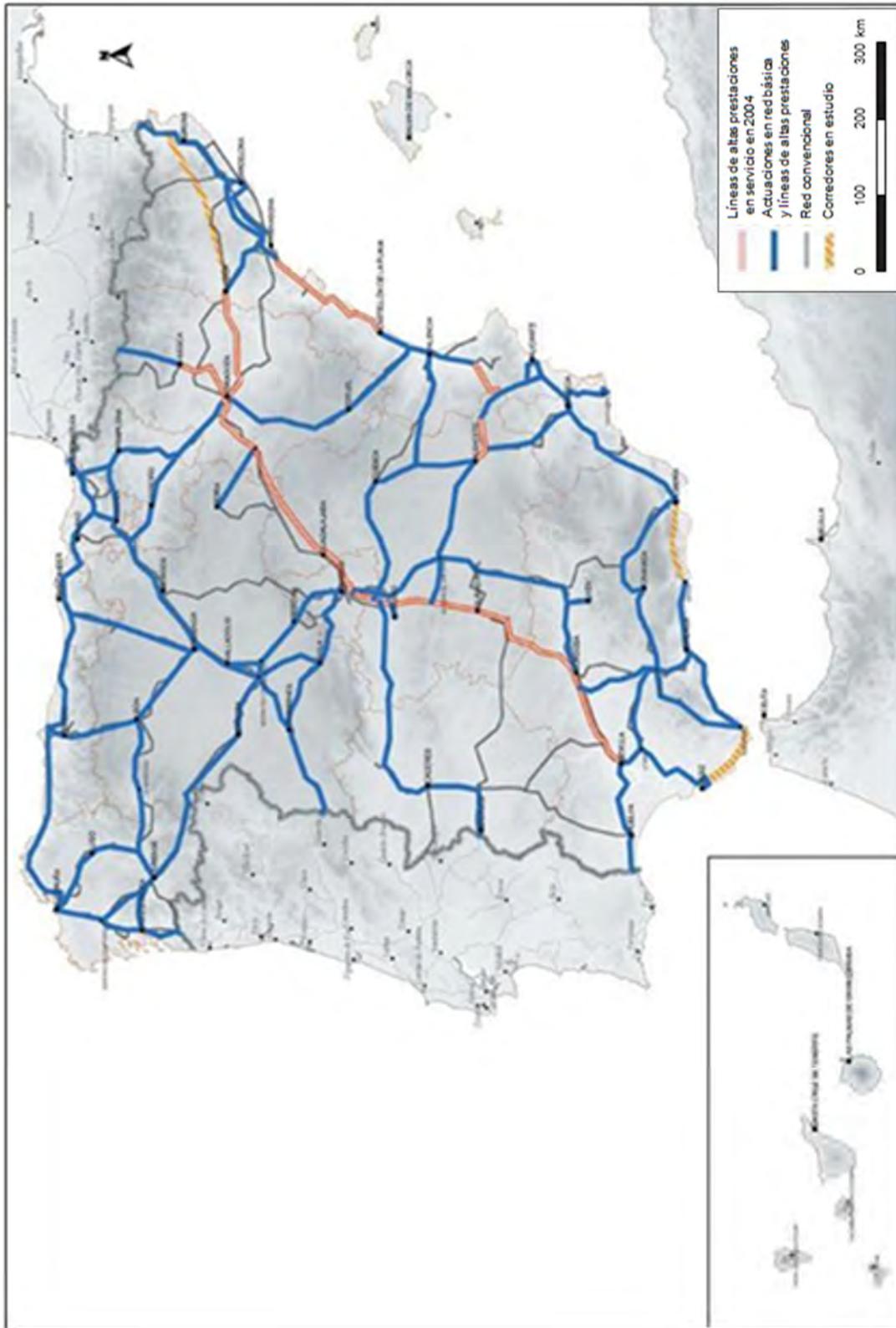
Nuevamente esta apuesta por la alta velocidad se manifiesta en el documento del Plan relativo a prioridades en el sector ferroviario para el 2005-2008, destacando las siguientes:

- Finalización de ejes de altas prestaciones actualmente en construcción avanzada.
- Desarrollo y revisión del sistema de tarificación por uso de la infraestructura ferroviaria.
- Introducción de competencia: tráfico nacional e internacional de mercancías.
- Programa de apoyo al desarrollo del transporte combinado, con particular atención a los servicios internacionales.
- Programa de mantenimiento y plan de supresión de pasos a nivel.

El desarrollo de la alta velocidad es clave en todos los documentos del Plan, tanto en las directrices como en las prioridades específicas sectoriales y por descontado en relación a las inversiones previstas.

El ferrocarril convencional queda en un segundo plano. La preocupante evolución experimentada en relación a la longitud total de la red desde los años setenta se pretende paliar a base de la construcción de nuevos tramos de alta velocidad, de uso exclusivo de viajeros en muchos de ellos.

Mapa 14. Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte. Alta Velocidad Horizonte 2020



Fuente: Elaboración propia a partir del Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte. Ministerio de Fomento, 2014

La mejora de la red convencional se centra más bien en el transporte de mercancías, en optimizar la interoperabilidad entre la red ibérica y la francesa y de esta manera aumentar la calidad de los intercambios comerciales. Con ello, lo que se pretende es adecuar el ancho de vía existente actualmente al ancho estándar, comenzando por el cuadrante noreste, es decir, favorecer los intercambios a través de la frontera por Cataluña, más que por el País Vasco.

Aunque el ancho de vía constituye el problema fundamental, la diferencia principal respecto a las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad no es la única característica técnica distinta respecto a éstas. También hay que adecuar el sistema de señalización⁴⁵, de electrificación y las condiciones de explotación.

Desde 2009 los objetivos son similares, si bien podemos destacar la posible introducción de la competencia en los servicios ferroviarios de transporte de viajeros.

A partir de 2013 los objetivos son más ambiguos, puesto que dependen en gran medida, según se especifica en el documento, de los logros conseguidos en las etapas anteriores.

En el Plan Sectorial de Transporte Ferroviario, elaborado en 2005, se desglosan muchas de las prioridades anteriores como altas prestaciones, interoperabilidad, red convencional o seguridad, en diferentes actuaciones que tienen un mayor o menor grado de concreción según el apartado al que se refiera. En este sentido, quedan más clarificadas las actuaciones relativas a completar la red de altas prestaciones que a la integración ambiental del sistema, por poner un ejemplo.

3.2.5.3. La actualización del Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte o

En 2009 se inició su proceso de actualización. La coyuntura económica imperante desde 2007 ha propiciado cambios en el carácter del Plan. El marco de referencia de esta fase fueron la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible y la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medioambiente, en un intento de adecuarlo a la situación nacional y en coherencia metodológica con el resto de políticas y planes llevados a cabo. En ese mismo año se aprueba la Estrategia Española de Movilidad Sostenible (EEMS), de la que también se hará una breve síntesis.

a) Ley de Economía Sostenible

El proyecto de Ley de Economía Sostenible (LES), forma parte de una estrategia que tiene por objeto sentar las bases para un modelo de desarrollo y crecimiento más sostenible de la economía española.

La Ley, entre otros aspectos, fomenta la competitividad, fortalece la supervisión financiera y facilita la contratación público-privada. De igual forma promueve la innovación e introduce criterios de ahorro, de eficiencia energética y de movilidad sostenible.

Con estos planteamientos se incluyen un total de dieciséis reformas. Dentro de éstas, es importante sobre todo la número quince, denominada “Programa de inversiones en infraestructura para el transporte sostenible”.

Esta medida se concreta en la elaboración del denominado Plan Extraordinario de Infraestructuras o PEI (2010-2014). Dicho Plan fue presentado por el Gobierno el 7 de abril de 2010, fijando una serie de objetivos, entre los cuales destacan los siguientes:

1. Colaboración entre el Gobierno, las entidades financieras y las empresas del sector para reactivar la economía y el empleo a través de la inversión en infraestructuras de transporte.

⁴⁵ Como se señaló en el apartado 2.2.3, España es uno de los primeros países en implantar en los nuevos corredores ferroviarios el ERTMS.

2. Impulsar la generación de empleo, tanto a corto plazo para la construcción de las infraestructuras, como a largo para llevar a cabo las labores de conservación y mantenimiento de las mismas una vez concluida su construcción.

3. Promover el cambio del modelo productivo y favorecer la movilidad sostenible.

4. Mejorar la seguridad de las infraestructuras de transporte.

En el PEI se calcula una inversión de 17.000 millones de euros para 2010 y 2011. El 70 % de esa cuantía irá destinada al ferrocarril, al entenderse como el modo que más contribuye a la sostenibilidad del sistema.

Con este Plan se pretende anticipar algunas de las obras previstas en el documento precedente relativas a ferrocarril y carreteras, tanto a corto plazo (construcción) como a largo plazo (mantenimiento). Para la selección de los proyectos a ejecutar, se tendrá en cuenta su rentabilidad económica, social y medioambiental.

Para lograr estos objetivos se ha apostado por un modelo de colaboración público-privado. En el documento del Plan Extraordinario de Infraestructuras se expone en qué consistirá el modelo concesional: seguirán siendo de titularidad estatal las infraestructuras, pero la gestión correrá a cargo del sector privado por un tiempo determinado. En concreto será de veinticinco años en el caso del ferrocarril y de treinta en el de las carreteras. En dichos periodos recibirán el pago de las infraestructuras a través de un canon único por inversión, mantenimiento y conservación.

Con este sistema se pretende compatibilizar el esfuerzo por reducir el déficit público con la necesidad de impulsar la obra pública como motor de generación de empleo y de capitalización del país. Para garantizar una mayor estabilidad presupuestaria, las cuentas públicas no se verán afectadas hasta 2014, con el cálculo de que para ese año las infraestructuras estén ya finalizadas y puestas en servicio.

Las sociedades concesionarias podrán obtener financiación ajena, a través del Banco Europeo de Inversiones (50 % de la inversión), del Instituto de Crédito Oficial (ICO), un 20 %, y la colaboración de la Asociación Española de la Banca (AEB) y la Confederación Española de Cajas de Ahorro (CECA).

Para la selección de proyectos a ejecutar se tendrán en cuenta una serie de criterios: deben encontrarse en un avanzado estado de tramitación y deben contribuir al desarrollo territorial, a la competitividad de la economía y a la sostenibilidad del sistema de transporte.

Tanto los objetivos del Plan como los criterios de selección y el funcionamiento del modelo concesional, quedan expuestos en su documento oficial.

No obstante se aprecia una mayor ambigüedad respecto a las licitaciones. No se especifican qué proyectos se licitarán, ni cuándo, ni los criterios en los que se basa para medir la rentabilidad económica, social y medioambiental de cada uno de ellos.

Germà Bel (2010) realizó una serie de consideraciones acerca de la Ley de Economía Sostenible y sus planteamientos de base. Según el autor, esta ley no aborda los principales retos de la política de transporte en España, debiendo abogar por un cambio en la jerarquización de las inversiones.

La cuestionable rentabilidad social del tren de alta velocidad en España, debería ser clave para favorecer un cambio en las prioridades inversoras en el ferrocarril. Se trataría de reorientar las inversiones al ferrocarril convencional, para mejorar la red de mercancías y cercanías.

b) Ley 9/2006, sobre la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medioambiente

Esta Ley relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medioambiente, introduce en la legislación española la evaluación ambiental de planes y programas, también conocida como evaluación ambiental estratégica. De esta

forma, queda incorporado al ordenamiento jurídico nacional la Directiva 2001/42/CE, a la cual se ha hecho antes mención.

Su objeto es promover un desarrollo sostenible, conseguir un elevado nivel de protección del medioambiente y contribuir a la integración de los aspectos medioambientales en la preparación y adopción de planes o programas, mediante la realización de una evaluación ambiental de aquellos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente⁴⁶. Estos objetivos conectan la Ley con los objetivos generales de la política medioambiental de la Unión Europea.

Determina que tienen efectos significativos sobre el medio ambiente aquellos planes y programas que:

- Establezcan el marco para la futura autorización de proyectos legalmente sometidos a evaluación de impacto ambiental en las siguientes materias: agricultura, ganadería, silvicultura, acuicultura, pesca, energía, minería, industria, transporte, gestión de residuos, gestión de recursos hídricos, ocupación del dominio público marítimo o terrestre, telecomunicaciones, turismo, ordenación del territorio urbano y rural, o de uso del suelo.
- Requieran una evaluación conforme a la normativa reguladora de la Red Ecológica Europea Natura 2000⁴⁷, que no fue considerada al realizar el Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte.

Existen no obstante excepciones a la regla general, habiendo planes y programas que no serán sometidos a evaluación de impacto ambiental: los que tengan como único objeto la defensa nacional o protección civil en caso de emergencia, los de tipo financiero o presupuestario y los planes cofinanciados por la Comunidad Europea con cargo a los respectivos periodos de programación vigentes, a través de los Reglamentos 1257/1999 y 1260/1999.

En la realización de la evaluación ambiental, deberán incluirse las siguientes actuaciones:

- Elaboración de un Informe de Sostenibilidad Ambiental, cuya amplitud, nivel de detalle y grado de especificación será determinado por el órgano ambiental.
- Celebración de consultas.
- Elaboración de la memoria ambiental.
- Consideración del Informe de Sostenibilidad, del resultado de las consultas y de la memoria ambiental en la toma de decisiones.
- La publicidad de la información sobre la aprobación del plan o programa⁴⁸.

Cada una de estas actuaciones se detalla y regula en diferentes artículos posteriores. Respecto al Informe de Sostenibilidad Ambiental, se describe su contenido básico y alcance. Respecto a las consultas, se incluyen las actuaciones a llevar a cabo, tanto para las de ámbito nacional como para las transfronterizas. En relación a la memoria ambiental, se valorarán los resultados de dicho Informe y de las consultas y se analizará la previsión de impactos. Este último documento será elaborado conjuntamente por el órgano promotor y el Ministerio de Medio Ambiente.

Debe señalarse que la Ley incluye dos anexos, haciendo referencia a:

- Anexo 1: Contenido del Informe de Sostenibilidad.
- Anexo 2: Criterios para determinar la posible significación de los efectos sobre el medio ambiente.

⁴⁶ En Ley 9/2006, de 28 de abril, Título II, Artículo 1.

⁴⁷ Citado en Ley 9/2006, de 28 de abril, Título II, Artículo 3.

⁴⁸ Citado en Ley 9/2006, de 28 de abril, Título II, Artículo 7.

A priori con esta ley se intuye que la problemática medioambiental va gradualmente cobrando más peso. Hace especial hincapié en que el informe, las consultas y la memoria ambiental no sólo deben realizarse sino que también deben ser tenidos en cuenta antes de la aprobación del Plan.

c) Estrategia Española de Movilidad Sostenible

La Estrategia Española de Movilidad Sostenible (EEMS), fue aprobada en Consejo de Ministros el 30 de abril de 2009 y publicada por el Ministerio de Fomento y por el entonces denominado Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. Surge como marco de referencia para las políticas sectoriales con implicaciones en esta materia.

En la parte que nos ocupa, la Estrategia pretende integrar sus objetivos dentro de los del Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte. Se dota así de un carácter y una terminología más "ambiental".

Para el ferrocarril en concreto y al igual que se señala en el citado Plan, utiliza el término "altas prestaciones" en vez de "alta velocidad" e incluye una serie de objetivos en este sentido:

- Modernizar y extender la red ferroviaria que sirva de soporte a los servicios de viajeros para media y larga distancia, y promover de esta manera el uso del ferrocarril como medio de transporte eficiente y sostenible.
- Conectar entre sí los principales núcleos urbanos, productivos y nodales, obteniendo velocidades y tiempos de viaje competitivos con los restantes modos alternativos, asegurando asimismo una alta calidad y fiabilidad de los servicios (Estrategia Española de Movilidad Sostenible, apartado 6.1.6, pp. 24).

Aunque aboga por la sostenibilidad como elemento rector del transporte, esta Estrategia no hace referencias claras a la mejora del ferrocarril convencional, sino que habla de modernizar y extender la red sin especificar el tipo de tren, ancho de vía, velocidad alcanzable, etc. Por el contrario sí apuesta por la creación de líneas exclusivas de mercancías (Estrategia Española de Movilidad Sostenible, apartado 6.1.7, pp. 24).

Con este marco se inició la actualización del Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte. Este proceso ha implicado una revisión a la baja de los proyectos en marcha, provocando, entre otros efectos, la rescisión de dieciocho contratos de infraestructura y la paralización de cinco proyectos de alta velocidad, los cuales figuran en la Tabla número 22:

Tabla 22. Líneas contempladas en el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte con tramitación paralizada⁴⁹

LAV del Cantábrico (Ferrol-Bilbao)	Plan paralizado en 2010
LAV Ponferrada-Monforte de Lemos	Plan paralizado en 2010
LAV Huelva-Frontera portuguesa	Sin trabajos ni planes concretos
LAV Calatayud-Soria	Plan paralizado en 2010

Fuente: Elaboración propia a partir de [http:// www.ferropedia.es/wiki/PEIT_2005-2020](http://www.ferropedia.es/wiki/PEIT_2005-2020), 2013

⁴⁹ La línea de alta velocidad Palencia-Santander presentaba un estado de ejecución paralizado a principios de 2010, si bien se firmó su ejecución en agosto de ese año, y se prevé la entrada en servicio de dicho eje en 2015. El Grupo de Investigación de Redes de Transporte de la Universidad de Cantabria propuso al Ministerio de Fomento una solución para esta conexión, consistente en un sector con línea de alta velocidad y otro, con mayores dificultades orográficas, con línea convencional mejorada (Diario Palentino, 27 de enero de 2015). No obstante, la última revisión realizada (septiembre de 2015) mostraba un estado similar.

En 2012 tras el cambio de gobierno a nivel nacional, la planificación expuesta hasta este momento será revisada y adaptada, en un marco de ajustes y reducción de partidas presupuestarias a todos los niveles, y en consecuencia, también en el Ministerio de Fomento.

Todo ello va a significar la sustitución por el denominado Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI)⁵⁰, tanto del Plan Estratégico como del Plan Extraordinario de Infraestructuras, dos y ocho años antes de su fecha de expiración fijada para 2014 y 2020.

3.2.6. Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (2012-2024)

Este Plan fue presentado en septiembre de 2012, si bien hasta la fecha de julio de 2015 aún no está aprobado en su totalidad. Desde el Ministerio de Fomento se considera este Plan como un cambio de planteamiento, adaptado a la delicada situación del país, cambios que se advierten en sus principios básicos, especialmente en la adecuación del sistema de provisión de infraestructuras y servicios a la demanda real de la sociedad. La eficiencia en la utilización de los recursos públicos también se complementa con los otros dos principios básicos del Plan, como son la liberalización de la gestión de infraestructuras y los servicios del transporte (tanto en el sector de mercancías como en el de pasajeros) y potenciar la participación del sector privado.

Por extensión estos cambios también se trasladan a la esfera presupuestaria. En concreto la puesta en marcha del Plan ha supuesto una reducción presupuestaria muy notable, reduciéndose a unos 136.627 millones de euros, poco más del 50 % de lo fijado para el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte.

*Tabla 23. Valoración económica de las actuaciones del PITVI (2012-2024).
Transportes*

PROGRAMAS	MII/€	%
Carreteras	39.548	28,9
Ferrocarriles	52.733	38,6
Aeropuertos	6.639	4,9
Puertos	7.497	5,5
Ayudas al transporte	14.498	10,6
Inversión ajena puertos	7.343	5,4
Inversión privada carreteras	8.369	6,1
TOTAL	136.627	100

Fuente: Elaboración propia a partir del Ministerio de Fomento, 2014

En lo que al sector ferroviario se refiere, este Plan incluye una serie de objetivos. En particular se aboga por:

- Reordenar el modelo organizativo de gestión ferroviaria.

⁵⁰ Se incluyen también las actuaciones relativas a Vivienda debido a la reestructuración del Ministerio, que absorbió el extinto Ministerio de Vivienda, pasando a ser una Secretaría de Estado dentro del Ministerio de Fomento.

- Potenciar la liberalización del sector, especialmente en los servicios de viajeros y más en concreto en los corredores de alta velocidad, incluyendo iniciativas que refuercen el proceso liberalizador.
- Integración y complementariedad con la red convencional: potenciar el uso de material ferroviario de rodadura desplazable.

Como se puede observar en la Tabla número 23, el ferrocarril es nuevamente el sector al que se destina una mayor cuantía presupuestaria, aunque la partida también ha descendido más de un 50 % frente a la estipulada en el plan anterior. Vuelve a perfilarse como la piedra angular de la planificación de transporte en España, en consonancia con las directrices europeas.

Para el ferrocarril de alta velocidad se tiene previsto proseguir la realización de las obras de los corredores de Madrid-Galicia, Valladolid-León-Asturias, Valladolid-Burgos-Vitoria y el eje Palencia-Santander. No figura al menos en un principio la línea Ponferrada-Monforte de Lemos, ni la futura vía a Salamanca y Portugal ni la mayor parte de los proyectos incluidos en la Tabla número 22.

La decisión adoptada en esta materia coincide con la opinión de expertos como Serrano (2010), quien teniendo en cuenta el contexto actual, considera la necesidad de establecer una moratoria en la construcción líneas de alta velocidad con unos niveles de demanda esperable, que no justifiquen la viabilidad económica de la operación.

En definitiva, este es el nuevo escenario planificador existente en la actualidad en España a nivel del transporte ferroviario. Pese a la reducción presupuestaria los retos son ambiciosos y parecen estar más ajustados a la realidad del país, tanto económica como social y territorial, que los instrumentos precedentes.

3.2.7. El proceso liberalizador del sector ferroviario español

La apertura al mercado del sector ferroviario español comienza con la adopción de las Directivas comunitarias anteriormente mencionadas (ver apartado 3.1.4.1, punto b). En 1992 se empezaron a dar los primeros pasos hacia la separación requerida por la Directiva 91/440/CE, creándose las unidades de negocio para las distintas contabilidades y actividades específicas y especializadas de RENFE (Domènech, 2008).

En 1996 se crea el Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF), mediante la Ley 13/1996, de 30 de diciembre. Dicho ente surge como una sociedad pública comercial adscrita al Ministerio de Fomento, con autonomía de gestión y patrimonio propio, que construirá y financiará nuevas líneas ferroviarias y en su caso administrará las infraestructuras (Ramos, 2002).

Para mantener la consonancia con los objetivos y propósitos de la Unión Europea en materia ferroviaria, más adelante el gobierno español se reunió y aprobó el Real Decreto 1191/2000, de 23 de junio, relativo a la interoperabilidad del sistema ferroviario de alta velocidad. El objetivo de su aprobación es el de incorporar al ordenamiento jurídico nacional la Directiva 96/48/CE, a la cual también se ha hecho referencia.

Resulta crucial para la política liberalizadora española la promulgación de la Ley 39/2003 del Sector Ferroviario, de 17 de noviembre. Dicha Ley tuvo como consecuencia la derogación de algunas secciones y capítulos de la Ley 16/1987, si bien ha mantenido la vigencia de sus normas generales contenidas sobre transporte terrestre.

La Ley del Sector Ferroviario entra en vigor en 2005 y supone la incorporación al

ordenamiento jurídico español del Primer Paquete Ferroviario⁵¹. De este modo se produce la separación entre la infraestructura y los servicios, con la creación de ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias) y RENFE Operadora, respectivamente; así como la creación del Comité de Regulación Ferroviaria. Esta nueva estructura supuso la desaparición del Gestor de Infraestructuras Ferroviarias.

Dicha reorganización provocó además la pérdida de competencias por parte del Ministerio de Fomento, en beneficio del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias. Esta empresa estatal será a partir de ese momento la encargada de gestionar el tráfico ferroviario, realización y administración de las infraestructuras así como el cobro de cánones. Sus competencias se establecerán para la red nacional, mientras que en la red autonómica y urbana la competencia corresponde a las comunidades autónomas.

Por su parte RENFE Operadora pasa a ser una agencia de transporte que tendrá como ingresos los derivados del tráfico, y como gastos además de los propios, los cánones procedentes del uso de las infraestructuras proporcionadas por ADIF así como los derivados de la adquisición de trenes.

El organigrama del sector ferroviario español se completa con el Comité de Regulación Ferroviaria (ver Figura número 8), organismo encargado de regular el sector garantizando la pluralidad de la oferta, la accesibilidad igualitaria al mercado a todos los operadores y resolviendo los posibles conflictos entre ADIF y las empresas, entre otras funciones (Ministerio de Fomento, 2012).

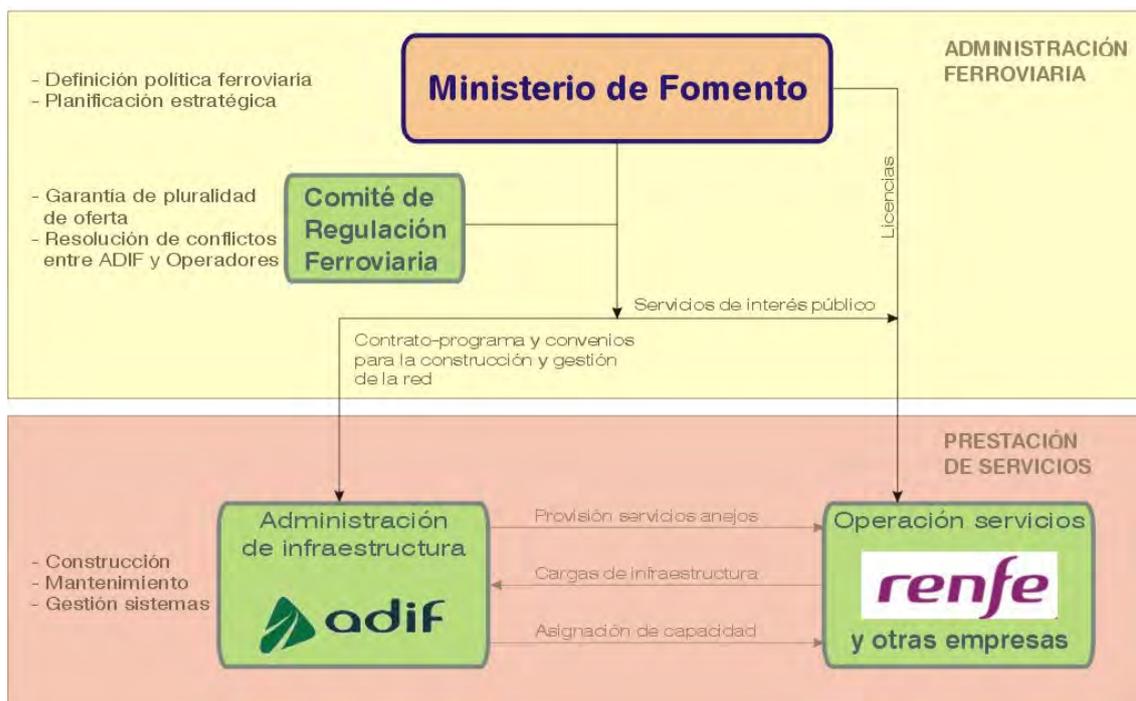
Desde instancias comunitarias recientemente se han ampliado las funciones del Comité de Regulación Ferroviaria. En concreto la Directiva 2012/34/UE otorga a los órganos de regulación ferroviaria la capacidad para llevar a cabo auditorías a administradores de infraestructura, empresas ferroviarias y gestores de servicio al ferrocarril, ya sean éstos de carácter público o privado, al objeto de comprobar la separación de las cuentas. Estas medidas han entrado en vigor con la incorporación al ordenamiento jurídico español, tras aprobarse el Anteproyecto de Ley del Sector Ferroviario en marzo de 2015.

El 30 de diciembre de 2004 se aprueba el Reglamento del Sector Ferroviario, mediante el Real Decreto 2387/2004, con objeto de extender el desarrollo de dicha Ley en todo lo referente a las infraestructuras, servicios de transporte, de inspección y régimen de seguridad en el sector ferroviario⁵².

⁵¹ Implica la transposición al ordenamiento jurídico español de las Directivas 2001/12/CE, 2001/13/CE y 2001/14/CE. Asimismo, mediante el Real Decreto 646/2003, de 30 de mayo, se transpone unos meses antes la Directiva 2001/16/CE, también perteneciente al Primer Paquete Ferroviario.

⁵² Nota de prensa del Ministerio de Fomento, 30 de diciembre de 2004.

Figura 8. Principales agentes del sector ferroviario



Fuente: Ministerio de Fomento, 2014

A nivel legislativo al igual que sucede en la Unión Europea con la modificación de las Directivas del Primer Paquete Ferroviario por aquellas correspondientes al Segundo, en España se lleva a cabo la transposición de este nuevo paquete de Directivas europeas, tanto para la red convencional como para la alta velocidad. Esta transposición se ejecuta mediante nuevos Reales Decretos, que derogan los anteriores. Concretamente los siguientes: el Real Decreto 354/2006, de 29 de marzo, relativo a la interoperabilidad del sistema ferroviario convencional, sustitutivo del anterior RD. 646/2003 y el Real Decreto 355/2006, también del 29 de marzo, relativo a la interoperabilidad del sistema de alta velocidad, que supone la derogación del RD. 1191/2000.

A nivel ejecutivo se dieron nuevos pasos para incentivar la liberalización del sector. Se trata de la inclusión en la redacción del Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte de una serie de pautas o directrices a seguir para la aceleración de la apertura del ferrocarril a nivel nacional, teniendo en cuenta el tipo de transporte ferroviario y de demanda a la cual está predominantemente orientado cada uno de estos tipos de trenes, ya que ésta es diferente según el tipo de transporte: larga distancia, regional, metropolitano y mercancías. A saber:

- Largo recorrido: La estrategia a seguir por los operadores debe ser la tipificación y homogeneización de la oferta, buscando complementariedad (alta velocidad-red regional) y nuevos nichos de mercado.
- Regionales: Renovación del parque móvil, para ser más eficientes, establecer estrategias de acción junto con las Comunidades Autónomas, e integrar los servicios regionales con el resto de modos de transporte de viajeros.
- Cercanías: Integración progresiva en los servicios de transporte público metropolitano, centrándose en los corredores de gran demanda.

En 2010 se produce a nivel legislativo una nueva transposición de la normativa comunitaria en materia del sector ferroviario y su liberalización, con el cambio del Segundo al Tercer Paquete Ferroviario, del mismo modo que sucedió en 2006. En este caso, se elaboró un único Real Decreto (RD. 1434/2010), de 5 de noviembre, sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario de la red de interés general, derogando simultáneamente los anteriores Reales Decretos 354/2006 y 355/2006.

Llegados a este punto, cabe preguntarse sobre los avances obtenidos en la práctica tras todos estos procesos de promulgaciones legislativas e incorporaciones de marcos normativos comunitarios al derecho doméstico.

Pues bien, si se analizan los progresos liberalizadores alcanzados tanto a nivel de pasajeros como de mercancías, las diferencias son muy claras. En cuanto al transporte de viajeros se tenía prevista su puesta en escena en 2010 (Cagliani, 2010), si bien dicha fecha fue retrasada hasta julio de 2013. A mediados de 2013, RENFE Operadora seguía teniendo el monopolio y la progresión en los tramos internacionales es muy lenta.

Los problemas a la hora de llevar a cabo un proceso de liberalización en el sector ferroviario, no están aún resueltos ni en España ni a nivel comunitario. La gran diversidad de modelos existentes en la actualidad (ver Mapa número 7) denota la enorme complejidad del proceso de apertura y la necesidad de conocer previamente los contextos socioeconómicos y la realidad territorial del Estado en cuestión. El Consejo Consultivo de Privatizaciones (CCP) elaboró un informe en el que destaca tres modelos distintos de privatización llevados a cabo en la Unión Europea: Alemania, Reino Unido y Suecia, destacando el sistema anglosajón, instaurado ya en los noventa, caracterizado por una gran proliferación de empresas surgidas a partir de la disgregación de la compañía estatal, British Rail (Viciano, 2011).

Pese a retrasarse la fecha en principio hasta julio de 2013, lo cierto es que en el año anterior sí se aprobó una figura legislativa a considerar: el Real Decreto-ley 22/2012, de 20 de julio, para la adopción de medidas en materia de infraestructura y servicios ferroviarios, en el que se avanza que RENFE-Operadora se reestructurará en cuatro sociedades mercantiles (Artículo 1).

Pero no será hasta septiembre de 2013 cuando el gobierno ratifique el proyecto de segregación de RENFE en esas cuatro sociedades. En noviembre de 2013 el presidente de RENFE compareció en el Congreso y explicó la nueva estructura de la compañía, que serían operativas a comienzos de 2014. Se configurará como un *holding* formado por las siguientes cuatro firmas:

- RENFE Viajeros.
- RENFE Mercancías.
- RENFE Fabricación y Mantenimiento.
- RENFE Alquiler de Material Ferroviario (AMF)⁵³.

Ni el ente público Renfe Operadora ni las cuatro sociedades pertenecen al grupo SEPI (Sociedad Estatal de Participaciones Industriales), al igual que sucede con otras compañías del sector transporte como AENA o el grupo Puertos del Estado.

El organigrama de la empresa se configurará de acuerdo a la Figura número 9. Por un lado, se sitúan los departamentos pertenecientes a la matriz, con la presidencia, la secretaría general y las direcciones. Por otro, cada una de las sociedades mercantiles recién constituidas.

En la Tabla número 24 se incluyen las categorías directivas de cada empresa. Existe una gran proporción de directivos respecto al total de la plantilla, hecho que, pese a la reorganización de la empresa, no ha sido modificado demasiado respecto a anteriores modelos de organización.

Pues bien, con esta nueva estructura, la empresa titular de la infraestructura seguirá siendo ADIF, y Ferrocarriles de Vía Estrecha (FEVE) sería absorbido por este conglomerado (Artículo 2 del Real Decreto 22/2012). Las tres primeras empresas, en palabras del propio presidente de la compañía, nacen ya con déficit. En el caso de

⁵³ Diario El Mundo, 27 de septiembre de 2013.

RENFE Viajeros, las pérdidas ascienden a 95 millones de euros, para RENFE Mercancías se prevén de 85 millones de euros, y de 27,6 para RENFE Fabricación y Mantenimiento. Las previsiones de superávit se retrasan hasta 2016-2017⁵⁴.

Tabla 24. Resumen del organigrama directivo de la Entidad Pública Empresarial y las Sociedades Mercantiles (febrero de 2014)

COMPAÑÍA	Presidente	Dir. Gral.	Direc-tor	Gerente de Área	Gerente	Jefe de Área	Auditor Senior	Delegado Territorial	Total Directivos	Plantilla
E. P. E. RENFE OPERADORA	1	4	11	27	44	42	2	8	139	1.001
RENFE Viajeros		1	3	18	48	54			128	8.022
RENFE Mercancías		1	2	8	21	17			49	1.483
RENFE Fabricación y Mantenimiento		1	2	4	20	14			41	3.387
TOTAL SOCIEDADES		3	7	30	89	85			218	12.892
TOTAL CORPORACIÓN + SOCIEDADES	1	7	18	57	133	127	2	8	357	13.893

Fuente: Elaboración propia a partir de <http://forodeltransporteyelferrocarril.blogspot.com> y RENFE, 2014
 Nota: Para RENFE Alquiler de Material Ferroviario no se han obtenido datos

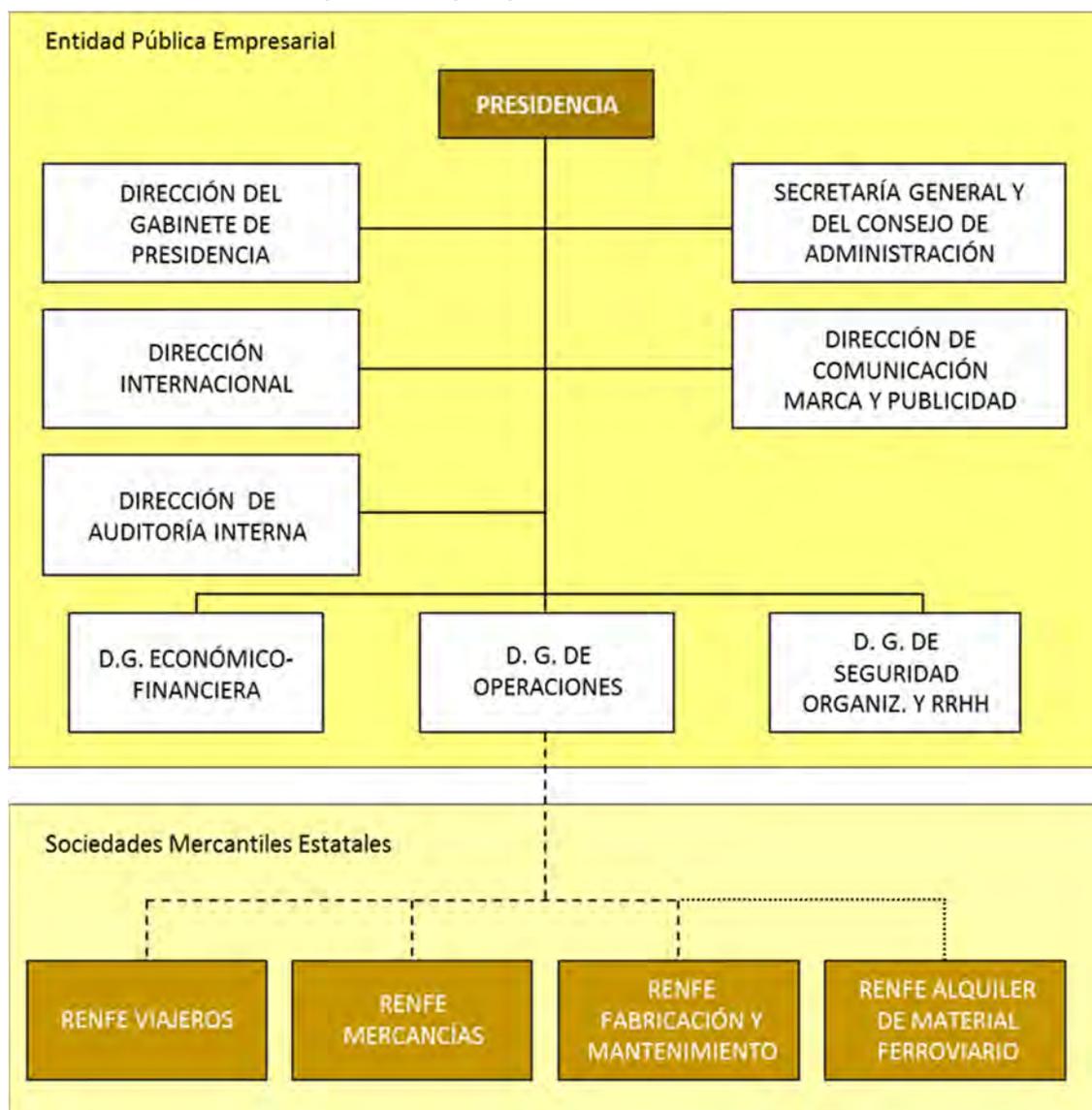
Respecto al Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, debe señalarse también que mediante el Real Decreto-Ley 15/2013, de 13 de diciembre; también ha sido segregado, en este caso en dos entidades públicas empresariales: la propia ADIF y ADIF-Alta Velocidad. Esta decisión, según el Boletín Oficial del Estado (14 de diciembre de 2013, 13035, Artículo I), tiene como objeto agilizar el proceso liberalizador.

Pese a todo hay que señalar que las decisiones adoptadas y las reestructuraciones experimentadas, se deben considerar como pasos importantes a la hora de prepararse para un futuro sector ferroviario liberalizado. En mayo de 2014 RENFE pierde su monopolio en el sector de viajeros de Largo Recorrido. Siete trenes de alta velocidad serán alquilados a empresas competidoras para operar en la línea de alta velocidad Madrid-Levante, por la recién creada Alquiler de Material Ferroviario, con tarifas en torno a un millón de euros anuales. Hasta ese momento, Media Distancia y Cercanías no han sufrido modificaciones.

El proceso liberalizador incluye la selección de los competidores, el establecimiento de los precios a los que podrán alquilar trenes a RENFE y la fijación de los cánones por operar sobre las vías, pertenecientes a ADIF. En el diseño del plan, el Ministerio de Fomento deberá contar con la opinión de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia.

⁵⁴ Revista Vía Libre, 14 de noviembre de 2013.

Figura 9. Organigrama de RENFE (2014)



Fuente: Elaboración propia a partir de RENFE

Esta reorganización está siendo seguida por otras compañías públicas como SNCF o DB, así como fabricantes (Alstom, Bombardier, TALGO o Siemens) y otros grupos (ALSA, Acciona, Globalia, Hemisferio-Grupo Planeta, Obrascón Huarte Lain (OHL), Ferrovial y Comsa)⁵⁵, si bien aún es una incógnita qué empresas decidirán entrar a formar parte del grupo de operadores⁵⁶ a la fecha de redacción de este documento.

Este inicio del proceso de arrendamiento de material comenzará como ya se ha indicado, en la línea Madrid-Levante y se irá extendiendo progresivamente al resto de la red. Está previsto que en octubre de 2015 esté en servicio el primer tren de viajeros no RENFE.

Las impresiones que comparten muchas de estas y otras empresas (Veloi Rail o Deutsche Bahn) es que la competencia unilateral con RENFE es muy difícil de rentabilizar, y estudian establecer alianzas mientras adquieren experiencia en este nuevo ámbito de liberalización. Existen además otros problemas añadidos:

⁵⁵ Diario El Economista, 25 de agosto de 2014.

⁵⁶ URRUTIA, C. "Renfe perderá este mes el monopolio de viajeros tras 73 años". Diario El Mundo, 16 de mayo de 2014.

1. La política tarifaria de RENFE implantada en 2013. Esta nueva estrategia, que será tratada con mayor amplitud más adelante, provocó el descenso de los precios de los billetes, lo que limita el margen de maniobra para la entrada de nuevas compañías.
2. La concesión de “títulos habilitantes”, necesarios para poder circular, y determinados a través de licitación. RENFE, por defecto, ya cuenta con título habilitante para operar en todo el territorio nacional sin necesidad de acudir al proceso de licitación (García, 2013).
3. El aumento de los cánones por el uso de las vías determinado por parte del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias.
4. Es una incógnita los precios de alquiler de los trenes que RENFE ofrecerá a sus futuros competidores⁵⁷.

La presentación de alianzas conjuntas ha obtenido el visto bueno por parte del Ministerio de Fomento, si bien con ciertas condiciones, como por ejemplo que la participación sea como mínimo del 20 %⁵⁸.

Para agilizar el proceso de liberalización, en mayo de 2015 ha sido actualizada la Ley 39/2003, mediante un proyecto de Ley y en consonancia con las directrices comunitarias, para incorporar la Directiva 2012/34/UE. Las modificaciones hacen referencia sobre todo a la supresión del canon de acceso a la red y bonificación de la puesta en marcha de nuevos servicios ferroviarios. En contrapartida, se crean los cánones por utilización de energía eléctrica y el de zonas de carga y descarga.

Con estas medidas, además de transponer al derecho nacional la normativa europea, se pretende aumentar la oferta y con ello la calidad y accesibilidad de los servicios ferroviarios⁵⁹.

La última información disponible (agosto de 2015) es que cinco empresas ya cuentan con licencia de operador ferroviario: ACS, Acciona, Ferrovial, Globalia y ALSA. El Consejo de Estado ha dado el visto bueno para la selección del primer competidor de RENFE en el corredor del Levante, por lo que ahora es el turno del Ministerio de proceder a su elección⁶⁰.

A nivel de plantilla, la reestructuración de RENFE en cuatro empresas para abaratar costes en los albores de un escenario liberalizado ha provocado también la firma de un expediente de regulación de empleo por parte de la compañía y diferentes sindicatos. El número estipulado de bajas se calcula en torno a 500, la mayor parte personal de convenio y sólo un 8 % personal directivo⁶¹. Todo ello ha generado una situación de tensión y descontento que han cristalizado en diferentes huelgas, como la acaecida entre el 31 de julio y el 1 de agosto de 2014, más las previstas para el otoño de 2015. Finalmente, en agosto de 2015 RENFE da marcha atrás en la ejecución del expediente de regulación de empleo y lo sustituye por bajas voluntarias e incentivadas.

Pese a las modificaciones en los cánones, la negativa por parte del Ministerio a disminuir el canon de utilización de la infraestructura ha provocado que diferentes empresas (Globalia, Acciona, Planeta...) se replanteen su candidatura a pujar en la línea Madrid-Levante⁶².

⁵⁷ Diario Cinco Días, 30 de junio de 2014

⁵⁸ www.preferente.com; 20 de noviembre de 2014

⁵⁹ MINISTERIO DE FOMENTO (2015): “Anteproyecto de Ley del Sector Ferroviario”. Madrid, 14 pp.

⁶⁰ www.preferente.com; 10 de agosto de 2015

⁶¹ Europa Press, 6 de febrero de 2014

⁶² www.preferente.com, 24 de junio de 2015

Como ya se ha apuntado, el transporte de mercancías se encuentra en un proceso de liberalización más avanzado. Hasta 2006, el Ministerio de Fomento ya había concedido siete licencias a empresas ferroviarias⁶³ para la realización de transporte de mercancías nacional e internacional, número que ha venido creciendo paulatinamente en estos años hasta llegar a catorce, según datos de 2012 publicados por el Ministerio de Fomento. Estas empresas son, por orden de antigüedad, las siguientes:

- RENFE
- Comsa Rail Transport
- Continental Rail
- Acciona Rail Services
- Activa Rail SA
- Tracción Rail, SA
- Euskotren
- Arcelor Mittal
- Logitren Ferroviaria
- Fesur
- FGC Mobilitat, SA
- Alsa Ferrocarril, SAU
- G & O (Guinovart Rail, SA)
- Ferrovial Railway SA

Existe además otra compañía con homologación de licencia europea (Euro Cargo Rail) y un último grupo de empresas que, si bien no tienen licencia concedida por el Ministerio de Fomento, cuentan con habilitación específica para la adjudicación de capacidad: Transfesa, SICSA Rail Transport, LTF SA, Conte Rail SA, Pecova SA y Tramesa⁶⁴.

Además de hacer referencia a la evolución del número de empresas ferroviarias que han obtenido licencias para el transporte mercantil, hay que detenerse a exponer el contexto europeo y las políticas comunitarias que han influido en las políticas nacionales relativas al sector en mayor o menor medida, puesto que como ya se ha indicado la Unión Europea ha dedicado importantes esfuerzos a impulsar el tráfico ferroviario de mercancías y su apertura al mercado.

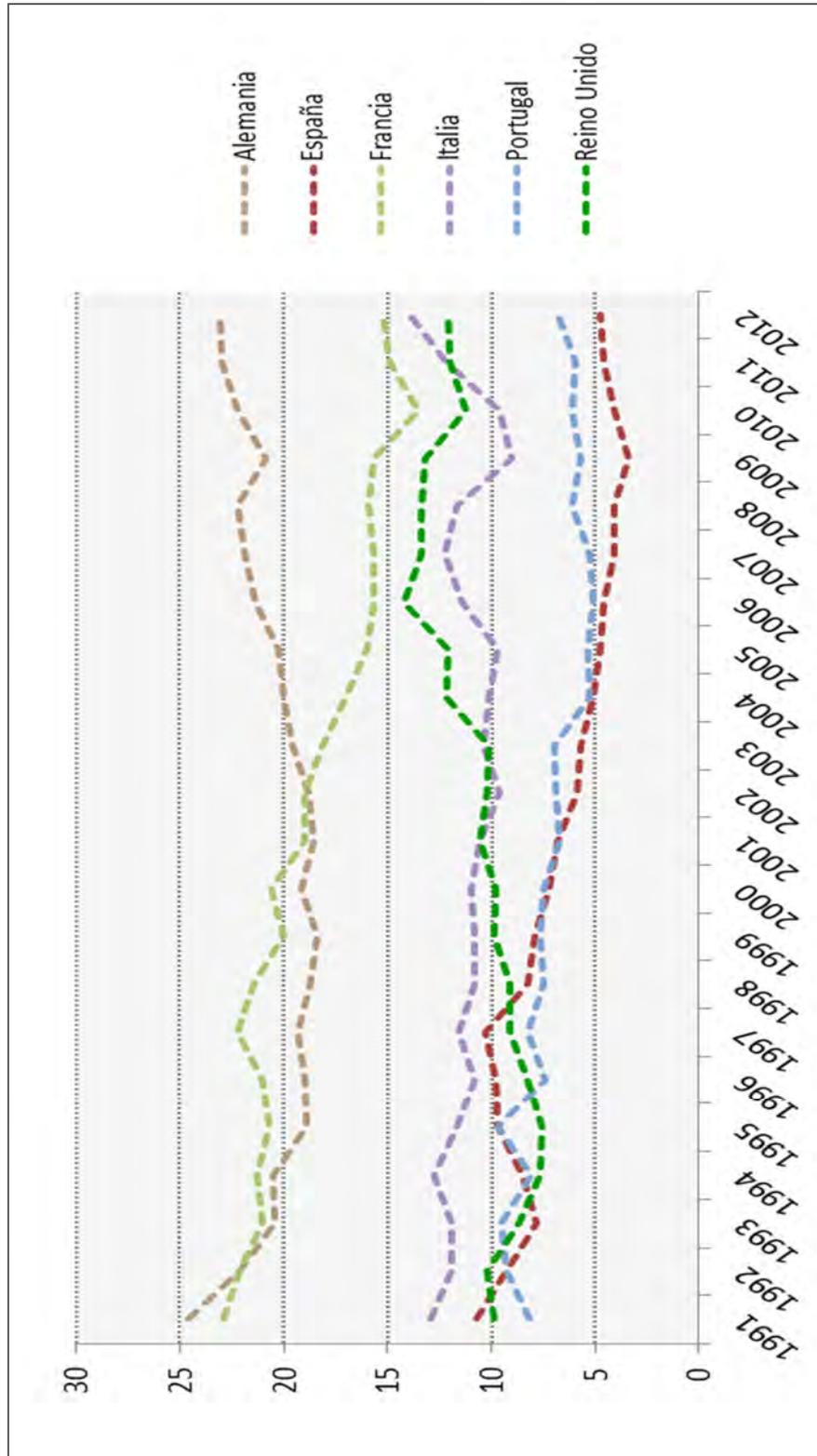
Se está haciendo referencia a liberalizar un sector que no es ni mucho menos, preponderante en cuanto al volumen de mercancías anual que se transporta teniendo en cuenta todos los modos de transporte. Como se observa en los Gráficos número 14 y 15, España se encuentra a la cola entre los países de su entorno en cuanto al volumen de mercancías por ferrocarril.

En el Gráfico número 14 se muestra como España es junto con Portugal, el país con menor cuantía porcentual. Puede ser determinante para ello la influencia desfavorable del ancho ibérico.

⁶³ Balance del Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte. Ministerio de Fomento, 2006.

⁶⁴ Ministerio de Fomento, 2012.

Gráfico 14. Reparto modal del transporte de mercancías (1991-2012). % Transporte ferroviario sobre el total (Tm/kilómetro)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat (Tabla: "Modal Split of freight transport. % in total inland freight tonne-km"), 2013.

<http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdtr220&plugin=1>

Además del porcentaje mínimo, desde 1997 registra una caída constante hasta situarse en valores inferiores al 4 %, mientras que otros países como Francia o Reino Unido se sitúan en torno al 15 %, destacando Alemania, cuya revitalización ha sido notable, sobrepasando el 20 % de cuota total.

A partir de 2010 parece que esta revitalización se va extendiendo progresivamente a más países, entre ellos España, que ha experimentado un leve crecimiento hasta acercarse al 5 % de cuota porcentual.

No obstante, el caso más llamativo es el italiano, que ha registrado un descenso significativo a finales de la primera década de este siglo, más pronunciado que el de otros países, siguiendo con un repunte igual de notable coincidente con el cambio de década.

En el Gráfico número 15 se muestra una situación aún más acuciante, con España registrando uno de los valores más bajos de todos los países incluidos en los datos de Eurostat, sólo por encima de países muy pequeños como Luxemburgo o bien periféricos como Grecia e Irlanda, y prácticamente a la par que Portugal.

Según se va al centro del continente los valores aumentan, con Francia y Bélgica (15 %), países centrales como Alemania, Hungría y República Checa, superando el 20 %, nórdicos como Finlandia (cerca del 30 %) y Suecia (próximo al 40 %). En contraste, los valores más altos corresponden a países bálticos (Lituania, Estonia y Letonia, ésta última con un valor del 64 %).

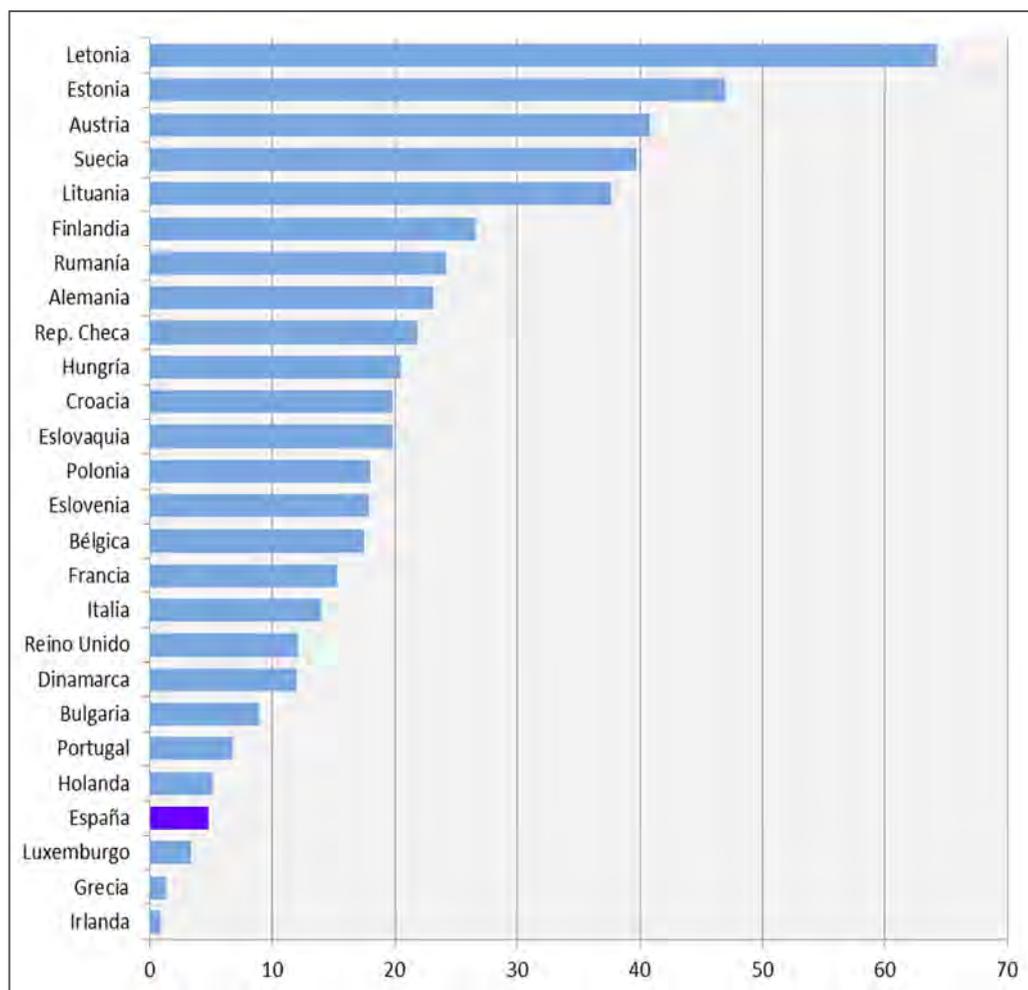
Debido al escaso papel del ferrocarril de mercancías en el conjunto de los flujos de transporte a nivel comunitario, la Unión Europea ha apostado fuertemente por su impulso y las medidas impuestas no han sido ajenas a España.

Concretamente, en 2004, la reforma de la Red Transeuropea de Transporte llevada a cabo por el Grupo Van Miert incluye diferentes proyectos centrados en la revitalización del transporte de mercancías por ferrocarril, uno de los cuales atañe claramente a España. Nos referimos al proyecto número 16.

El objetivo del proyecto es el desarrollo de un eje ferroviario de mercancías de alta capacidad enlazando dos puertos clave peninsulares como son Algeciras y Sines, al suroeste de Portugal (ver Mapa número 15).

La línea conecta tres plataformas logísticas importantes (Sines, Poceirão y Elvas/Badajoz) y también une Algeciras con otras plataformas logísticas destacadas (por ejemplo PLAZA, en Zaragoza).

Gráfico 15. Reparto modal del transporte de mercancías (2012). % transporte ferroviario sobre el total (Tm/kilómetro). Países UE-28.⁶⁵



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat (Tabla: “Modal split of freight transport. % in total inland freight tonne-km”), 2014.

<http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdtr220&plugin=1>

El trazado también contempla la construcción de un nuevo enlace ferroviario de alta capacidad a través de los Pirineos, el denominado "Corredor Central", enlazando España con Francia en dirección a Toulouse. Los dos recorridos contemplados son los siguientes: París-Sines (París-Toulouse-Pirineo central-Zaragoza-Madrid-Manzanares-Badajoz-Évora-Sines) y París-Algeciras (París-Toulouse-Pirineo central-Zaragoza-Madrid-Manzanares-Linares-Baeza-Córdoba-Bobadilla-Algeciras).

Serán trazados con ancho de vía variable para facilitar la interoperabilidad con el resto de la Red Transeuropea, y se permitirán además el flujo de trenes de hasta 750 metros de longitud. Con todo ello se prevé alcanzar un 30 % de cuota modal del total de mercancías terrestres circulantes por los Pirineos.

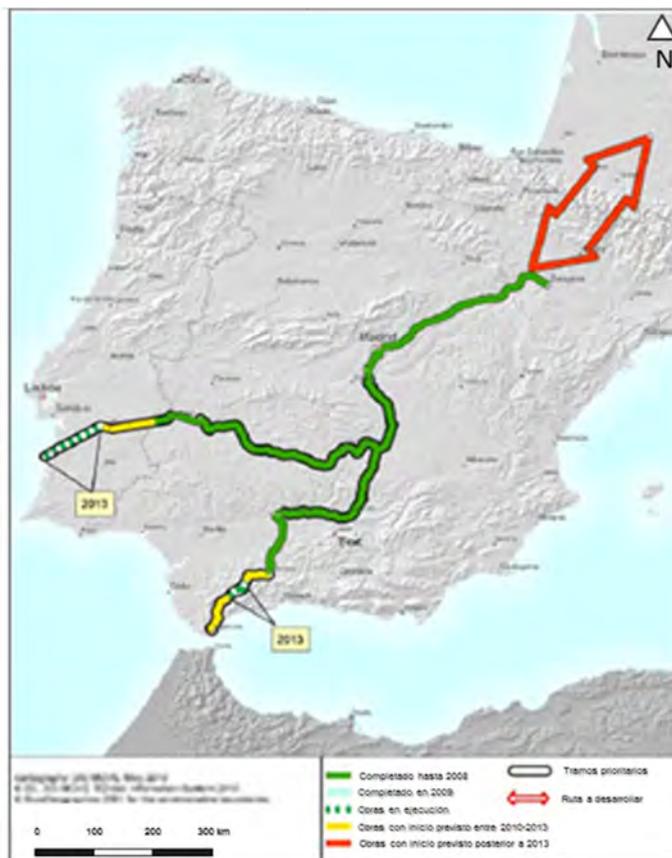
El 75 % del trazado ya está construido puesto que utiliza vías preexistentes especialmente en territorio español, quedando pendientes los tramos Sines-Badajoz y

⁶⁵ Pese a que su incorporación a la Unión Europea fue posterior (1 de julio de 2013) se incluyen los datos de Croacia, y se excluyen los de Chipre y Malta, debido a sus limitaciones geográficas para el transporte de mercancías en ferrocarril y la no existencia de datos al respecto en Eurostat.

Algeciras-Bobadilla. Las regiones implicadas en la construcción del Corredor Central pirenaico o TCP (*Traversée Centrale des Pyrénées*) han sido Aragón, por parte española, y Aquitania y Midi-Pyrénées, por parte francesa, que han celebrado reuniones formales y realizado estudios de flujo de transportes en los Pirineos.

Debido a su complejidad física y también a las dificultades en las negociaciones, en octubre de 2011 se decidió prescindir de la TCP como eje prioritario⁶⁶. En la actualidad no existe una previsión clara sobre su construcción. El gobierno español, a principios de 2012, ha apostado por su incorporación, aunque serán instancias europeas las que lo decidan.

Mapa 15. Red Transeuropea de Transporte. Proyecto Prioritario 16. Eje ferroviario de mercancías Sines/Algeciras-Madrid-París



Fuente: Elaboración propia a partir de "Transeuropean Transport Network. Progress Report 2010".

De acuerdo con la política europea y teniendo en cuenta también la situación de partida, caracterizada por la obsolescencia y la mala imagen, en el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte se incluyeron medidas para apostar por el desarrollo del transporte ferroviario de mercancías, en base a varias directrices⁶⁷.

En las Directrices "F" y "G" se señala la necesidad de una estrategia para aumentar su peso en el transporte de mercancías y contribuir a la descongestión de las rutas en carretera.

⁶⁶ Lo que implicaría que el inicio de su construcción quedara retrasado hasta, como mínimo, 2030.

⁶⁷ Directrices específicas del ferrocarril. En Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte, apartado 5.2.2. Ministerio de Fomento, 2005.

Esta estrategia se basa en la creación de una red, en la mejora de los estándares de calidad de su oferta y en la liberalización del sector de carga. Se favorecen de esa forma las alianzas entre operadores de diferentes países y se les apoya para mejorar su inserción y operatividad en los centros logísticos.

El concepto de red está estrechamente ligado a los de interoperabilidad e intermodalidad. Para ello son fundamentales la puesta en servicio del corredor número 16 anteriormente descrito, ya que permitirá mejorar notablemente la conexión Portugal-España-Francia.

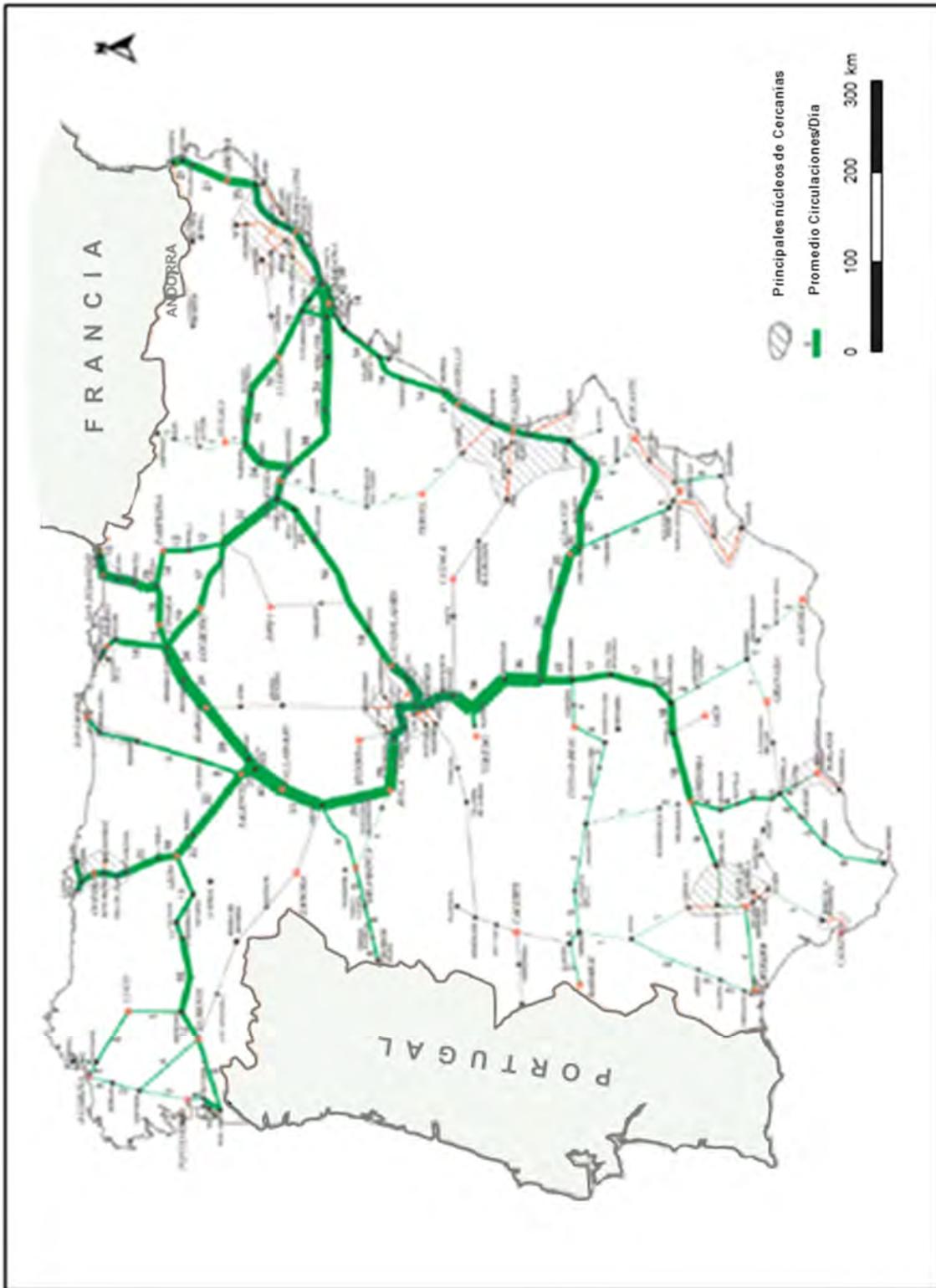
Puede observarse en el Mapa número 16 la densidad diaria de tráfico de mercancías por corredor. Madrid queda configurado como el nexo de unión entre muchos de los corredores por su posición central dentro de la península. Este rol vertebrador quedará acentuado si cabe tras la puesta en marcha del corredor número 16 de la Red Transeuropea, para la fecha en que esté finalmente puesto en servicio.

En dicha cartografía se aprecia también cómo la mayor parte del trazado propuesto para ese corredor ya está construido, pues se corresponde con los corredores de mercancías Badajoz-Manzanares-Madrid-Zaragoza.

En todo este corredor no existe una densidad diaria homogénea de tráfico de mercancías, como se deduce del variable grosor de las líneas. De hecho, están catalogados en dos categorías diferentes (corredores de gran tráfico y corredores interregionales).

Los corredores de gran tráfico se constituyen como las arterias principales de la red y comunican Madrid con ciudades del norte peninsular como Oviedo, Bilbao y San Sebastián, con Barcelona (vía Zaragoza), con el sur (Sevilla) y con el este (Valencia). Existen además otros dos corredores de gran tráfico, como son el Mediterráneo (Valencia-Francia) y el del valle del Ebro.

Mapa 16. Promedio diario de circulaciones de mercancías en la red ferroviaria estatal



Fuente: Elaboración propia a partir del Plan Estratégico para el Transporte de Mercancías en España. Ministerio de Fomento, 2010

Los corredores interregionales son de carácter periférico, y se articulan a partir de aquellos otros con gran densidad de tráfico, excepto el Madrid-Portugal (vía Cáceres). El resto se corresponden con el noroeste peninsular (Galicia, que enlaza con el corredor de gran tráfico hacia Oviedo en León), el norte (Santander), sur y suroeste (Málaga, Algeciras, Cádiz y Huelva), que enlazan con el corredor más denso en Córdoba y Sevilla, respectivamente, y el corredor interregional sureste (Murcia y Alicante), que enlaza con el de mayor tráfico en la frontera provincial entre Alicante, Murcia y Albacete (nudo de La Encina).

En 2010 se elaboran dos documentos simultáneamente, aunque por organismos diferentes. A nivel comunitario el Parlamento y el Consejo establecen el Reglamento 913/2010. La meta consiste en la creación de una red europea de corredores internacionales de mercancías⁶⁸, destinada a fomentar la competencia e intermodalidad entre las diferentes redes nacionales.

Dentro de dicho Reglamento se incluye una relación de corredores de mercancías a establecer para el periodo 2014-2020 (ver Tabla número 14). En lo que confiere a España son de vital importancia los corredores número 4 y 6, que se muestran en la Tabla número 25. Dicha Tabla es un fragmento de la lista completa de corredores que aparece en el Reglamento:

Tabla 25. Lista de las rutas iniciales de corredores de mercancías para España

Nº	Estados miembros	Rutas principales	Establecimiento de corredores de mercancías
4	PT, ES, FR	Sines-Lisboa/Leixoes Madrid-Medina del Campo/Bilbao/ S. Sebastián-Irún-Burdeos-París/ Le Havre/Metz Sines-Elvas/Algeciras	10 de noviembre de 2013
6	ES, FR, IT, SL, HU	Almería-Valencia/Madrid-Zaragoza/Barcelona-Marsella-Lyon-Turín-Milán-Verona-Padua/Venecia-Trieste/Koper-Liubliana-Budapest-Zahony (frontera Hungría-Ucrania)	10 de noviembre de 2013

Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento UE 913/2010, 22 de septiembre de 2010

En realidad no se trata de dos corredores a nivel nacional sino de cinco (Mediterráneo, Central, Atlántico, Cantábrico-Mediterráneo y Atlántico-Mediterráneo). El trazado de cada uno de ellos puede observarse en el Mapa número 17.

Todos estos corredores han sido incorporados por la Unión Europea para la red básica transeuropea y dos de ellos han sido considerados como prioritarios: el Corredor Mediterráneo, que tendrá 1.300 kilómetros y precisa 19.424 millones de euros, y el Eje Atlántico, de casi 2.000 kilómetros (incluyendo el tramo portugués), en el que España invertirá 11.699 millones de euros.

⁶⁸ Incluidos dentro de la Red Transeuropea básica de transportes planificada por la Unión Europea para el horizonte 2030.

También han sido catalogados de básicos (aunque no prioritarios, al no ser conexión transfronteriza) el corredor Central hasta Zaragoza y los corredores Cantábrico-Mediterráneo y Atlántico-Mediterráneo⁶⁹.

Se trata de corredores con una red ferroviaria de alta velocidad para viajeros y una red para mercancías interoperables, con una red viaria de altas prestaciones, que conectan los principales nodos existentes en cada corredor (Muñoz, 2012).

La partida presupuestaria proyectada para estos corredores asciende a casi 62.000 millones de euros, de los cuales 31.700 proceden de fondos de la Unión Europea, o sea, algo más del 50 %.

Según los cálculos de costes previstos para cada corredor, el que necesita un mayor volumen de inversión es el Mediterráneo, que engloba más del 30 % del presupuesto estipulado (en concreto casi 20.000 millones de euros sobre un total de 61.937), más del triple que el corredor con partida menor (Atlántico-Mediterráneo).

A un nivel intermedio se sitúan los corredores Cantábrico-Mediterráneo, Atlántico y Central, por este orden, con un presupuesto programado que se halla en torno a 11.000-13.000 millones de euros.

En último lugar y a gran distancia se encuentra el Atlántico-Mediterráneo, con poco más de 6.000 millones de euros de inversión calculada. Las cifras exactas pueden observarse en el Gráfico número 16.

A nivel nacional el Ministerio de Fomento elaboró en 2010 el denominado "Plan Estratégico de Fomento del Transporte de Mercancías Ferroviarias", basándose en la planificación comunitaria anteriormente expuesta.

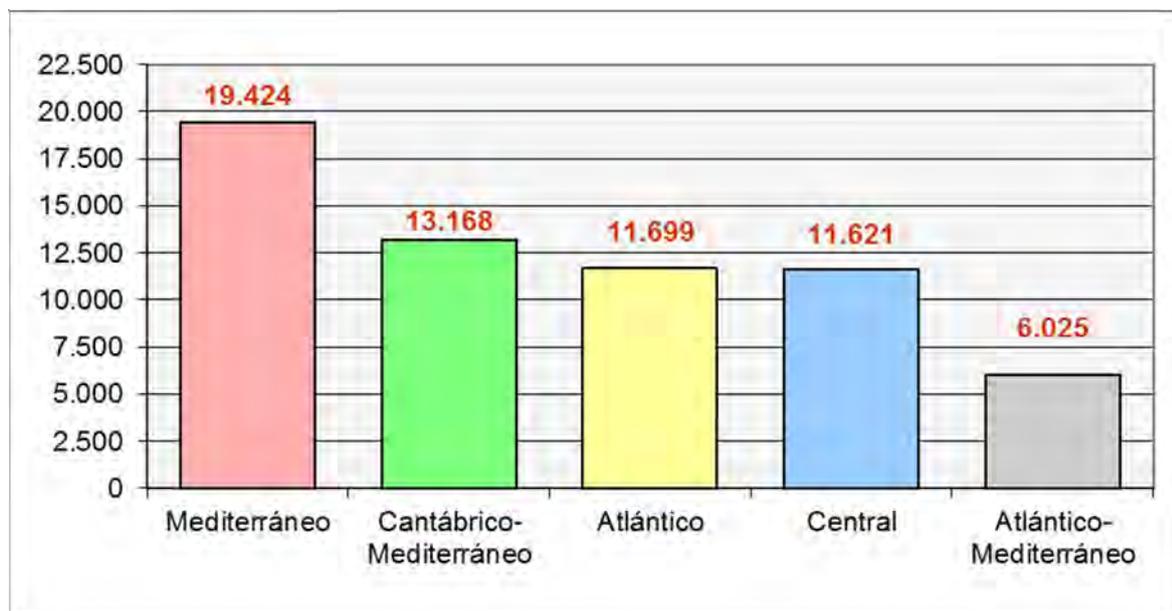
⁶⁹ Es una diferencia en la nomenclatura: lo que la Unión Europea define como corredor Mediterráneo, el gobierno español subdivide entre corredor Central (Tarragona-Zaragoza-Madrid-Córdoba-Sevilla) y el propio corredor Mediterráneo (Figueras-Algeciras/Sevilla).

Mapa 17. Corredores ferroviarios de mercancías e inversiones previstas



Fuente: Elaboración propia a partir del Plan Estratégico para el Transporte de Mercancías en España. Ministerio de Fomento, 2010

Gráfico 16. Corredores ferroviarios de mercancías. Volúmenes de inversión proyectados (MII/€)



Fuente: Elaboración propia a partir del Plan Estratégico para el Impulso del Transporte Ferroviario de Mercancías en España. Ministerio de Fomento, 2010

Su objetivo fundamental es incrementar la cuota actual de aproximadamente el 4 % al 8-10 % para 2020, lo que supondría duplicar la cuota porcentual de partida. Los programas y medidas asociadas se agrupan en tres grandes líneas estratégicas:

La primera de ellas responde al nombre de "Nuevo Modelo de Gestión del Sistema", que agrupa actuaciones encaminadas a la renovación del material ferroviario, ayudas al transporte intermodal, etc. La segunda línea estratégica se denomina "Calidad del Servicio y Eficiencia", dentro de la cual se insertan actuaciones centradas en la investigación, el desarrollo y la innovación. Y por último la tercera línea es la "Mejora de las Infraestructuras Ferroviarias", agrupando actuaciones relativas tanto a las infraestructuras lineales, como a las nodales, así como los accesos a las terminales portuarias.

Algunos de los puntos a destacar dentro del Plan son, por ejemplo, la transformación del modelo actual de RENFE Mercancías en varias empresas mercantiles especializadas en los diferentes mercados y ofertar sus excedentes de material ferroviario.

Se quiere impulsar también la entrada en el transporte de mercancías de más empresas para así promover la intermodalidad estableciendo un eje piloto de bajo coste, y la adaptación de las infraestructuras de línea y los terminales para la circulación y explotación eficiente de trenes de 750 metros de longitud, lo que según el Plan reduciría un 40 % los costes unitarios de explotación y aumentar así su competitividad, con vistas a duplicar la cuota porcentual de las mercancías para el horizonte 2020.

El Plan está dotado de una abundante partida presupuestaria de 7.512 millones de euros para dinamizar el sector, aunque el reparto por líneas estratégicas es muy diferente, como muestra la Tabla número 26:

Tabla 26. Plan Estratégico Fomento Transporte Mercancías Ferroviarias (2010).
Reparto presupuestario por Líneas Estratégicas

LÍNEA ESTRATÉGICA	MII/€	%
L.E. I Nuevo Modelo de Gestión del Sistema	300	4,22
L.E. II Calidad del servicio y eficiencia	100	1,33
L.E. III Mejora de las Infraestructuras Ferroviarias	7.112	94,45
TOTAL	7.512	100

Fuente: Elaboración propia a partir del Plan Estratégico para el Impulso del Transporte Ferroviario de Mercancías en España, Ministerio de Fomento, 2010

Respecto a las fuentes de financiación, pueden consultarse en la Tabla número 27.

Tabla 27. Plan Estratégico Fomento Transporte Mercancías Ferroviarias (2010).
Fuentes de financiación

ORIGEN DE LOS RECURSOS		MII/€		%
Financiación pública	Recursos presupuestarios	4.354	5.154	68,6
	Desinversiones	800		
Financiación privada	Vía participación en sociedades mixtas para promoción / gestión Terminales	1.008	2.358	31,4
	Vía PPP	1.350		
TOTAL		7.512		100

Fuente: Elaboración propia a partir del Plan Estratégico para el Impulso del Transporte Ferroviario de Mercancías en España. Ministerio de Fomento, 2010

Casi el 70 % provendrá de las distintas administraciones públicas, mientras que la inversión privada, bien directamente o bien en sociedades mixtas, asumirán el 30 % restante.

Pese a la importancia y las consecuencias que puede tener esta figura de planeamiento para todo el sector ferroviario y de los transportes en España en general, con el cambio de gobierno surgido tras las elecciones generales de 2011 dicho Plan se encuentra actualmente paralizado⁷⁰.

La nueva organización de RENFE en 2014 ha supuesto, entre otras consecuencias, la creación de la empresa RENFE-Mercancías y se espera incentivar el número de empresas interesadas en el sector.

⁷⁰ De hecho, incluso en algunos casos la decisión tomada ha sido la opuesta a lo que figura en el Plan. Concretamente el proceso de creación de nuevas filiales dentro de RENFE Mercancías se ha parado y sustituido por la fusión de las filiales Irion, Multi y Contren dentro de RENFE Mercancías (diario Cadena de Suministro, 12 de julio de 2012).

En mayo de 2015 el Consejo de Administración de RENFE ha aprobado seleccionar, mediante concurso, un socio industrial que entre a formar parte del capital social de RENFE-Mercancías. El objetivo es afrontar una estrategia de crecimiento y reestructuración que garantice su sostenibilidad⁷¹.

3.2.8. Conclusiones

La política española de transporte presenta a grandes rasgos una evolución similar a la homóloga comunitaria.

Hasta los años ochenta las infraestructuras viarias eran las predominantes a nivel de inversión. La empresa nacional RENFE experimentaba una situación crítica: el tráfico existente era escaso debido a los elevados tiempos de viaje y las inversiones realizadas eran bajas debido al alto coste de mantenimiento. Esta confluencia de factores explica el ulterior estado de abandono y obsolescencia de la red ferroviaria.

Para intentar paliar esta situación se firmó un Contrato-Programa entre RENFE y el Estado, pero los problemas siguieron existiendo, incluso se acentuaron, lo que provocó el cierre de líneas consideradas “altamente deficitarias” el 1 de enero de 1985. Hubo una gradación en este proceso, de tal forma que algunas líneas fueron cerradas en su totalidad, otras parcialmente (sólo alguno de sus tramos), otras abiertas con subvención autonómica y un último grupo formado por líneas abiertas sólo para el tráfico de mercancías.

La reforma del sector ferroviario prosiguió con la promulgación de la LOTT o Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres (1987) y el Plan de Transporte Ferroviario (1987-2000).

Una vez realizadas las acciones referidas para las líneas con mayor déficit, el Plan de Transporte Ferroviario se centró en mejorar aquellos corredores con mayor demanda. Uno de ellos fue el denominado NAFA o Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía, que significaba una alternativa de comunicación entre la Meseta y Andalucía al tradicional paso de Despeñaperros.

A finales de la década comenzaron a aparecer nuevos criterios de planificación. Los objetivos comunitarios de crear un espacio ferroviario único, de mejorar la interoperabilidad y en consecuencia la cohesión territorial, junto a la puesta en servicio de la línea de alta velocidad París-Lyon, fueron influyendo en la política de transporte española. Se empezó a fraguar una mentalidad más europeísta y a asimilar el concepto de alta velocidad ferroviaria. A partir de ese momento cobró importancia y prioridad la construcción de líneas de alta velocidad y en ancho europeo o estándar.

Los planteamientos del Plan de Transporte Ferroviario quedaron obsoletos prematuramente y el NAFA fue diseñado en ancho estándar, al objeto de ofertar servicios en alta velocidad, recibiendo esta actuación la mayor parte de la inversión que iba a destinarse a la totalidad del Plan.

Pese a situarse en sintonía con la entonces Comunidad Económica Europea en cuanto a construir líneas de alta velocidad y en ancho estándar, la elección del trazado rompe con lo estipulado, ya que a nivel comunitario se abogaba por la conexión de Madrid con Barcelona y la frontera francesa.

Esta primera actuación supone por tanto un cambio de rumbo significativo respecto a la política de transportes anterior realizada en España, lo que provocó la sustitución del Plan de Transporte Ferroviario por el Plan Director de Infraestructuras.

El nuevo Plan apuesta claramente por el desarrollo de la alta velocidad. Se definen nuevos proyectos para este modo de transporte, así como favorecer las conexiones con la Unión Europea, en consonancia con el incremento de proyectos elaborados desde principios de los noventa con afecciones a España (Comunicación de la Comisión, 90, 585, proyectos del Grupo Christophersen, etc.) Debe reiterarse que el primer corredor

⁷¹ Revista Vía Libre, 4 de mayo de 2015.

de alta velocidad ejecutado (Madrid-Sevilla) no era considerado de alcance europeo, al contrario que el Madrid-Barcelona.

Toda esta profusión de actuaciones se ve sustentada en parte por fondos comunitarios. España ha sido uno de los países con más aportaciones de la Unión Europea a este respecto.

En la década de los noventa no hubo más inauguraciones en materia de alta velocidad. El Plan Director de Infraestructuras, cuyo periodo de vigencia se extendía hasta 2007, fue también sustituido antes de su finalización por el PIT o Plan de Infraestructuras de Transporte.

La nueva figura de planificación presenta un carácter continuista, si bien se maximiza el apoyo al tren de alta velocidad, nuevamente en consonancia con la evolución de la política comunitaria, más en concreto la Red Transeuropea. Aumentan ostensiblemente las inversiones destinadas a tal fin en detrimento del resto de modos, incluida la red ferroviaria convencional, que queda relegada a un plano muy secundario.

Con el Plan de Infraestructuras de Transporte se pretende conectar Madrid con el resto de capitales de provincia en alta velocidad, así como enlazar con Francia y Portugal. La conexión de la capital con todas las demás provincias implica la articulación de Madrid como nodo rector de la red, que se configura como un sistema radial y escasamente vertebrador, al planificar muy pocas conexiones que eviten el paso por la capital.

El objetivo de conectar con Francia y Portugal se repite respecto al anterior Plan, es decir, los progresos avanzados en este sentido fueron también escasos hasta ese momento.

El cambio de gobierno producido en 2004 trajo consigo cambios también en la planificación del transporte. El nuevo instrumento clave será denominado Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte.

Pese al cambio de nombre los objetivos son prácticamente los mismos, porque también lo son en la Unión Europea: cohesión territorial, intermodalidad, interoperabilidad, sostenibilidad, crecimiento económico y consolidación del nuevo modelo ferroviario basado en la separación entre la gestión-administración y la explotación, favoreciendo la adquisición de licencias o el acceso a nuevos operadores.

Respecto al ferrocarril ya se ha indicado que los proyectos elaborados por la Unión Europea, primero con la Directiva 85/337/CE y después con la 2001/42/CE y los referidos al Grupo Van Miert, ponen gran énfasis en la alta velocidad. A nivel nacional el objetivo fundamental del nuevo Plan es reducir los tiempos de viaje y lograr la preponderancia del ferrocarril para los desplazamientos que comprendan distancias de entre 300 y 700 kilómetros. Bajo esta premisa subyace la idea de fomentar el transporte en alta velocidad ferroviaria. Aparte de esto, se señala la necesidad de adecuar el ancho de vía para mejorar la interoperabilidad.

La correlación entre este Plan y las Directivas anteriores debe matizarse sobre todo en lo referente al medioambiente, más concretamente al Informe de Sostenibilidad Ambiental, redactado con objeto de transponer la Evaluación de Impacto Ambiental. Las críticas al respecto se centran sobre todo en su inexactitud a la hora de analizar costes ocasionados para el medio ambiente, por la ejecución de las infraestructuras planificadas.

La evolución en cuanto a la proliferación de proyectos de infraestructuras en España es similar a la europea, o lo que es lo mismo, muy notable. Se trata de crear al igual que sucedía con su predecesor, un modelo de transporte de tipo infraestructural, donde el servicio se acomoda a la infraestructura preexistente o creada ex-novo. Es el proceso contrario al consistente en la realización de análisis y estudios previos económicos, financieros, de demanda, sociodemográficos, etc., sobre un territorio y crear un modelo adaptado a éste, un modelo de servicio de transporte adaptado a la realidad.

También es muy elevada la inversión prevista para la puesta en marcha del Plan. De hecho el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte es el que ha contado con

una dotación presupuestaria mayor de la historia del país. Y dentro de esa partida la inversión destinada al desarrollo del ferrocarril, básicamente de alta velocidad, también es excepcionalmente alta.

Este predominio de la inversión en alta velocidad no sólo se debe al deseo de desarrollar una densa red de estas características sino también a la inclusión de un diagnóstico en el que se indiquen las carencias del ferrocarril español (obsolescencia, escaso tráfico, baja interoperabilidad con otras redes, etc.) Pero del mismo modo es importante señalar que también influye el mantenimiento de una inversión muy baja en el ferrocarril convencional, que no ha hecho sino ampliar su largo periodo decadente, acentuado con el cierre de líneas altamente deficitarias en 1985.

Al igual que debe matizarse la relación entre este Plan y las Directivas señaladas, también hay que indicar alguna diferencia respecto al Plan precedente. El Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte incluye trazados destinados para tráfico mixto (pasajeros y mercancías), si bien hasta la fecha los tramos existentes son escasos. Otra diferencia es simplemente nominal, se sustituye el concepto de “alta velocidad” por el de “altas prestaciones”.

En 2006 comenzó un proceso de actualización de este Plan, que tuvo sus consecuencias en el plano legislativo y en el ejecutivo: se promulgó la Ley de Economía Sostenible (aunando crecimiento económico y sostenibilidad, dos de los objetivos del Plan) y la Ley 9/2006, para incluir la Evaluación Ambiental Estratégica. Igualmente se elaboraron el Plan Extraordinario de Infraestructuras (PEI) y la Estrategia Española de Movilidad Sostenible (EEMS), al objeto de fortalecer ese binomio.

Resulta llamativa la combinación entre sostenibilidad y desarrollo del transporte para lograr crecimiento económico. En el denominado PEI se señala la necesidad de finalizar los proyectos infraestructurales que estén más avanzados, si bien no se explicita en exceso su rentabilidad. De igual modo, en la EEMS los objetivos son idénticos a los del Plan, buscando la preponderancia del ferrocarril para medias y largas distancias (con umbrales similares a los del Plan), en base a disminuir los tiempos de viaje. Es decir, apostar por la alta velocidad sin hacer mayores referencias a la mejora del ferrocarril convencional.

Lo que sí se realizó, debido en gran medida a las afecciones producidas por la crisis económica, fue la paralización de cinco proyectos de alta velocidad, correspondientes a aquellos que se encontraban en fases iniciales o al menos no valorados como prioritarios.

A partir de ese momento se experimenta un cierto cambio en la planificación del transporte, incluyendo un relevo en la figura rectora, el PEIT es sustituido por el PITVI o Plan de Infraestructuras de Transporte y Vivienda.

La evolución iniciada con el Plan Extraordinario de Infraestructuras se continúa con este nuevo Plan. Disminuye notablemente la partida presupuestaria, aunque el ferrocarril siga erigiéndose como la piedra angular de la planificación.

A nivel de proyectos, se opta por finalizar aquellas actuaciones que se hallen en un estado de obras avanzado, aunque las ya paralizadas lo seguirán siendo en su mayor parte. Por otro lado, se sigue fomentando la liberalización del sector, sobre todo facilitando la entrada de capital privado. Por último, vuelve a incidirse en la necesidad de contar con una red interoperable, para lo cual aparte de construir nuevos trazados en ancho estándar, otra opción a considerar debería ser la utilización más generalizada de trenes de rodadura desplazable.

A modo de síntesis, en la Tabla número 28 se muestran los hechos más significativos a destacar en la política de transportes española a lo largo de las últimas décadas.

Respecto a la evolución de la liberalización del sector ferroviario en España debe afirmarse, ante todo, que ha sido dispar si se compara el transporte de viajeros con el de mercancías, como también lo ha sido en muchos casos a nivel comunitario.

Durante los años noventa se dan los primeros pasos. La transposición de la Directiva

91/440/CE implica la creación en 1992 de las primeras unidades de negocio dentro de RENFE. En 1996 se crea el GIF o Gestor de Infraestructuras Ferroviarias, por la Ley 13/1996, mientras que en 2000 se aprueba el Real Decreto 1191/2000, para adoptar la Directiva 96/48/CE sobre interoperabilidad.

Uno de los hitos más importantes en la apertura al mercado del ferrocarril español es la promulgación y entrada en vigor de la Ley 39/2003⁷². Esta figura legislativa incorpora al ordenamiento jurídico nacional el primer Paquete Ferroviario. Se produce la separación entre infraestructura y servicios ferroviarios, de tal forma que para la gestión de la primera se crea el ADIF o Administrador de Infraestructuras ferroviarias, mientras que la explotación comercial será otorgada a RENFE Operadora. Además, se forma el Comité de Regulación Ferroviaria y desaparece el GIF.

Tabla 28. Evolución cronológica de la política de transportes española

HITO DESTACABLE	DESCRIPCIÓN
Ley 16/1987, de Ordenación de los Transportes Terrestres	Para la reforma del sector ferroviario
Real Decreto 1211/1990	
Plan de Transporte Ferroviario (1987-2000)	
Plan Director de Infraestructuras (1993-2007)	Primer plan que fomenta el desarrollo de la alta velocidad
Plan de Infraestructuras de Transporte (2000-2007)	Enfatiza el crecimiento de la red de alta velocidad
Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (2005-2020)	El más ambicioso plan hasta la fecha
Directiva 85/337/CE	Perspectiva ambiental. Trasposición a la normativa española
Directiva 2001/42/CE	
Plan Sectorial Ferroviario (2005-2012)	Complemento al PEIT
Ley 9/2006	Actualización del PEIT. Evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. Trasposición de la Directiva 2001/42/CE
Ley 2/2011	Actualización del PEIT. Ley de Economía Sostenible
Plan Extraordinario de Infraestructuras (2010-2014)	Proseguir en la finalización de los proyectos en curso
Estrategia Española de Movilidad Sostenible	Dimensión ambiental para el PEIT
Plan de Infraestructuras de Transporte y Vivienda (2012-2024)	Planteamientos más moderados que los de su predecesor

Fuente: Elaboración propia

⁷² Acompañada del posterior Reglamento 1387/2004.

Más adelante y mediante sendos Reales Decretos, se transponen el segundo y tercer Paquete Ferroviario de la Unión Europea (en 2006 y 2010 respectivamente).

Para continuar con el proceso, el organigrama de RENFE se redefine en 2013. La nueva estructura contempla a RENFE Operadora como entidad pública empresarial así como la subdivisión en cuatro sociedades (Viajeros, Mercancías, Fabricación y Mantenimiento y Alquiler de Material Ferroviario). La reestructuración también afecta al Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, que pasa a conformarse por el propio ADIF y ADIF Alta Velocidad, encargado específicamente de este tipo de ferrocarril.

Al igual que sucede a nivel comunitario, en España los progresos liberalizadores alcanzados son más notables en el transporte ferroviario de mercancías que en el de pasajeros. El tráfico de mercancías es de los más bajos de la Unión, de tal modo que, para favorecer su revitalización, en 2010 se elaboró el denominado Plan Estratégico para el Impulso del Transporte Ferroviario de Mercancías. Las medidas contempladas eran entre otras, favorecer la entrada a más empresas interesadas y aumentar la longitud de los trenes hasta los 750 metros. El objetivo fijado es doblar la cuota porcentual de transporte de mercancías en 2020.

La elaboración de este Plan se halla en consonancia con la entrada en vigor del Reglamento 913/2010/UE, relativo al establecimiento de corredores internacionales de mercancías. A España la afectan básicamente los números 4 (París-Madrid-Sines/Algeciras) y 6 (Eje Atlántico y Corredor Mediterráneo). Hasta la fecha, la travesía central de los Pirineos, planteada en foros y reuniones monográficas, queda descartada.

A día de hoy circulan trenes de 750 metros gracias a las obras de remodelación de estaciones y centros logísticos realizadas por ADIF, si bien la situación del segmento en España sigue siendo delicada.

La situación del transporte de viajeros respecto a su liberalización también es problemática.

En 2014 se produjo la apertura mercantil de la primera línea ferroviaria de pasajeros: el corredor de alta velocidad Madrid-Levante. Ya un año antes, RENFE modificó su política tarifaria, como se explicará en el apartado 7.3.6. Se aumentó por decisión política el número y tipología de descuentos disponibles así como se disminuyó significativamente el precio de los billetes. Hasta la fecha ha resultado compleja la concesión de los títulos habilitantes así como la adquisición y arrendamiento del material rodante.

Este contexto provocó una situación de escepticismo entre las diversas compañías y *holdings* interesados. Las posibles soluciones se han basado en la búsqueda de alianzas entre los operadores para hacer frente a la competencia con RENFE Operadora, así como la actualización por parte de la administración central de la Ley 39/2003, para implantar la Directiva 2012/34/UE de establecimiento del espacio ferroviario único.

De igual modo, en marzo de 2015 se aprobó la modificación a la baja de algunos de los cánones, al tiempo que también se han creado otros nuevos, pero el proyecto de los Presupuestos Generales del Estado para 2016 no recoge ninguna partida para permitir abaratar los peajes que deben abonar los operadores a ADIF por la utilización de infraestructuras (Ontoso, 2015).

Por todo lo expuesto la problemática general comunitaria para la apertura al mercado del transporte, junto con el contexto específico español, determinan un ritmo de apertura a la competencia del transporte de viajeros y mercancías que sigue siendo lento y de compleja aplicación.

Al objeto de sintetizar toda la evolución del proceso de liberalización del sector ferroviario español, en la Tabla número 29 se representan sus principales hitos.

Tabla 29. Evolución cronológica del proceso de liberalización ferroviaria a nivel español

HITO DESTACABLE	DESCRIPCIÓN
Ley 13/1996	Se crea el Gestor de Infraestructuras Ferroviarias Transposición de la Directiva 91/440/CE
Real Decreto 1191/2000	Transposición de la Directiva 96/48/CE
Ley 39/2003	Deroga Ley 16/1987. Adopción del Primer Paquete Ferroviario. División de RENFE en ADIF y RENFE Operadora. Desaparición del Gestor de Infraestructuras Ferroviarias
Real Decreto 2387/2004	Aprobación del Reglamento del sector ferroviario
Real Decreto 354/2006	Transposición del Segundo Paquete Ferroviario, y deroga el Real Decreto 1191/2000
Real Decreto 355/2006	
Real Decreto 1434/2010	Transposición del Tercer Paquete Ferroviario, deroga Reales Decretos 354/2006 y 355/2006
Ley 22/2012	División de RENFE en cuatro compañías
Real Decreto 1315/2013	ADIF se divide en dos empresas

Fuente: Elaboración propia

4. LA RED DE ALTA VELOCIDAD EN ESPAÑA

En el presente capítulo se exponen las características de la red española de alta velocidad y su evolución.

Una vez expuesto, se realiza un análisis comparativo respecto de otras redes nacionales de alta velocidad a partir de diferentes criterios.

Se detallará la tipología del material rodante que está o ha estado operativo durante un tiempo prestando servicios en dicha red, para después explicar la tecnología de alta velocidad desarrollada a nivel nacional y otros aspectos conexos como la exportación al exterior, nuevas técnicas y sistemas, etc.

Se concluye con un apartado relativo a la gestión operativa de la red ferroviaria, considerando las relaciones entre conceptos claves como son la demanda a través de la medición de la estacionalidad y elasticidad, la capacidad de los trenes, la frecuencia, tiempo de viaje y precio, así como cuestiones vinculadas a la distribución del material rodante y el personal de servicio que trabaja en dichos trenes.

4.1. ESTRUCTURACIÓN

En España la principal motivación para desarrollar la red de alta velocidad difiere de la de otros países. Obedece a la promoción de la equidad y el desarrollo territorial, más que a la solución de problemas de congestión o a la comunicación de áreas de mayor desarrollo económico con sus centros de distribución.

Bajo este supuesto y como se ha puesto de manifiesto al exponer la evolución de la planificación española de los transportes, la selección de los corredores servidos por alta velocidad no se realiza atendiendo a la rentabilidad de la inversión, sino que se centra en conectar todas las capitales de provincia con Madrid. Como señalan Albalade y Bel (2011), esta motivación política y de vertebración territorial condiciona el diseño, desarrollo y viabilidad económica de la red nacional.

La red de alta velocidad que progresivamente se ha ido formando, se configura a partir de las siguientes características:

- Está separada de la red convencional. La exclusividad de las vías implica unos mayores costes, pues en ocasiones son infraestructuras que discurren en paralelo, quedando con un aprovechamiento bajo los trazados preexistentes en vía convencional.
- Presenta una clara orientación al transporte de pasajeros. Como se ha comprobado al abordar la evolución de la planificación española del sector del transporte, la inclusión o no de vías mixtas en las obras nuevas ha sido objeto de múltiples modificaciones según cada plan.

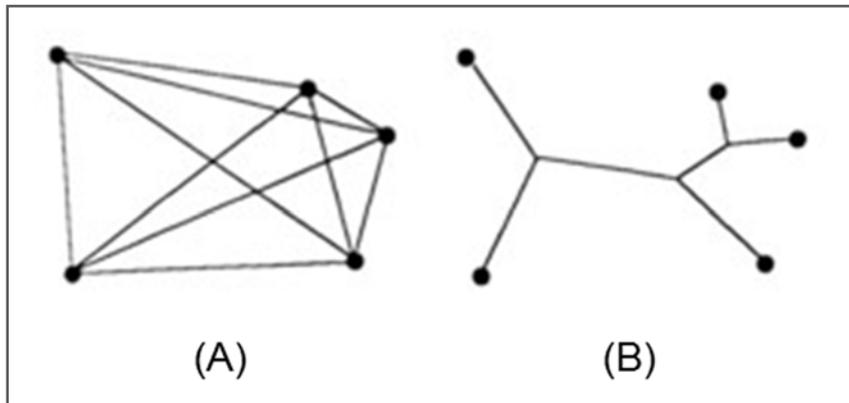
En la actualidad existen dos tramos de vías de alta velocidad de carácter mixto, ambos en el cuadrante noreste: el tramo internacional Figueras-Perpignan (desde el 18 de diciembre de 2010) y el Barcelona-Figueras, desde el 9 de enero de 2013, posibilitando así la salida de trenes de mercancías hacia Francia en ancho estándar desde el puerto de Barcelona.

- La tecnología extranjera ha tenido una gran importancia y está presente en muchos subsectores de actividad: material rodante, señalización, etc. Respecto a la española, ha realizado un importante salto de calidad, como puede comprobarse en el apartado 4.4.

- La estructura que presenta es marcadamente radial y en particular radial-troncal (García, 2011). Ello es debido a que existe un nodo central, Madrid, de cual salen unas pocas líneas troncales y algunas de éstas tienen, a su vez, ramificaciones que llegan a los extremos de la red, cumpliendo una función capilar. Sigue el ejemplo descrito por Bunge y posteriormente Hagggett (1973), relativo a los posibles esquemas de redes de

transporte ferroviario, con líneas troncales y tramos capilares, en vez de conectar todos los nodos entre sí, opción más inviable en el plano económico (ver Figura número 10).

Figura 10. Modelos de redes ferroviarias descritas por Bunge y Haggett (1973), en Dupuy (1987)



Fuente: Elaboración propia a partir de Dupuy (1987)

Las líneas de alta velocidad troncales son Madrid-Córdoba, Madrid-Valladolid, Madrid-Zaragoza y Madrid-Motilla del Palancar. En esta última no existe estación, pero es el punto en el que se bifurca la línea hacia Levante, una vez alcanzada la estación de Cuenca. Por un lado prosigue hacia Requena (Valencia) y por otro hacia Albacete.

Mapa 18. Red ferroviaria de ancho ibérico y UIC (31 de diciembre de 2013)



Fuente: Elaboración propia y Observatorio del Ferrocarril, 2014

- Ancho de vía. Desde 1844, antes de la inauguración del primer ferrocarril en España, el informe de los ingenieros Subercasse y Santa Cruz, consagró la medida en seis pies castellanos (Jiménez, 2005).

A día de hoy, son 1,668 metros. Los motivos esgrimidos eran fundamentalmente dos: la escarpada orografía peninsular y la tendencia europea a incrementar el ancho de vía⁷³.

Hasta 1992 la totalidad de la red de largo recorrido español prestaba su servicio en ancho ibérico, lo que ha penalizado la eficiencia de sus conexiones internacionales (Inglada, 2005).

Con la expansión de la alta velocidad y la adopción de ancho estándar, a partir de ese momento coexisten dos tipos de ancho fundamentales en España. El ancho ibérico, con distribución mayoritaria por el territorio nacional, y el ancho estándar, con un desarrollo que comienza en dicho año con la puesta en servicio de la línea Madrid-Sevilla. Desde ese momento ha comenzado a proliferar a la par que la red de alta velocidad.

En cuanto a la interoperabilidad, existen algunos modelos de tren con capacidad técnica para circular por ambos anchos: son los servicios Alvia y Avant, que permiten mejorar el grado de interoperabilidad del conjunto del sector ferroviario nacional, ya que los trenes de alta velocidad de Larga Distancia únicamente son capaces de circular en ancho estándar.

La diferencia de anchos hace que se necesiten plataformas y aparatos distintos, así como distintas alineaciones y peraltes, tal y como señalan Alcover et al. (2012). Para poder circular por ambos tipos, los trenes que realizan los servicios Alvia y Avant cuentan con un sistema de cambio de ancho de los bogies, proceso que se realiza en las infraestructuras habilitadas a tal efecto, denominadas “intercambiadores de ancho”, repartidos por el territorio nacional.

En el Mapa número 18, la red coincide con la Red Ferroviaria de Interés General (RFIG) en la parte gestionada por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias y por las autoridades portuarias. Incluye además otros tramos de la red de propiedad particular en ancho ibérico y el tramo Lérida-Pobla de Segur, perteneciente a FGC (*Ferrocarrils Generals de Catalunya*).

Desde la puesta en marcha de la primera línea en 1992, la red española de alta velocidad ha ido aumentando en longitud y en número de estaciones y territorios servidos, para convertirse en una de las redes más desarrolladas del mundo.

A fecha de marzo de 2015, las líneas de alta velocidad existentes en territorio español son las siguientes:

- Madrid-Sevilla
- Madrid-Barcelona-Perpignan
- Córdoba-Málaga
- Madrid-Galicia (Madrid-Valladolid y La Coruña-Orense)
- Ramal Zaragoza-Huesca
- Madrid-Levante
- Ramal La Sagra-Toledo

Para dicha fecha, el número de estaciones con las que cuenta esta red suman un total de 31. En la Tabla número 30 figura el conjunto de estaciones, organizadas por líneas, a excepción de Madrid por ser inicio y fin de la mayor parte de ellas, el año de inauguración de cada estación, así como su codificación.

⁷³ Sin embargo, lo que más se expandió entre la población, lejos de esos dos motivos, fue la creencia de que este diferente ancho obedecía a una estrategia político-militar; como una defensa ante hipotéticas invasiones exteriores.

Tabla 30. Estaciones de alta velocidad de la red española (operativas en marzo de 2015)

ESTACIÓN	CORREDOR/ES	1 ^{er} AÑO DE SERVICIO	CÓDIGO
Madrid	Centro de la red	1992	M
Toledo	Madrid-Toledo	2005	TO
Ciudad Real	Madrid-Sevilla	1992	CR
Puertollano	Madrid-Sevilla	1992	PL
Villanueva de Córdoba	Madrid-Sevilla	2014	VC
Córdoba	Madrid-Sevilla y Córdoba-Málaga	1992	CO
Sevilla	Madrid-Sevilla	1992	SE
Puente Genil	Córdoba-Málaga	2007	PG
Antequera	Córdoba-Málaga	2007	AN
Málaga	Córdoba-Málaga	2007	MA
Guadalajara	Madrid-Barcelona-Perpignan	2003	GU
Calatayud	Madrid-Barcelona-Perpignan	2003	CY
Zaragoza	Madrid-Barcelona-Perpignan y Zaragoza-Huesca	2003	Z
Lérida	Madrid-Barcelona-Perpignan	2003	L
Tarragona	Madrid-Barcelona-Perpignan	2008	T
Barcelona	Madrid-Barcelona-Perpignan	2008	B
Gerona	Madrid-Barcelona-Perpignan	2013	GI
Figueras	Madrid-Barcelona-Perpignan	2013	FI
Tardienta	Zaragoza-Huesca	2003	TT
Huesca	Zaragoza-Huesca	2003	H
Segovia	Madrid-Galicia	2007	SG
Valladolid	Madrid-Galicia	2007	VA
Cuenca	Madrid-Levante	2010	CU
Requena-Utiel	Madrid-Levante	2010	RU

Valencia	Madrid-Levante	2010	V
Albacete	Madrid-Levante	2010	AB
Villena	Madrid-Levante	2013	VI
Alicante	Madrid-Levante	2013	A
La Coruña	Madrid-Galicia	2011	C
Santiago de Compostela	Madrid-Galicia	2011	SC
Orense	Madrid-Galicia	2011	OU

Fuente: Elaboración propia a partir de www.renfe.com

Como se puede observar el año de puesta en servicio varía notablemente, desde la inauguración de las estaciones pertenecientes a la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla en 1992 hasta la reciente construcción de la estación de Villanueva de Córdoba, también en este corredor.

La construcción de esta línea supuso la entrada en servicio de cinco estaciones de alta velocidad: Madrid-Puerta de Atocha, Ciudad Real, Puertollano, Córdoba y Sevilla-La Cartuja. Tras la celebración de la Exposición Universal ese mismo año, se cierra la última y entra en servicio la actual estación de Sevilla-Santa Justa (Bellet y Gutiérrez, 2011).

Tras la línea Madrid-Sevilla en 2003 se inaugura la conexión Madrid-Lérida, perteneciente a la futura línea Madrid-Barcelona-Frontera francesa. Las estaciones abiertas al tráfico fueron: Guadalajara-Yebes, Calatayud, Zaragoza-Delicias y Lérida-Pirineos. También ese año se pone en funcionamiento el corredor Zaragoza-Huesca, añadiendo a la red las estaciones de Tardienta y la propia Huesca.

Dos años después se hacía lo propio con el ramal La Sagra-Toledo, que parte del corredor Madrid-Sevilla.

A finales de 2006 se inauguran dos nuevos tramos. El primero de ellos es Lérida-Camp de Tarragona, correspondiente a la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-Frontera francesa. El segundo es el tramo Córdoba-Antequera, que incluye dos nuevas estaciones para la futura línea Córdoba-Málaga: Puente Genil-Herrera y Antequera-Santa Ana.

En 2007 se pusieron en funcionamiento las primeras estaciones de la línea que comunicará en un futuro Madrid con Galicia: estaciones de Segovia-Guiomar y Valladolid-Campo Grande. También en ese año se inauguró el tramo Antequera-Málaga, con la apertura de la estación Vialia-María Zambrano, en la capital malacitana.

Al año siguiente llega el AVE a Barcelona (estación de Sants). De esta forma y dieciséis años después de su primer servicio, las dos ciudades más pobladas del país ya están conectadas por alta velocidad ferroviaria.

En diciembre de 2010 se ponen en funcionamiento las primeras estaciones de la línea a Levante: Cuenca-Fernando Zóbel, Requena-Utiel, Valencia-Joaquín Sorolla y Albacete-Los Llanos, ésta última tras la puesta en servicio del ramal Motilla del Palancar-Albacete.

También en ese año se inaugura la conexión internacional Figueras-Perpignan. Hay que decir para este último caso, que en 1985 comenzaron los primeros estudios para su construcción en ancho estándar (López Pita, 1991) y que 1990 ya existía un proyecto de línea de alta velocidad entre Barcelona y Perpignan⁷⁴, la cual se configuraría como

⁷⁴ Resolución del Consejo relativa al desarrollo de trenes de alta velocidad (91/C 33/01), de 17

el primer enlace ferroviario internacional de España (Sumpsi y Martí, 1990; López Pita, 1999)⁷⁵.

Un año después prosigue la ampliación de la línea de alta velocidad Madrid-Galicia con la puesta en servicio del tramo La Coruña-Orense, con parada intermedia en Santiago de Compostela, todo el tramo y a diferencia del resto de trazados anteriores de alta velocidad, ya en ancho ibérico.

Las inauguraciones del año 2013 hacen referencia en primer lugar a Alicante, con la puesta en marcha de las estaciones de Villena y de la capital provincial, pertenecientes a la línea Madrid-Levante. En segundo lugar, se produjo la prolongación del corredor Madrid-Barcelona hasta Figueras, permitiendo el enlace entre Madrid y Perpignan.

Los avances en este corredor son mayores aún dado que en diciembre se inaugura la línea de alta velocidad Barcelona-París. Con esta última conexión, la Ciudad Condal queda enlazada con los nodos franceses de Perpignan, Carcassone, Toulouse, Narbonne, Béziers, Montpellier, Nimes, Valence, Lyon y París. Madrid, por su parte, también se beneficia puesto que además de con Perpignan queda conectada con Béziers, Montpellier, Nimes, Avignon, Aix-en-Provence y Marsella.

Por último, mencionar la ya referida estación de Villanueva de Córdoba, entre Puertollano y Córdoba, inaugurada en 2014.

Estas 31 estaciones serán tomadas como referencia para los análisis topológicos, la comparación con otras redes de alta velocidad y la aplicación de un modelo gravitatorio.

En marzo de 2015 se inauguró el tramo Santiago-Vigo, perteneciente al denominado Eje Atlántico, y en septiembre el corredor Valladolid-Palencia-León, de la línea Madrid-norte. Por razones de tiempo y de operativa, no han sido incluidos para este análisis.

El tramo Santiago-Vigo ha sido diseñado para soportar circulaciones de hasta 250 km/h, si bien será de 200 km/h mientras se siga utilizando el sistema de señalización ASFA (*Anuncio de Señales y Frenado Automático*). Este tramo, de 155 kilómetros, operará inicialmente en ancho ibérico, si bien puede transformarse en un futuro en ancho estándar gracias a sus traviesas polivalentes⁷⁶.

En cuanto al corredor Valladolid-Palencia-León, consta de una longitud de 162 kilómetros, la velocidad máxima comercial inicial también será de 200 km/h, pues comparten mismo sistema de señalización, pero en este caso el ancho es el estándar.

Un hecho muy negativo a considerar y ocurrido en Angrois (cercanías de Santiago de Compostela) es un accidente ocurrido el 24 de julio de 2013 cuando un tren Alvia S-730 procedente de Madrid-Chamartín y con destino Ferrol, descarriló en una curva, previsiblemente por exceso de velocidad, provocando la muerte de 79 personas y 140 heridos. Es sin duda el único accidente reseñable con un tren de alta velocidad - o velocidad alta más concretamente - que ha tenido lugar en España desde su implantación.

Volviendo a la Tabla número 30, la columna “código” es de especial utilidad puesto que en algunos de los mapas que figuran a continuación se representan las estaciones de alta velocidad y se etiquetan en función de dichos códigos para lograr una mayor claridad y limpieza, sin que por ello el nivel de información quede penalizado.

La configuración de la red nacional, con fecha de marzo de 2015, se representa en el Mapa número 19.

de diciembre de 1990.

⁷⁵ En López Pita (1999) puede consultarse información adicional sobre la evolución histórica del enlace ferroviario fronterizo entre Barcelona y Perpignan, cuyos primeros proyectos son decimonónicos.

⁷⁶ Diario La Región (<http://gou.laregion.es/>), 19 de marzo de 2015

Mapa 19. Red nacional de alta velocidad (2014)



Fuente: Elaboración propia a partir de PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) y Ministerio de Fomento, 2014

Mapa 20. Red de alta velocidad de la Península Ibérica (2014)



Fuente: Elaboración propia a partir de Réseau Ferré de France (RFF) <http://www.rff.fr/en/the-network/maps-of-the-rail-network-275/>, 2014

Además de los trazados ya en servicio, es preciso señalar también aquellos que en la actualidad se encuentran en construcción o bien en proyecto.

En el Mapa número 20, extraído de la Réseau Ferré de France o Red de Ferrocarriles Franceses (RFF), puede verse cómo existe aún un buen número de corredores que están en obras o, al menos, su ejecución está prevista para un futuro.

En la Tabla número 31, actualizada a septiembre de 2014, pueden verse agrupados los corredores que se encuentran en ejecución o en proyecto, sumando un total de 3.010 kilómetros lineales.

Tabla 31. Corredores en construcción o en proyecto

EN CONSTRUCCIÓN O PROYECTO	V. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
LAV Madrid-Levante (Murcia/Castellón)	300	2015	231
Vitoria-Bilbao-San Sebastián (Y Vasca)	250	-	175
Variante de Pajares	250	-	50
Bobadilla-Granada	250	2015?	109
Navalmoral-Cáceres-Badajoz- Frontera portuguesa	300	2015?	278
Sevilla-Cádiz	250	2015	152
Hellín-Cieza (variante de Camarillas)	250	-	27
Sevilla-Antequera	300	2017?	128
Valladolid-Burgos-Vitoria	300	-	211
Venta de Baños-León-Asturias		-	238
Madrid-Navalmoral	300	2015?	191
Almería-Murcia		-	190
Valencia-Castellón de la Plana		2016?	64
Olmedo-Zamora-Orense	300	-	323
Palencia-Santander	300	2015?	201
Zaragoza-Castejón de Ebro-Logroño	250	-	149
Castejón de Ebro-Pamplona	300	-	75
Orense-Vigo (vía Cerdedo)	250	-	60

Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer y www.elmundo.es

Para el año previsto de puesta en marcha, esto es, columna “año”, en la mayor parte de los corredores se ha rellenado la columna o bien indicando un año con interrogante o bien un guión, puesto que las fechas señaladas por las distintas fuentes difieren o bien se desconocen.

De acuerdo con lo contenido en el Mapa número 21 únicamente España posee una red de alta velocidad dentro de la península Ibérica. Portugal cuenta con algunos tramos con trenes que circulan a velocidades de hasta 220 km/h si bien no puede hablarse de alta velocidad *sensu stricto*. Las dos opciones a priori más lógicas serían la conexión de las dos ciudades más pobladas (Lisboa y Oporto) con Vigo, así como el enlace de ambas capitales peninsulares a través de la línea de alta velocidad Madrid-Extremadura-Frontera portuguesa. Ambos proyectos fueron abandonados. En el apartado 7.4.3 se incluye más información sobre la cancelación de esta última conexión transfronteriza y sus motivos.

Volviendo a España además de las líneas y estaciones, hay que tener en cuenta otro tipo de infraestructuras, necesarias para posibilitar ahorros de tiempo entre determinados trayectos en alta velocidad. En concreto, se hace referencia a los denominados by-pass, los cuales hacen realidad la conexión entre líneas y el ahorro de kilómetros en determinadas relaciones.

Existen dos by-pass entre conexiones de alta velocidad. Uno de ellos es el by-pass de Perales del Río (Getafe, Madrid). En ese punto, del primigenio corredor Madrid-Sevilla, parte una bifurcación hacia el este que actúa como kilómetro 0 de la línea hacia Barcelona y Perpignan.

Más hacia el sur en las cercanías del municipio de Torrejón de Velasco (Madrid) existe otro by-pass, en el cual del corredor Madrid-Sevilla se separa otra línea férrea: la Madrid-Levante.

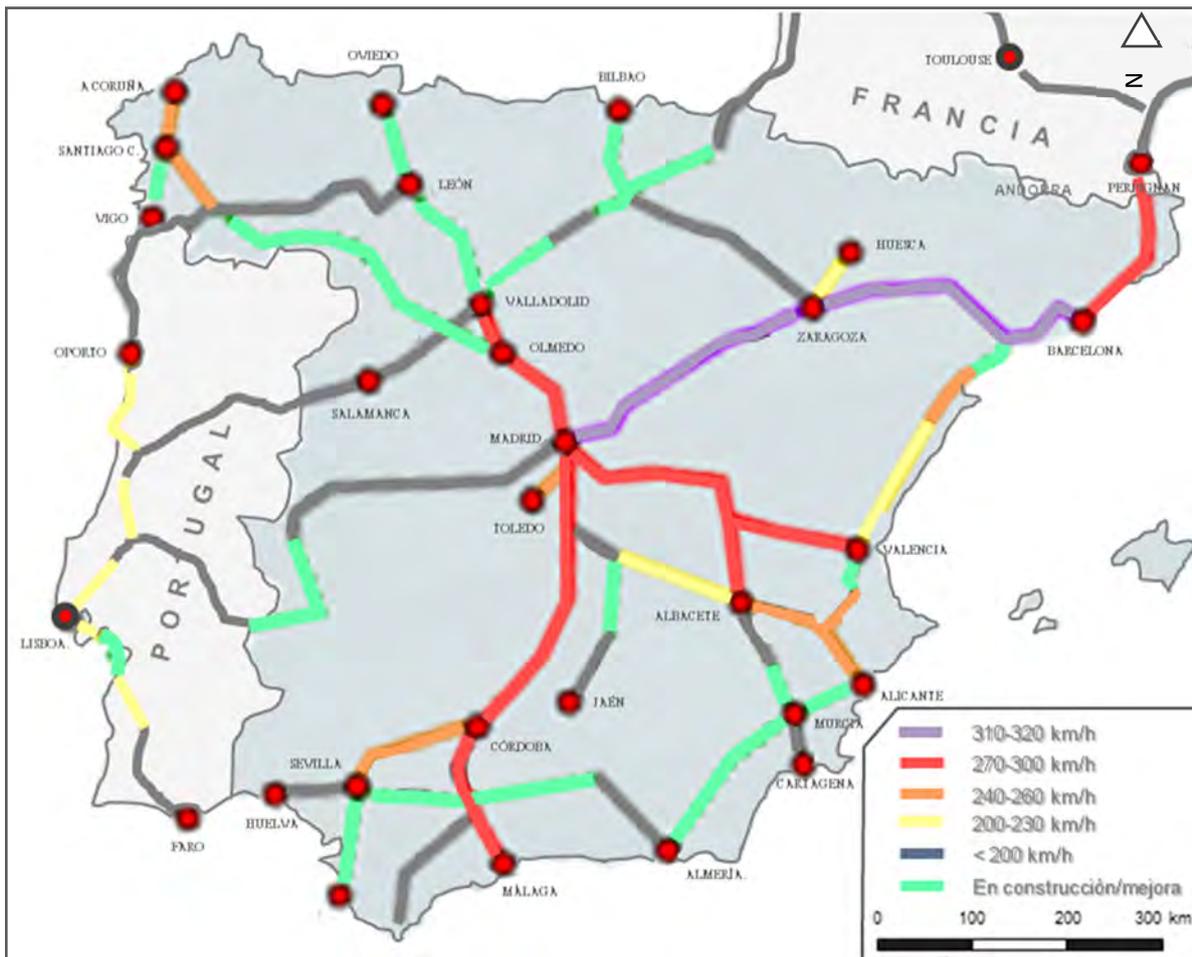
Como proyecto a futuro, con fecha de octubre de 2014, se sitúa el by-pass de Almodóvar del Río, que permitirá la conexión entre el corredor Córdoba-Málaga con el tramo Córdoba-Sevilla, sin necesidad de pasar por la capital cordobesa, permitiendo según el ministerio de Fomento un ahorro de 47 kilómetros y 45 minutos.

Otra infraestructura a destacar, aunque se encuentra en construcción, es el túnel en ancho estándar que conectará las estaciones madrileñas de Puerta de Atocha y Chamartín, que permitirá la conexión entre los corredores del norte y noreste con los meridionales. El fin de las obras está previsto para 2018.

Las velocidades máximas comerciales permitidas en cada línea difieren según los corredores. El límite estándar más utilizado ha sido el de 300 km/h, aunque hay excepciones: el tramo gallego La Coruña-Orense y el Córdoba-Sevilla, con limitación a 250 km/h.

También está limitado a 250 km/h el tramo Albacete-Alicante, aunque en este último está prevista su ampliación a 300 km/h y reducir el tiempo de trayecto en quince minutos.

Mapa 21. Red de alta velocidad según velocidad máxima permitida (2014)



Fuente: Elaboración propia a partir de www.ferropedia.es, 2014

En la línea Madrid-Barcelona se amplió la velocidad permitida de 300 a 310 km/h en 2011, configurándose así como el corredor en el que la velocidad máxima permitida es más elevada (ver Mapa número 21).

Como es sabido, la velocidad de desplazamiento está íntimamente ligada al tiempo de duración del viaje, y es obvio que entre ambos factores existe una relación de proporcionalidad inversa, de tal forma que cuando uno de ellos disminuye el otro aumenta.

En el Gráfico número 17 se exponen los tiempos de trayecto mínimos y máximos entre diferentes relaciones dentro de la red de alta velocidad. Se han tenido en cuenta todos los enlaces diarios existentes por cada trayecto, para determinar el tiempo mínimo (por tanto, con mínimas paradas o bien enlace directo) y máximo (realizando el máximo número de paradas posibles). En cuanto al tipo de tren utilizado para el análisis, únicamente se han considerado trenes AVE y Avant, para obtener la mayor homogeneización de resultados respecto al análisis de red posterior. Los datos han sido ordenados de menor a mayor duración.

El valor más bajo corresponde a la relación Madrid-Toledo, con 33 minutos. El tiempo máximo y el mínimo son idénticos puesto que el tren, en este caso Avant, no realiza paradas intermedias. Esta relación con valor tan bajo se ha tenido en cuenta debido a que Toledo actúa como estación de “fondo de saco” (pese a situarse en el centro peninsular, no hay conexión hacia el sur, únicamente la relación con Madrid). Otras estaciones “fondo de saco” son Valencia, Málaga, Alicante, etc.

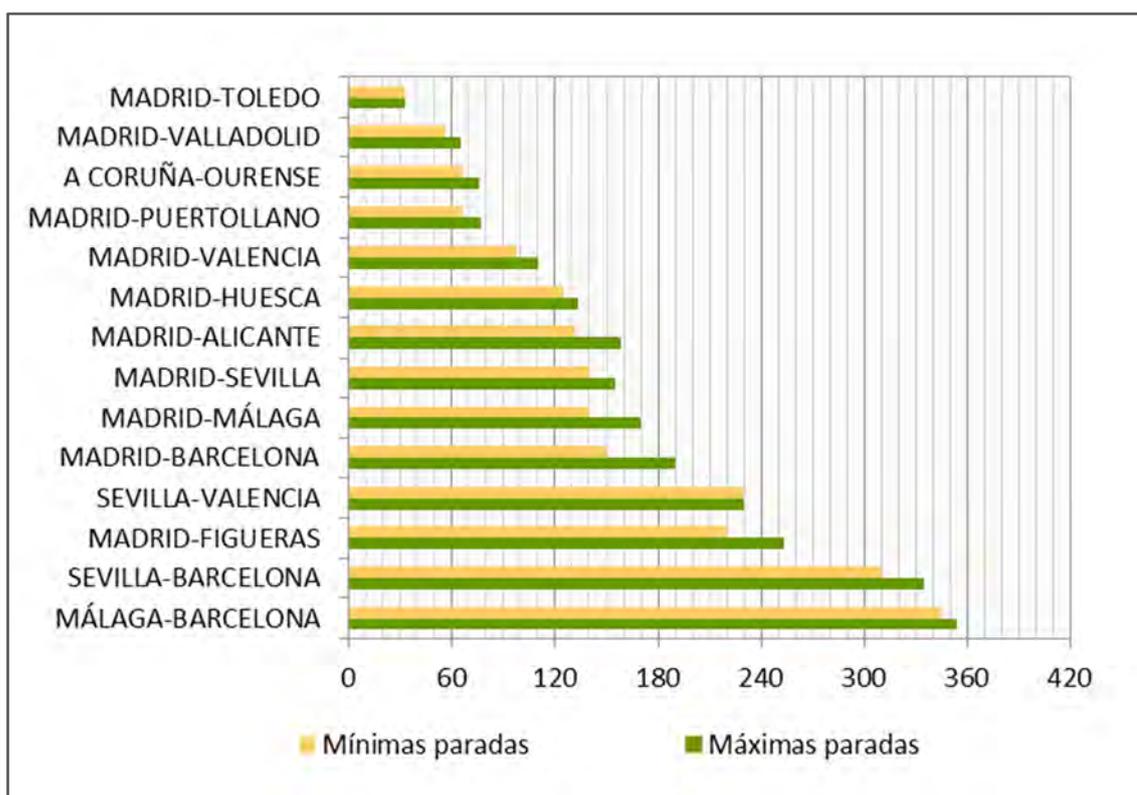
La siguiente relación es Madrid-Valladolid, con una diferencia de tiempos que ronda los cinco minutos entre el valor máximo y el mínimo, dependiendo de si el tren realiza parada intermedia o no en Segovia.

La ruta La Coruña-Orense también presenta diferencias similares, aunque en este caso no es debido a si realiza parada intermedia en Santiago de Compostela o no, se debe a que la duración del viaje varía en pequeña medida según el tren elegido (siempre Avant) en cada horario.

Madrid-Puertollano y Madrid-Valencia presentan un comportamiento similar al de Madrid-Valladolid, con leves diferencias dependiendo de si el tren para o no en las estaciones de Ciudad Real (en el primer caso) o bien en las de Cuenca y/o Requena-Utiel (en el segundo caso).

Las diferencias en el enlace Madrid-Huesca se dan en el tramo Madrid-Zaragoza. Hay dos trenes: uno directo desde Madrid y otro con paradas intermedias en Guadalajara y Calatayud. Tras la parada en Zaragoza, ambos trenes efectúan otra en Tardienta, antes de su llegada a Huesca.

Gráfico 17. Tiempos de viaje entre diferentes enlaces (minutos)



Fuente: Elaboración propia a partir de www.renfe.es, 2014

Trayectos de longitud aún mayor como por ejemplo Sevilla-Valencia o Málaga-Barcelona, entre dos líneas de alta velocidad distintas, no registran diferencias significativas entre el trayecto más largo con el más corto. La razón es muy simple, ya que la oferta es mucho más reducida que para Madrid-Figueras, por no citar un Madrid-Barcelona. De hecho, poniendo como ejemplo el trayecto Sevilla-Valencia, sólo existe un AVE diario, de ahí que ambas barras reflejen el mismo valor.

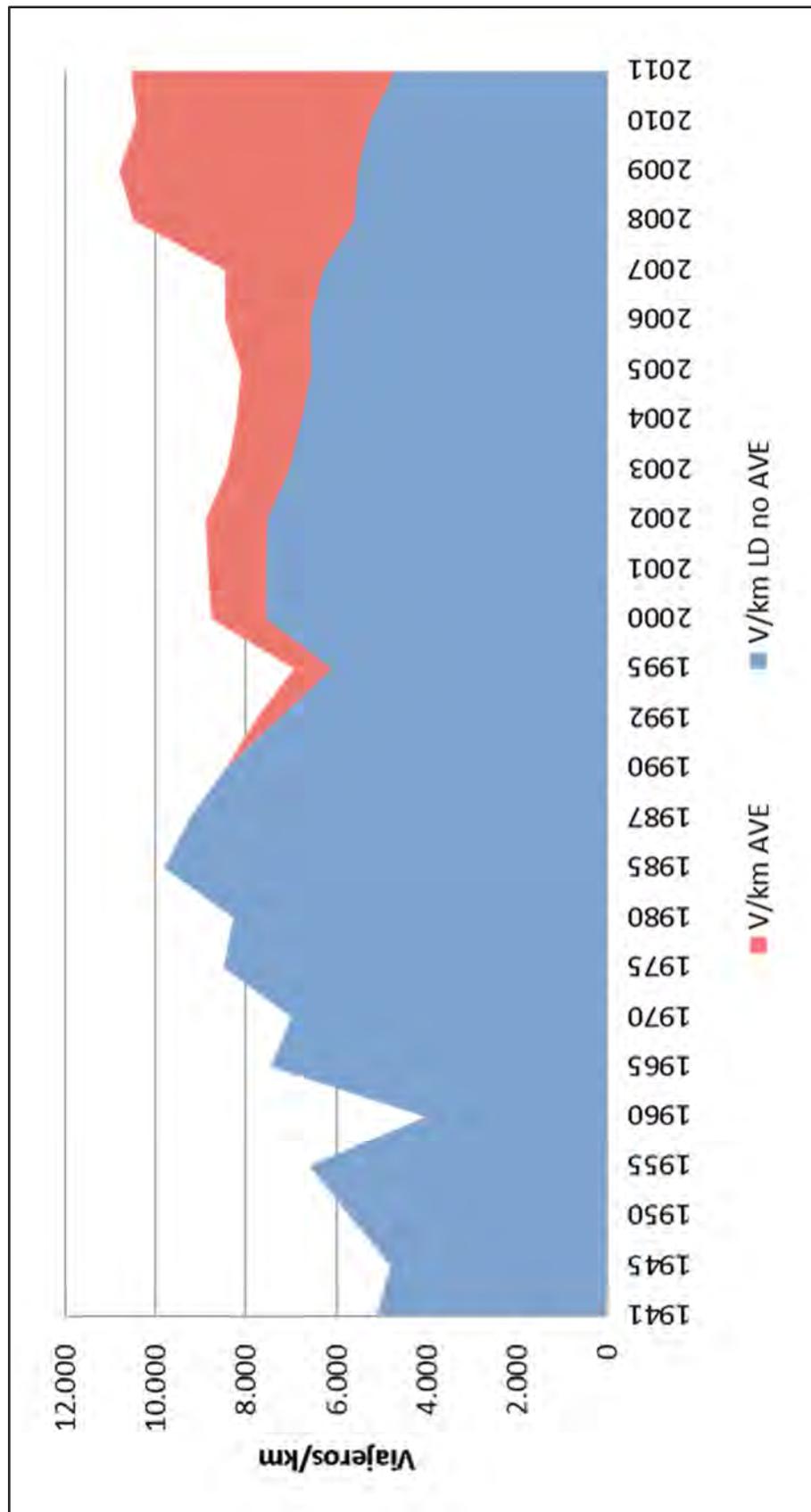
Para acabar con este apartado, se expone la evolución histórica del tráfico de viajeros/kilómetro en larga distancia. A partir de 1992 se cuantifican también los viajeros/kilómetro en trenes AVE.

La trayectoria seguida es de crecimiento, en líneas generales, si bien existen numerosos altibajos. Debe destacarse el descenso desde los años cincuenta hasta alcanzar el mínimo en 1960. Con el proceso de industrialización que comenzó con el desarrollismo también aumentó el tráfico ferroviario de largo recorrido, hasta alcanzar no sin algunos decrementos el máximo de 9.816 viajeros/kilómetro en 1985.

A partir de esa fecha, como consecuencia del cierre de numerosas líneas, el tráfico comenzó a descender y la puesta en marcha de la primera línea de alta velocidad no logró frenar en un principio dicha dinámica. El incremento progresivo del tráfico fue consecuencia especialmente del tráfico no AVE, con un máximo relativo de 7.500 viajeros/kilómetro a comienzos del siglo XXI. A partir de esa fecha, poco a poco el tráfico en larga distancia no AVE va dejando paso a los nuevos trenes, sobre todo porque cada vez es mayor el número de servicios que se realizan en estos últimos, que van sustituyendo más que complementando a los servicios convencionales. La evolución puede observarse en el Gráfico número 18.

En este sentido es destacable el repunte registrado por el tráfico de viajeros en tren de alta velocidad en 2008, coincidiendo con la puesta en marcha de las líneas Madrid-Barcelona, Madrid-Málaga y Madrid-Valladolid, mientras que los servicios convencionales de larga distancia siguen retrocediendo.

Gráfico 18. Evolución histórica del tráfico (viajeros/kilómetro) (1941-2011)



Fuente: Elaboración propia a partir del Observatorio del Ferrocarril, 2011

4.2. COMPARATIVA DE LA RED ESPAÑOLA DE ALTA VELOCIDAD CON OTRAS REDES A NIVEL INTERNACIONAL

En este apartado se pretende analizar la red española de alta velocidad ferroviaria comparándola con otras redes del mundo de cierta entidad seleccionadas, al objeto de identificar características en relación a diferentes criterios escogidos para este estudio comparativo, detectando posibles semejanzas y diferencias, datos técnicos, evolución, situación actual, etc.

4.2.1. Introducción

Ya se ha expuesto cómo va a ser el futuro de la Red Transeuropea de Transportes, dedicando especial atención al sector ferroviario de alta velocidad. Pese a que las actuaciones previstas a nivel comunitario marcarán el devenir de dicha red, no cabe duda de que dicha red global se nutre en buena parte de las infraestructuras existentes a nivel nacional de cada país.

Por otro lado, es necesario dedicar unas líneas a algunas de estas redes nacionales de alta velocidad, comunitarias o no. Aquellas que se han elegido por ser más significativas son las correspondientes a: Japón, Francia, Alemania, Italia y China. En cuanto a los criterios de selección se ha primado la antigüedad de la red (Japón), la cercanía (Francia), el modelo de planificación adoptado en su construcción (Alemania e Italia) y la longitud (China).

Todas estas redes excepto la china comparten el hecho de tener una antigüedad de al menos veinte años para el primer servicio. Por tanto, este intervalo temporal permite adoptar una visión diacrónica, y del mismo modo estudiar las semejanzas y las diferencias que presenta la red española respecto a éstas.

Se ha añadido además un apartado denominado “otras redes”, en el que se incluyen algunas que o bien se hayan en una fase reciente de su puesta en servicio o bien se encuentran en construcción. Se ha decidido incluir a Estados Unidos para exponer la escasa significación que tiene para este país la alta velocidad ferroviaria, al menos hasta la fecha, Arabia Saudí, como una red futura impulsada sobre todo por motivos de índole religiosa, y por último, Marruecos, por su proximidad a la península Ibérica y convertirse también en la primera red de alta velocidad africana.

4.2.2. Descripción de las redes

A continuación se exponen los principales rasgos de las redes de alta velocidad de los países anteriormente indicados. Tras esta exposición, se incluyen unos cuadros comparativos de estas y otras redes nacionales con respecto a la red española.

4.2.2.1. Red de Japón

Como ya se ha señalado la primera línea de alta velocidad fue puesta en servicio en Japón en 1964, conectando las ciudades de Tokio y Osaka mediante la línea denominada Tokaido.

Siguiendo a Rodríguez et al. (2005) y a Albalade y Bel (2011), la construcción de esta línea viene determinada por el intento de solucionar un problema de saturación del transporte ferroviario convencional de este país, en concreto los cuellos de botella.

Existía una antigua línea convencional Tokio-Osaka, que fue concluida en 1889 y electrificada hasta Kioto, al norte de Osaka, en 1956. Dicha mejora fue llevada a cabo por la compañía de ferrocarriles japoneses (JNR o *Japanese National Railways*). La revitalización de la economía japonesa tras la II Guerra Mundial conllevó el crecimiento de las ciudades situadas a lo largo del corredor al oeste de Tokio, disparando la demanda de transporte interurbano y planteando así nuevos desafíos.

Japón necesitaba de un sistema de transporte más eficaz. Para lograrlo, la JNR estudió dos posibles alternativas: en cuanto a capacidad, finalizar la cuadruplicación e incluso sextuplicación de la antigua línea convencional Tokio-Osaka o rescatar una idea de la

preguerra: construir una nueva línea. Finalmente se optó por la segunda alternativa.

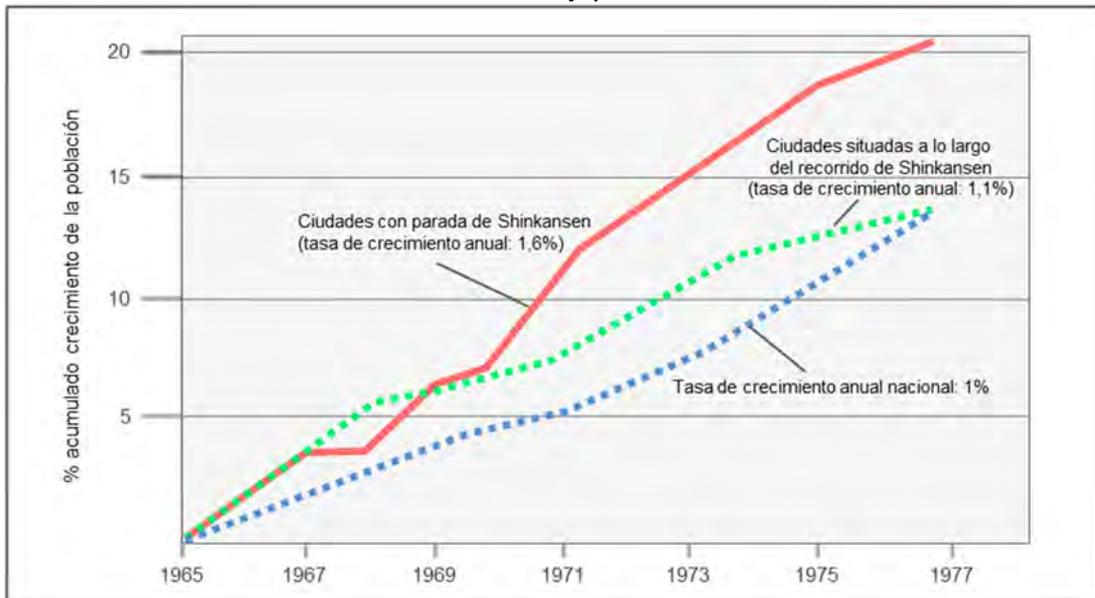
La línea Tokaido se construyó como respuesta a la necesidad de aumentar considerablemente la oferta y la eficacia del sistema de transporte, cara a satisfacer el incremento de la demanda propiciada por el intenso desarrollo económico que estaba experimentando el país (De Rus et al., 2009).

Tras la puesta en servicio el volumen de tráfico de pasajeros registrado desbordó todas las previsiones. En 1965 tuvo 11.000 millones de pasajeros/kilómetro, en 1975 registró 35.000, es decir, se triplicó la tasa en sólo una década, y más adelante el crecimiento fue más suave pero siguió siendo positivo, situándose en 39.800 millones de pasajeros/kilómetro en 1998.

Directamente ligado al incremento del volumen del tráfico se sitúa el desarrollo demográfico de todo el corredor por el que discurre la línea nipona.

Como se muestra en el Gráfico número 19, las ciudades situadas en la trayectoria del tren crecen más que el resto de núcleos urbanos y tal crecimiento es mayor aún si consideramos las ciudades en las que el tren tiene parada. Al recibir los efectos del Shinkansen más directamente, son las aglomeraciones que experimentan un mayor crecimiento en su masa demográfica. De hecho como indica Pigem (2009), se ha producido un cierto trasvase de masa demográfica desde las zonas más alejadas (isla Hokkaido, sur y costa noroeste de la isla de Honshu) hacia zonas más próximas a la propia línea.

Gráfico 19. Influencia de la Tokaido Shinkansen en el crecimiento demográfico de las ciudades japonesas



Fuente: Elaboración propia a partir de Rodríguez et al., 2005

El incremento del tráfico también provocó distintos efectos en diferentes tipos de movilidad: los desplazamientos por motivo turístico y por motivos de negocio, dinamizando a su vez la actividad comercial en el corredor. No obstante, el tren, aparte de favorecer el crecimiento económico del corredor también ha sido responsable de la concentración de actividades en Tokio y en Osaka, fundamentalmente de actividades terciarias de alto nivel, limitando su dispersión en centros intermedios, como es el caso de Nagoya.

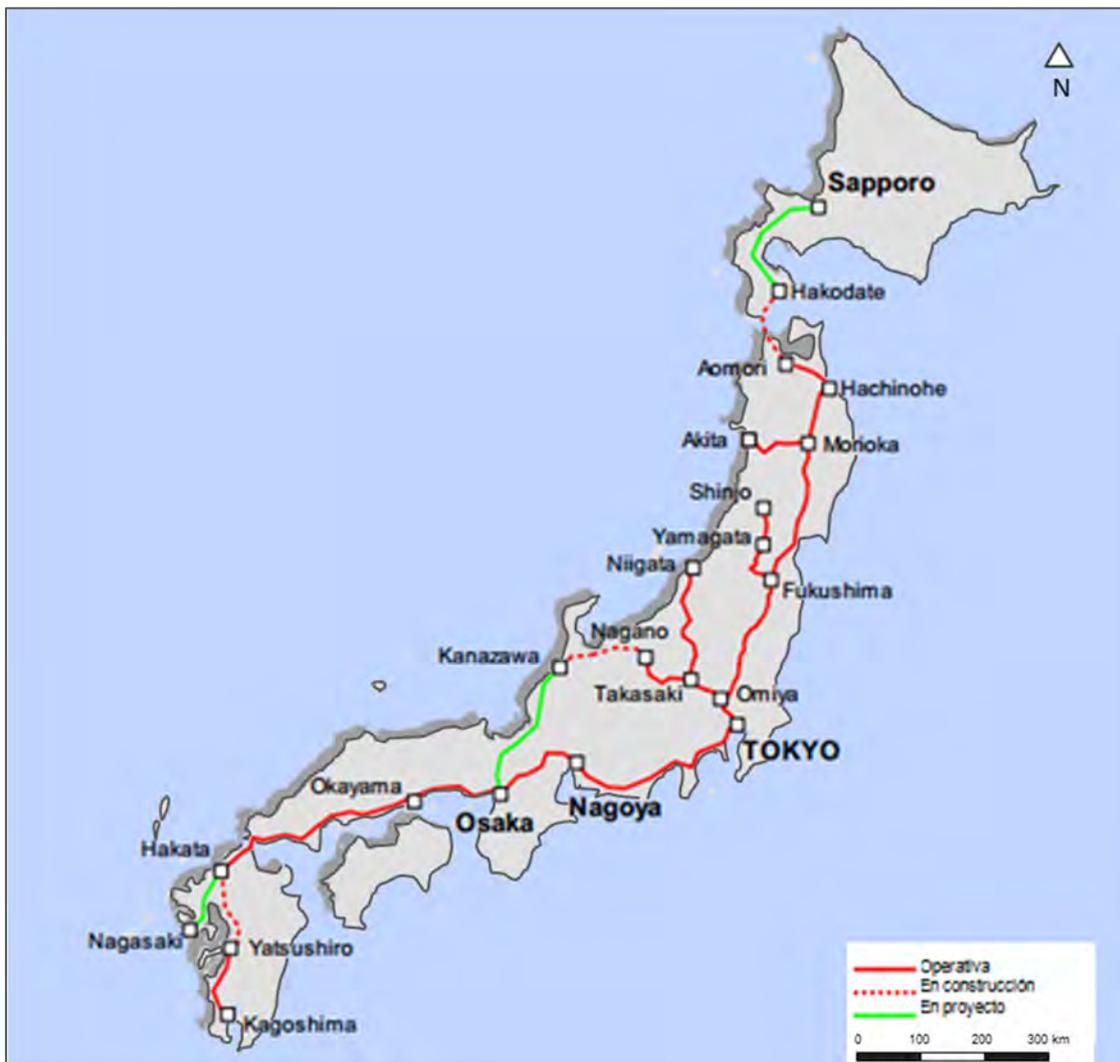
Respecto a la demanda hotelera los resultados han tenido consecuencias menos halagüeñas. El ahorro de tiempo en el desplazamiento que ofrece el Shinkansen implica un descenso del número de pernoctaciones, no tanto en los desplazamientos de naturaleza turística como en aquellos realizados por motivos de negocio (Rodríguez et al., 2005).

Tras la línea Tokio-Osaka, en 1975 la red japonesa se extendió con la inauguración del tramo Osaka-Fukuoka, con trenes que circulaban a 220 km/h. Por primera vez, dicho tren abandonaba la isla japonesa de Honshu para alcanzar la isla vecina de Kyushu (línea Sanyo), a través de un túnel de 18,7 kilómetros de longitud. En 1982 la red se prolongó hacia el norte, conectando Tokio con las ciudades de Morioka y Niigata.

En 1987 JNR fue privatizada, resultando seis compañías regionales de pasajeros y una de mercancías (Yamaguchi y Yamasaki, 2009). Aunque la red continuó ampliándose, la demanda ya no es tan elevada como en las primeras líneas construidas.

En la actualidad (ver Mapa número 22) la red se extiende hasta el sur de la isla de Kyushu (ciudad de Kagoshima), mientras que por el norte está en construcción un nuevo tramo entre las ciudades de Aomori (isla de Honshu) y Sapporo (isla de Hokkaido). Los trayectos en proyecto (en verde) se les denomina *Seibi Shinkansen* o “Shinkansen planeados” (Yamaguchi y Yamasaki, 2009). Cuando todos estén finalizados, buena parte del territorio nipón estará conectado por alta velocidad ferroviaria (Gutiérrez, 2004).

Mapa 22. Red de alta velocidad japonesa (2010)



Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer <http://www.uic.org/spip.php?article2727>, 2010

Aparte de la evolución de la red, es conveniente destacar que existe una gran diversidad de servicios Shinkansen dependiendo de la línea. La diferencia estriba en el número de paradas que realiza cada tipo de tren, denominándolo de una forma concreta según este

factor. Por ejemplo, en el caso de la línea Tokaido, existen los servicios *Nozomi*, *Hikari* y *Kodama*, ordenados de menor a mayor número de paradas intermedias.

El primero de ellos, *Nozomi*, es el más rápido puesto que sólo realiza parada en las estaciones principales de la línea, empleando dos horas y media de trayecto para el desplazamiento entre Tokio y Osaka. Es además el servicio con frecuencias más altas, con un número de cuatro salidas por hora y en cada dirección, e incluso mayor en horas punta. Respecto al *Hikari*, ofrece servicio a unas pocas estaciones más, lo que también repercute en un tiempo de viaje algo superior, en torno a las tres horas. Existen dos salidas por hora en cada dirección, una con trayecto Tokio-Osaka y otra Tokio-Okayama, al oeste de Osaka. Por último, el tren *Kodama* es aquel que realiza un mayor número de paradas y por tanto el más lento de los tres, empleando cuatro horas en cubrir la línea Tokaido. Al igual que el *Hikari*, se ofrecen dos salidas por hora y dirección, una para el recorrido Tokio-Osaka y otra para el Tokio-Nagoya.

Para satisfacer la alta demanda existente en la red japonesa son necesarias elevadas frecuencias y también un número importante de composiciones. Los tres tipos de trenes ofertan sus servicios con dieciséis vagones en cada tren.

Pigem (2009), en su trabajo relativo a la red de alta velocidad del país nipón, señala que, para el caso Tokio-Osaka, los viajeros suelen elegir entre los trenes *Nozomi* o *Hikari* en el supuesto de realizar la ruta entera, y el *Kodama* está más dirigido para aquellos que viven o tienen que acceder a ciudades intermedias que no disponen de servicio expreso. Dicho autor sintetiza las líneas y servicios existentes según se muestra en la tabla número 32:

Tabla 32. Diversidad de servicios en cada línea Shinkansen

LÍNEA	TIPO DE SERVICIO		
	Rápido	Normal	Lento
Tokaido	Nozomi	Hikari	Kodama
Sanyo	Nozomi	Hikari	Kodama
Tohoku	Hayate	Yamabiko	Nasuno
Joetsu	Toki		Tanigawa
Hokuriku	Asama		
Kyushu	Tsubame		
Akita	Komachi		
Yamagata	Tsubasa		

Fuente: Elaboración propia a partir de Pigem, 2009

En líneas generales la puesta en marcha del tren de alta velocidad en Japón ha sido uno de los proyectos más exitosos de este país, no sólo en materia de transporte sino a nivel general en cuanto a proyectos de inversión a medio y largo plazo se refiere, debido en parte a su extraordinaria puntualidad así como por sus frecuencias (Taniguchi, 1992). No obstante, tras el gran éxito de la línea Tokio-Osaka (es, en la actualidad, una de las pocas con rentabilidad positiva a nivel mundial), la adición posterior de otros corredores a la red principal aporta un volumen de tráfico comparativamente menor, lo que explica la ralentización del aumento del tráfico de viajeros en las últimas décadas.

De cara al futuro aparte de seguir ampliando la red Shinkansen, el gobierno nipón planea la construcción del Maglev-Super-express entre Tokio y Nagoya, tren de levitación magnética que en principio será financiado por la empresa JR Central, surgida de la escisión de la anterior compañía nacional JNR (Yamaguchi y Yamasaki, 2009). Sin embargo, debido a las dificultades técnicas para su construcción, no se prevé su apertura hasta al menos 2025.

4.2.2.2. Red de Francia

La construcción de la primera línea de alta velocidad en Francia se produce de manera muy similar a la de Japón, tratando de solucionar un problema de saturación existente, ya que París-Lyon era la línea con más tráfico de los ferrocarriles franceses, con cinco millones de viajeros anuales a finales de los años sesenta.

De igual forma que en Japón, la solución adoptada fue la construcción de una nueva línea en vez de cuadruplicar la preexistente. En 1976 empezó a construirse y fue inaugurada en 1981.

El TGV, además de la denominación del propio tren de alta velocidad francés, es un sistema de transporte que se caracteriza fundamentalmente por dos hechos:

Por un lado, la construcción de nuevas líneas para el uso exclusivo de pasajeros, a semejanza del Shinkansen japonés. Esto conlleva ventajas, por ejemplo las menores exigencias de trazado, pues admite mayores pendientes, y el mantenimiento de la infraestructura, a menor coste que en el caso del tráfico de mercancías (Bellet, 2008).

Por otro, la compatibilidad que le permite extender los servicios sobre estas nuevas líneas a lo largo de la red convencional (Menerault y Barré, 2005). Ello hace que exista una conexión unilateral entre las dos redes ferroviarias, por la que los nuevos trenes pueden circular tanto por la nueva red como por la tradicional, mientras que el ferrocarril convencional no puede utilizar la nueva línea debido a las mayores pendientes (Esteban, 1998).

Aparte de estas características, dicho sistema de alta velocidad ofrece otras particularidades a tener en cuenta:

En primer lugar los trenes circulan a velocidades entre 250 y 300 km/h, lo que permite registrar tiempos competitivos de viaje en comparación con el avión, hasta una distancia máxima de 1.000 kilómetros. Como es sabido, esta capacidad de competir con el avión que otorga la alta velocidad debe implicar un número bajo de paradas.

En segundo lugar, el TGV asegura la relación entre dos destacadas ciudades, siempre y cuando el tráfico existente lo justifique.

En tercer lugar, y en contrapartida, la capacidad del TGV es menor que la del tren convencional, incluido el TGV Dúplex (dos niveles), de tal forma que la capacidad del TGV se asemeja más a la de un avión que a la de un tren.

En cuarto lugar, los precios de los billetes se encuentran situados a caballo entre los del tren convencional y los del avión, aunque los aéreos han visto disminuir su cuantía por la competencia en el sector.

En Francia se considera que el sistema TGV no puede establecerse más que entre ciudades con un tamaño suficientemente importante como para generar un tráfico que justifique la línea. La viabilidad de la parada se remite a la estimación de un balance financiero, que compara el coste comercial⁷⁷ con la ganancia debida al aumento de la población a servir. El modelo urbano galo posee un carácter centralizado, con un nodo central potente, París, de tal forma que existe una marcada macrocefalia y un gran desequilibrio demográfico con el resto del territorio. Ello explica dos hechos:

El carácter radial de la alta velocidad, con centro en la capital. No puede concebirse la red francesa sin considerar París como núcleo rector.

Este modelo urbano condiciona también el sistema de alta velocidad a través del reducido número de paradas intermedias en cada línea. El TGV se configura como un

⁷⁷ Hace referencia a la pérdida eventual de clientela que engendra el aumento de la duración de trayecto resultante del tiempo consumido por la parada (Esteban, 1998).

servicio de transporte para grandes ciudades distantes al menos 300 km/h, con una frecuencia típica determinada en torno a una hora y una velocidad media comercial también alta, aproximadamente de 220 km/h.

Con la inauguración de la primera línea de TGV, uniendo París con Lyon, se buscó la máxima eficacia y eficiencia en el servicio, con tráfico de viajeros de gran magnitud en torno a los veinte millones anuales, ofreciendo tiempos de viaje competitivos con respecto al transporte aéreo.

La filosofía inicial de unir dos ciudades en el menor tiempo posible y con el menor número de paradas fue matizándose en los años 90 debido a distintas características de la demanda en otras partes del país y a las propias exigencias internas. En este sentido, el Informe Rouvillois sirve como punto de inflexión para el cambio de la política de la red en dos direcciones: hacia la coordinación con otros modos de transporte y hacia un modelo no centralizado de la misma (Ribalaygua, 2005).

La coordinación con otros modos se manifiesta en relación con el transporte aéreo mediante la creación de una estación de alta velocidad en el aeropuerto Roissy-Charles de Gaulle en París y la de Saint-Éxupéry en Lyon, y también con el ferrocarril convencional con la estación de trenes regionales TER en Valence, junto a los TGV. Por tanto, el cambio de política se acerca al establecimiento de conexiones tanto con el transporte aéreo como con la red convencional. En este último caso se plantea su adecuación, en la medida de lo posible, para velocidades altas.

Para extender los beneficios de la alta velocidad más allá de la red de ciudades que articula y reforzar los vínculos entre redes, la estrategia que se ha seguido en algunas regiones es el diseño de una red complementaria de transportes de calidad a escala regional, de tal forma que el resto de nodos de dicha región estén comunicados con la ciudad que cuenta con parada de TGV o "Ville TGV" en menos de una hora (Rodríguez, et al., 2005).

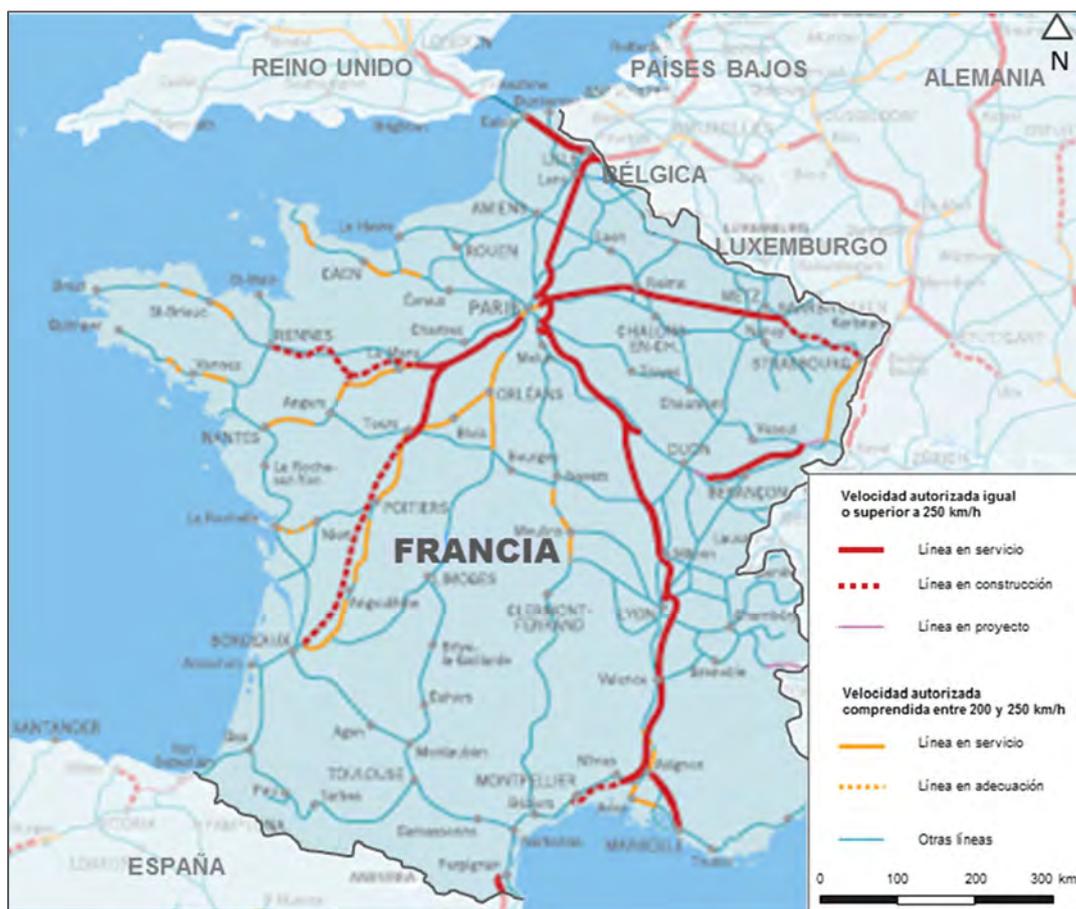
Esta red complementaria de calidad también incluye al ferrocarril de alta velocidad. Concretamente se está haciendo referencia al TER-GV (*Transport Express Régional à Grande Vitesse*), un modo de transporte ferroviario puesto en servicio en 2000, que se presenta como una introducción de la alta velocidad en el ámbito intrarregional, en la *Ligne à Grande Vitesse* o LGV Nord (Menerault y Barré, 2005). El trazado de las diferentes LGV se analizará más adelante.

Los progresos hacia la descentralización de la red se materializan en la construcción en 1994 de una circunvalación alrededor de París de 102 kilómetros (TGV Interconnexion), conectando la LGV Nord con la LGV Sud-Est. Se entiende como una forma de descentralización en el sentido de que no paran en París, aunque sí pasan cerca, puesto que esta circunvalación se encuentra dentro de la región parisina (Île de France).

La evolución en el desarrollo de la red francesa de alta velocidad se fundamenta en treinta años de funcionamiento desde su inauguración. Las líneas en servicio son numerosas, lo que permite articular una de las redes de alta velocidad de mayor longitud del mundo (ver Mapa número 23).

La primera línea inaugurada, como ya se ha comentado, fue la LGV París-Lyon (TGV Sud-Est). Después, en 1989, la línea TGV Atlantique (París-Oeste de Francia), con dos ramales a partir de Courtalain, uno hacia Le Mans y otro hacia Tours. Más adelante, en 1993, el turno fue para el TGV Nord (París-Lille). Desde ese momento las actuaciones seguidas han sido en la mayor parte de los casos, prolongaciones de estas líneas:

Mapa 23. Red de alta velocidad francesa (2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de Réseau Ferré de France (RFF)
<http://www.rff.fr/en/the-network/maps-of-the-rail-network-275/>, 2014

La línea norte se ha prolongado en 1997 hacia el oeste (Lille-Calais-Folkstone-Londres, a través del Canal de la Mancha) y el este (Lille-Bruselas). Desde el momento de su diseño, imperó una óptica de transporte transnacional frente a sus antecesoras, dado que a partir de Lille el trazado continuaría hacia Bélgica, Gran Bretaña, Alemania (Colonia) y Países Bajos (Amsterdam), es decir, la futura línea PBKAL.

Por su parte, la línea sureste se ha ampliado hacia Valence (TGV Rhône-Alpes), Marsella (TGV Méditerranée) y continuación hasta la frontera con España (TGV Nimes-Perpignan-Frontera española), para enlazar luego con la línea de alta velocidad Barcelona-Madrid-Córdoba-Sevilla/Málaga)

En 2011 se inaugura la conexión Dijon-Mulhouse (TGV Rhin-Rhône), facilitando la movilidad entre estas ciudades y extendiendo los servicios de alta velocidad franceses hacia las fronteras alemana y suiza.

También en ese año se aprobó el proyecto preliminar para la construcción de la LGV Lyon-Turín, a través de los Alpes, y se iniciaron los trabajos, no sin oposición por parte de numerosas asociaciones y colectivos contrarios a su construcción. Esta línea incluye, entre otras infraestructuras, la ejecución de un túnel transalpino a baja cota en terreno fronterizo Francia-Italia, con una longitud de 57 kilómetros. Se prevé que las obras se prolonguen hasta 2020.

Actualmente también están en construcción las LGV Bretagne-Pays de la Loire y LGV Sud-Ouest. La puesta en servicio de la primera de ellas está programada para 2017 y comunicará Le Mans (TGV Atlantique) con Rennes y Angers. La LGV Sud-Ouest partirá

de Tours y finalizará en Burdeos, mejorando las conexiones entre estas ciudades y aliviando el tráfico saturado de la línea actual. Más allá de esta estación está planteada su conexión con la frontera española, si bien no se espera que comiencen los trabajos antes de 2020.

De hecho, en 2013 salió a la luz el Informe Duron⁷⁸, elaborado por el ministerio francés de transportes. Con esta publicación Francia pretende dar un giro a su política de transportes y más en particular a la ferroviaria. Pone como ejemplo la estrategia alemana y enfatiza con que ésta debe ser el modelo a seguir por la francesa. Hace referencia a la promoción del TER, para su circulación a velocidades entre 200 y 250 km/h y puede resultar un punto de inflexión para dejar de invertir en TGV en beneficio de la mejora de infraestructuras para el ferrocarril convencional, y en concreto para que éste pueda aumentar su velocidad actual (García, 2013).

Pese a este “freno” en el crecimiento de la red de alta velocidad, Francia es, a fecha de marzo de 2015, el país europeo con mayor tráfico de este tipo de modo de transporte.

4.2.2.3. Red de Alemania

Antes de la llegada de la alta velocidad a Alemania, este país presentaba una red ferroviaria con clara orientación este-oeste, fruto de la separación entre las entonces denominadas República Federal de Alemania (RFA) y la República Democrática de Alemania (RDA).

La distribución demográfica es marcadamente diferente a la francesa, con menor concentración espacial y un mayor número de ciudades intermedias. Este hecho provoca que sea más difícil encontrar trayectos con tráfico comparables a los relativos a Francia o, más aún, a Japón.

En consecuencia, este mayor equilibrio demográfico en lo espacial sin grandes aglomeraciones predominantes, dificulta el diseño de una línea férrea de alta velocidad. Además de ello, es necesario que la línea proyectada sea más accesible, con más paradas para captar un mayor número de usuarios (López Pita, 1996) y con características técnicas compatibles con trenes clásicos ligeros y con trenes de mercancías, los cuales utilizan total o parcialmente las nuevas líneas (Esteban, 1998).

En este contexto, en Alemania se ha optado por mejorar las comunicaciones de las áreas industriales con los puertos del norte, priorizando accesibilidad y frecuencia respecto a velocidad. De este modo, se concedió mayor interés a la puesta en servicio de trenes con amplia frecuencia y capacitados para fuertes aceleraciones y desaceleraciones, más que la búsqueda de una velocidad punta mayor (ver Mapa número 24).

Parte de las medidas adoptadas para mejorar el sistema de transporte ferroviario consistieron en la construcción de nuevas líneas (*neubaustrecken*) y, sobre todo, nuevos trenes especialmente pensados para circular a velocidades mayores a las convencionales. Se hace referencia concretamente a los trenes ICE, acrónimo de *InterCity Express*.

⁷⁸ Publicado en la siguiente dirección del gobierno francés: http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/CM21_-_27_Juin_2013_vers2_9h38_sans_traits_de_coupe-2.pdf

Mapa 24. Red de alta velocidad alemana (2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de Réseau Ferré de France (RFF) <http://www.rff.fr/en/the-network/maps-of-the-rail-network-275/>, 2014

Las dos primeras líneas de nueva construcción se inauguraron en 1991, ya con trenes ICE: Hannover-Würzburg y Mannheim-Stuttgart, preparadas para circulaciones de viajeros de 250 km/h así como de mercancías a 160 km/h. El objetivo era el incremento de la capacidad global de la red ferroviaria. De esta forma comenzó a estimularse un proceso de reorientación de los flujos de transporte en el país a nivel ferroviario.

Más adelante, en 1998, se estrena la conexión Berlín-Hannover, con 258 kilómetros de longitud (Del Val, 2013). Con ello se posibilitó la disponibilidad de un corredor de cerca de 500 kilómetros de desarrollo (Berlín-Hannover-Göttingen-Kassel-Fulda-Würzburg). La línea está destinada a tráfico mixto, circulando por el día trenes de pasajeros (tanto alta velocidad como convencionales) y por la noche trenes de mercancías, aprovechándose en este tramo buena parte de la línea preexistente.

La red alemana ha ido incrementando su longitud de vía en alta velocidad tanto con la construcción de vía nueva como, sobre todo, por la mejora de la red existente, de tal forma que pueden señalarse otras líneas de gran relevancia además de las ya mencionadas, como se muestra en el Mapa número 25.

Por ejemplo, la línea Colonia-Aquisgrán. Esta línea de alta velocidad corresponde a la parte alemana del proyecto número 2 de las Red Transeuropea de Transporte (ver Tabla número 10), que engloba a Francia, Bélgica, Países Bajos, Reino Unido y la propia Alemania. Dicha línea sigue las pautas establecidas para otras líneas germanas, en el sentido de que no se trata de una línea de nueva construcción sino que su

infraestructura ha sido objeto de obras de mejora con el fin de albergar servicios de alta velocidad. Posee una longitud total de 70 kilómetros y enlaza con el sector belga del trazado, en dirección a Bruselas.

Otros casos son los de las líneas Mannheim-Saarbrücken y Karlsruhe-Offenburg-Basilea (Suiza), cuyo trazado también ha sido objeto de actuación de mejora para permitir la circulación a velocidades más altas (tanto máximas como medias).

Una línea de nueva construcción es Colonia-Frankfurt, de 177 kilómetros, que fue inaugurada en 2002. Se trata de un corredor exclusivo para pasajeros, por tanto supone un cambio de carácter respecto a la planificación realizada hasta ese momento, con prioridad para el tráfico mixto. Forma parte del eje prioritario PBKAL (París-Bruselas-Colonia-Amsterdam-Londres), incluido en los proyectos de Essen en 1994 (Ahlfeldt y Feddersen, 2010). Una ventaja de esta exclusividad radica en que permite unas especificaciones técnicas menos rigurosas que las estipuladas para vías mixtas, por ejemplo en cuanto a pendiente máxima admisible, radio mínimo de curva, peralte máximo, etc.

En la Tabla número 33 se realiza una comparativa entre ambos tipos de líneas.

Tabla 33. Especificaciones técnicas: Primeras líneas de alta velocidad en servicio y línea de alta velocidad Colonia-Frankfurt

CARACTERÍSTICA	PRIMERAS LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD	LAV COLONIA-FRANKFÜRT
Tren de alta velocidad	$V \leq 280$ km/h	$V \leq 300$ km/h
Trenes de mercancías	$V \leq 120$ km/h Carga de eje: 22,5 Tm	Exclusivo pasajeros
Requisitos especiales	Tráfico mixto	En paralelo con autopista existente (A-3)
Pendiente máxima	12,5 ‰	40 ‰
Radio mínimo curva	5.100 m	3.300 m
Peralte máximo	90 mm	170 mm
Insuficiencia peralte máximo	90 mm	150 mm
Aceleración lateral no compensada	0,59 m/s ²	0,98 m/s ²

Fuente: Elaboración propia a partir de Beck, 2006; Ahlfeldt y Feddersen, 2010

En 2006 se puso en servicio otra nueva línea, la Nuremberg-Ingolstadt-München, con una longitud de 171 kilómetros. El tramo Nuremberg-Ingolstadt es nuevo, mientras que en la mayor parte del trazado restante hasta la capital bávara las actuaciones realizadas han sido de mejora de la vía existente⁷⁹.

Por último, la línea Nuremberg-Erfurt se encuentra en construcción. Aprovecha parte de la línea clásica (tramo Nuremberg-Ebensfeld), unos 83 kilómetros, mientras que otros 107 kilómetros corresponden a línea de nueva construcción (Ebensfeld-Erfurt).

Con todas estas actuaciones se han reducido notablemente los tiempos de viaje entre un mayor número de ciudades (Heuermann y Schmieder, 2013), tanto germanas como

⁷⁹ En Vía Libre, nº 474, abril de 2004

de países limítrofes, al existir servicios de transporte ferroviario en alta velocidad también en Austria, Suiza, Bélgica y Países Bajos. Al igual que el TGV, los ICE conectan ciudades alemanas como Colonia o Karlsruhe con otras como Lieja, Bruselas, Basilea, o Amsterdam, y se prevé que en el futuro, operen trenes ICE por el Canal de la Mancha para la conexión con Londres.

Para finalizar la red alemana, se hará referencia a quién sufraga los gastos derivados de la conectividad. En el caso alemán, el coste añadido de la conectividad y la correspondiente pérdida de tiempos que supone tanto el mantenimiento del trazado como el hecho de acceder y parar en varios puntos del camino es asumido por el Estado, que aprovecha la polivalencia del trazado para el mencionado uso combinado de mercancías y pasajeros (Ribalaygua, 2005).

4.2.2.4. Red de Italia

El desarrollo de la red italiana se basa sobre todo en el aprovechamiento de las ventajas competitivas del tren de alta velocidad respecto al avión en la conexión de algunas de las principales ciudades del país.

La estructura territorial marca el diseño descentralizado de la red, semejante al alemán, con estructuras urbanas dispersas e importantes núcleos repartidos por buena parte de su territorio.

Los trabajos para una línea de alta velocidad entre Roma y Florencia (la *Direttissima*), comenzaron en los años setenta para solucionar los graves problemas de saturación del corredor norte-sur y con el objetivo de servir tanto a pasajeros como a mercancías. Es el primer ferrocarril europeo de alta velocidad, aunque finalmente Francia lo estrenará antes y de forma más eficaz, pero sí puede entenderse como el primer intento europeo de recuperar un servicio ferroviario en decadencia (Ribalaygua, 2005).

Al mismo tiempo que se construía la línea Roma-Florencia, Italia elaboró un plan de transporte ferroviario a largo plazo para crear una red de alta velocidad en forma de T. Por un lado, Milán-Bolonia-Florencia-Roma-Nápoles, ampliando la *Direttissima*. Por otro, Turín-Milán-Verona-Venecia, con ramal a Génova (Arbesú, 2003), con la previsión a futuro de una ampliación meridional hasta Sicilia (ver Mapa número 25).

En la actualidad se encuentran en construcción 125 kilómetros: los tramos Milán (Treviglio)-Brescia-Verona y Génova-Milán (Tortona). Los años de finalización previstos son 2016 y 2020, respectivamente⁸⁰.

El sistema ferroviario italiano de alta velocidad posee dos características diferenciadoras respecto al francés y al español:

Por un lado, el firme apoyo a la red existente. De esta manera, se opta por duplicar las vías frente a la construcción de una línea nueva, en parte debido también a la escasez de fondo públicos (Grimaldi y Beria, 2011). Ello no evitó la necesidad de construir obras de ingeniería que garantizaran un trazado válido para los nuevos trenes, debido a la orografía del país. El relieve italiano también hizo necesaria la investigación y el desarrollo de un nuevo tipo de maquinaria más flexible: el ETR 450⁸¹ o Pendolino. Este tren fue diseñado para ser capaz de bascular hacia el lado interior de las curvas hasta ocho grados, permitiendo desarrollar velocidades superiores a los trenes no basculantes y compensando la fuerza centrífuga.

Por otro lado, el intento por mantener el servicio ferroviario existente. Se ha querido utilizar la alta velocidad para la regeneración de todo el sistema nacional. Junto a los nuevos servicios de alta velocidad también se apuesta por mantener a los convencionales, a través de servicios combinados, con trenes rápidos diurnos y otros nocturnos más lentos y de mercancías.

⁸⁰ Fuente: Union Internationale des Chemins de Fer.

⁸¹ ETR son las siglas de "Elettro Treno Rapido".

Mapa 25. Red de alta velocidad italiana (2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de Réseau Ferré de France (RFF) <http://www.rff.fr/en/the-network/maps-of-the-rail-network-275/>, 2014

Toda esta política que fomenta el transporte ferroviario ha propiciado mejoras en cuanto a su cuota de mercado. Como ejemplo explicativo sirve el trabajo de Croccolo y Violi (2013). Dichos autores indican que la cuota del ferrocarril de alta velocidad para el trayecto Milán-Roma ha aumentado del 36 % en 2008 al 65 % en 2013⁸², mientras que la del transporte aéreo ha disminuido del 45 % al 26 % para ese mismo periodo.

La empresa operadora de alta velocidad es Trenitalia, mientras que el servicio (Eurostar Italia) fue prestado en un primer momento por los trenes ETR 450, para ser sustituidos después por los ETR 500, y finalmente por los ETR 1000. Estos dos últimos no son basculantes, debido al alto coste que supone el mantenimiento de dicho sistema en los Pendolino. El material rodante más reciente operativo en Italia es el denominado Italo, capaz de alcanzar los 360 km/h (VV.AA., 2014), fabricados por Alstom y operados por el operador privado NTV (*Nuovo Trasporto Viaggiatori*).

4.2.2.5. Red de China

La primera línea china, Qinhuangdao-Shenyang, fue inaugurada en 2003, con velocidad máxima de 200 km/h. Posteriormente, en 2007 dicho límite fue aumentado hasta los 250 km/h. A partir de ese momento puede hablarse de dicha línea como la primera de alta velocidad del país. En 2013 el límite de velocidad fue incrementado de nuevo, esta vez hasta los 300 km/h.

Desde la inauguración de este primer corredor, la red de alta velocidad de China ha ido aumentando hasta convertirse en la más extensa del planeta (Ollivier et al., 2015). De hecho, sigue creciendo y se prevé que alcance los 18.000 kilómetros a finales de 2015.

⁸² Los autores eligieron este periodo temporal desde el año en que se modernizó la red de alta velocidad, hasta el año de publicación del trabajo.

Los objetivos perseguidos con este desarrollo son aliviar la presión en el sistema ferroviario, tanto a nivel de pasajeros como de mercancías, mejorar las conexiones de transporte entre las diferentes regiones del país, promover la economía de las regiones menos desarrolladas (Feigenbaum, 2013), o sea, extender el crecimiento económico del sureste a regiones centrales y occidentales. De igual modo se toma como objetivo el acceso a la red de todas las ciudades de al menos 500.000 habitantes.

Dentro de estos 18.000 kilómetros, 11.300 corresponden a vías con características aptas para soportar velocidades de 200-250 km/h, mientras que los 6.700 kilómetros restantes pertenecen a vías que permiten velocidades de hasta 300-350 km/h. A éstas hay que sumar la línea de levitación magnética en alta velocidad de Shanghai, el único de estas características operativo del mundo a fecha de marzo de 2015. Dicho servicio es llevado a cabo por el tren denominado Maglev, acrónimo de *Magnetic Levitation*, y comunica en siete minutos el aeropuerto internacional de Pudong y la estación de Longyang, separadas por una distancia de 30 kilómetros, con velocidad máxima superior a los 400 km/h.

En el desarrollo de la red china han sido relevantes los objetivos logísticos, pese a tener una clara orientación hacia la movilidad de pasajeros. Las nuevas líneas de alta velocidad han permitido descongestionar el ferrocarril convencional, cuyo uso pasó a ser más favorable para las mercancías. Por ello la red presenta un marcado carácter policéntrico (Albalate y Bel, 2015).

Mapa 26. Red de alta velocidad china (2014)



Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer y www.geotren.es/blog/la-alta-velocidad-en-china/, 2014

El crecimiento de la red se frenó en 2011 tras el accidente acaecido en Wenzhou, al sur de Shanghai, que obligó a replantearse la política de desarrollo de la red, con objeto de incluir mayores cuotas de seguridad. En 2012 se reanudó el proceso de expansión de la red, ya con una normativa en cuanto a estándares de seguridad aumentada. Para que el suceso de Wenzhou no volviera a repetirse, ha aumentado la rigurosidad en la adquisición del material rodante y además se ha establecido un margen de seguridad en cuanto a la velocidad máxima de explotación (cincuenta kilómetros menor respecto a la velocidad máxima de diseño). De todas formas, esta velocidad de diseño ha aumentado, hasta situarse ya en los 380 km/h.

Las líneas de alta velocidad y el material rodante son propiedad, en su mayor parte, del gobierno chino, a través de la Corporación China de Ferrocarriles. Los trenes, así como sus diseños, se han importado o construido mediante acuerdos de transferencia de tecnología con fabricantes de diferentes continentes como Siemens, Bombardier o Kawasaki Heavy Industries. Según Del Val (2014), este material móvil ha sido rediseñado a nivel local y se le denomina *China Railway High-speed* (CRH).

Se puede apreciar la enorme envergadura de la red de este país, reflejo del gran desarrollo económico que está experimentando, en el Mapa número 26. Existen corredores tanto norte-sur como este-oeste, lo que le confiere una estructura mallada (Perl y Goetz, 2015). Hay que señalar especialmente la línea Beijing (Pekín)-Guangzhou (norte-sur), que con sus 2.298 kilómetros se configura como la línea de alta velocidad más larga del planeta.

En octubre de 2014, los CRH habían transportado 2.900 millones de pasajeros desde su primer servicio, con un incremento medio del 39 % anual.

4.2.2.6. Otras redes

a) Red de Arabia Saudí

Arabia Saudí también va a formar parte en un futuro próximo del grupo de países con una red de alta velocidad ferroviaria, con la construcción de la línea Medina-La Meca (Proyecto Haramain). Esta infraestructura se define por las dos siguientes características:

Posee un destacado componente religioso, puesto que mediante este corredor quedarán comunicados en alta velocidad los llamados “Santos Lugares” para el Islam, como son las ciudades saudíes de Medina y La Meca.

Desde un punto de vista técnico, esta futura línea tendrá una longitud de 550 kilómetros, compuesta de doble vía electrificada a 25 kV 60 Hz, con una velocidad máxima comercial permitida de 300 km/h, sistema de señalización ERTMS nivel 2 y un tiempo de viaje estimado de dos horas y media.

Se prevé la construcción de cinco paradas en las estaciones de Jeddah Central, aeropuerto internacional de Jeddah, Ciudad Económica Rey Abdullah, más las cabeceras de Medina Central y La Meca Central⁸³. El tráfico en todo el corredor será exclusivo para viajeros, mientras que la inauguración de la línea está prevista para diciembre de 2015. En julio de ese año los primeros convoyes han comenzado a rodar en fase de pruebas⁸⁴.

⁸³ Ministerio de Fomento, 2012

⁸⁴ Diario Expansión, 15 de julio de 2015

Mapa 27. Futura línea de alta velocidad La Meca-Medina (Arabia Saudí)



Fuente: Elaboración propia a partir de *Vía Libre*, nº 555, 2011

b) Red de Estados Unidos de América

Estados Unidos cuenta con una línea ferroviaria entre Nueva York y Washington operada por la empresa Amtrak, a través del servicio Acela Express, desde el año 2000. Tiene una longitud de 362 kilómetros y corresponde a un tramo del denominado Corredor Noreste, que en un futuro se extenderá desde Nueva York hacia Boston. La velocidad máxima comercial es de 240 km/h, es decir, se trataría de un servicio de velocidad alta utilizando la terminología correspondiente de la Union Internationale des Chemins de Fer.

Además de este corredor, existe un proyecto para la construcción de una línea de alta velocidad en el estado de California, desde Sacramento y San Francisco hasta Los Ángeles y San Diego, con una longitud de recorrido cercana a los 800 kilómetros y una velocidad máxima comercial de 350 km/h (Perl y Goetz, 2015). Se trata de un proyecto programado para largo plazo ya que el año previsto de puesta en servicio en su totalidad es 2029.

Puede resultar llamativo el reducido interés prestado hasta la fecha por las diferentes administraciones estadounidenses hacia este modo de transporte, teniendo en cuenta el potencial económico del país y los importantes volúmenes de población a los que podría dar servicio. Según Peterman et al. (2009) y Feigenbaum (2013), las características territoriales del país, la clara tendencia al transporte aéreo y al transporte

terrestre privado⁸⁵, junto con los ingentes costes asociados, mayores que apostar por la mejora de las comunicaciones a través de autopistas, autovías y aeropuertos, deberían actuar como efectos disuasorios a la hora de desarrollar este tipo de redes ferroviarias.

Mapa 28. Proyecto de alta velocidad en el estado de California, Estados Unidos



Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer, “High speed around the World: maps – UIC High Speed Department”, noviembre de 2013

c) Red de Marruecos

Marruecos se convirtió en 2011 en el primer país africano en el que se empezó a construir una línea de alta velocidad, de acuerdo con el Esquema Director de la Red Ferroviaria Nacional a Gran Velocidad, elaborado por la ONCF u *Office National des Chemins de Fer du Maroc*.

Este proyecto consiste en enlazar, previsiblemente para 2015, las ciudades de Tánger y Casablanca, con paradas intermedias en Kenitra y Rabat, la capital. La longitud de dicho recorrido es de unos 350 kilómetros, con una velocidad máxima comercial de 320 km/h, lo que permitirá el desplazamiento entre las cabeceras de la línea en 2 horas y 10 minutos, frente a las casi 5 horas actuales en tren convencional (ver Mapa número 29).

Más adelante se tiene proyectada la ampliación hacia el sur, para extender la alta velocidad hasta Marrakech y Agadir, conformando el denominado eje “Atlántico”, así como la construcción del eje “Magrebí” (oeste-este), con el recorrido siguiente: Rabat-Meknes-Fez-Oujda, con longitud total estimada en unos 1.500 kilómetros.

⁸⁵ Dicho autor hace referencia al enorme parque de vehículos, precios del combustible menores que en Europa, autopistas gratuitas, etc., lo que implica una urbanización extensiva y baja densidad en la ocupación del espacio.

Mapa 29. Proyecto de línea de alta velocidad Tánger-Casablanca-Agadir (Marruecos)



Fuente: Elaboración propia a partir de Cembrero, 2011

Los trenes serán fabricados por Alstom, de origen francés, lo que marca la estrecha colaboración existente entre el estado galo y el alauita⁸⁶.

Otro proyecto que se halla a nivel de planificación es el del Enlace Fijo ferroviario a través del estrecho de Gibraltar. Se trata de un doble túnel con ancho estándar, de 40 kilómetros de longitud y conectado a una profundidad de 300 metros, que enlazaría Punta Malabata (localizada cerca de Tánger) con Punta Paloma (situada 40 kilómetros al oeste del enclave gibraltareño). Este no es el punto donde la distancia marítima es menor, dado que en esa posición el estrecho es más profundo, lo que conlleva incrementar la longitud final de esta infraestructura. El modelo que se tomó como referencia fue el del Canal de la Mancha (Moreno, 1997).

En el Mapa número 30 se observan las dos terminales y el resto de infraestructuras asociadas, así como dos trazados: en azul, el referente al primer anteproyecto prioritario realizado, en 1996 (APP-96), y en rojo, el nuevo.

⁸⁶ Para ampliar información pueden consultarse las páginas:

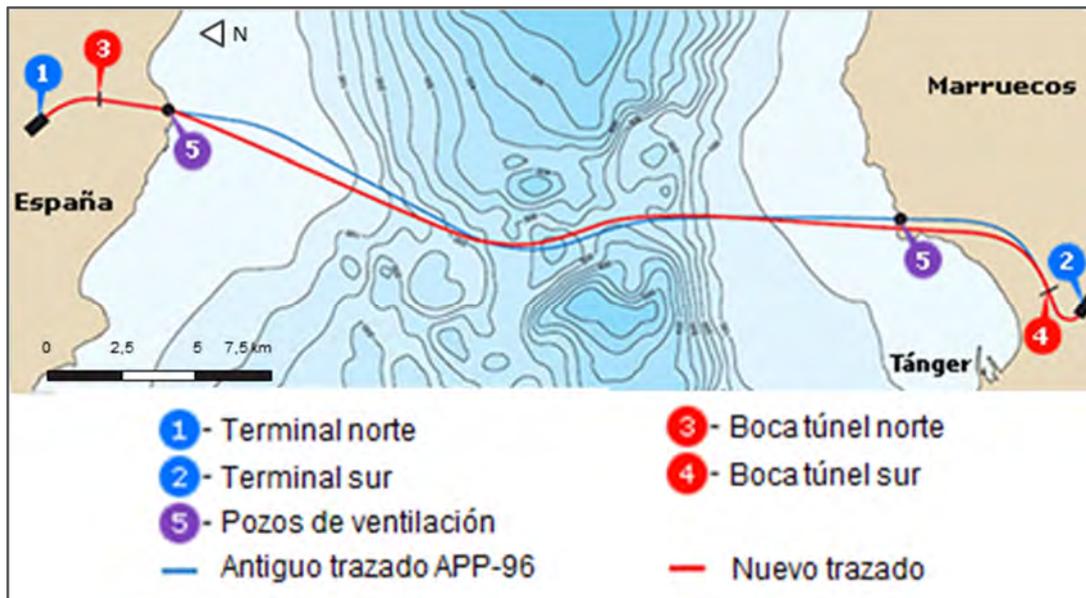
<http://www.tgvmaroc.ma/#>

<http://www.railway-technology.com/projects/tangier-casablanca-high-speed-rail-line/>

http://www.finanzas.com/noticias/empresas/2011-09-29/565413_sarkozy-inaugura-tanger-obras-primer.html

MATUTE, M. A. y MARCO, A. (2014): "Proyectos ferroviarios en países emergentes (I): La alta velocidad en Marruecos". Blogspot Viajes ferroviarios de ayer, hoy y mañana.

Mapa 30. Proyecto de enlace ferroviario subterráneo en el estrecho de Gibraltar



Fuente: Elaboración propia a partir de Société Nationale d' Études du Détroit (SNED) y Sociedad Española para la Comunicación Fija a través del Estrecho de Gibraltar (SECEG), 2012

Conviene plantear una reflexión acerca del contexto territorial en el que se puede insertar dicha infraestructura en el futuro. El estrecho de Gibraltar es un espacio singular y de gran interés geográfico al ser considerado como la frontera socioeconómica más desigual del mundo, en la que confluyen dos realidades culturales con interacciones mutuas pero también estructurantes de ámbitos bien diferenciados, como la orilla norte española y la sur marroquí, más los enclaves de Gibraltar, Ceuta y Melilla.

En este contexto, la construcción del Enlace Fijo pretende enriquecer las infraestructuras existentes en un espacio con una relevancia mundial de primer orden, debido a varios atributos: su posición geoestratégica en la circunnavegación del globo por vía marítima (Moreno et al., 2011), el papel de los flujos turísticos y migratorios existentes en este espacio, al conectar el continente europeo y el africano. De igual forma, la competencia existente entre el ya consolidado puerto de Algeciras y el nuevo puerto marroquí denominado Tánger-Med (Moreno y Ventura, 2008).

También debe mencionarse como factores significativos para la articulación geoestratégica de la zona el desarrollo de la red ferroviaria marroquí, los proyectos mencionados en el apartado anterior, su relación con el nuevo puerto marroquí y la viabilidad del Enlace Fijo en el Estrecho.

4.2.3. Análisis comparativo

Una vez presentadas las redes nacionales anteriores, se ha realizado un análisis comparativo de las mismas en base a los siguientes criterios: primer año de servicio, kilómetros en servicio, en construcción y en proyecto, longitud total, densidad de la red (demográfica y espacial), evolución de las redes nacionales, volumen de viajeros y velocidades medias.

Al objeto de reseñar la importancia de cada uno de ellos así como su potencial explicativo, en la Tabla número 34 se indican su funcionalidad y capacidad comparativa para las redes de los países que han sido objeto de estudio.

Tabla 34. Cuadro de criterios comparativos

CRITERIO	ANÁLISIS Y VISIBILIDAD	COMPARABILIDAD
1 ^{er} año en servicio	A mayor antigüedad, mayor experiencia adquirida a la hora de planificar la red de alta velocidad.	Permite averiguar los países pioneros en materia de alta velocidad y cómo se configuran como exportadores de su tecnología, para países con una red más incipiente; al menos en los primeros años de desarrollo
Longitud total (kilómetros)	Clave para determinar la potencial población a servir y los niveles de accesibilidad	Entre países se verifican importantes diferencias, no sólo por la antigüedad sino por las prioridades específicas de cada país al desarrollar su red de alta velocidad
Longitud por estado de ejecución	Permite discernir el grado de ejecución de cada red	Clarifica la separación de países iniciada por los criterios anteriores. En principio, aquellos con una red más antigua y extensa son también los que la tienen en un grado más alto de desarrollo y las actuaciones pendientes para su ampliación son de un calado relativamente reducido
Densidad de la red	Criterio con una visión muy geográfica, relacionando red con población y superficie física	Resulta clave para determinar el grado de ambición de la política de alta velocidad a nivel de cada país y sus consecuencias
Evolución	Criterio diacrónico, muy relacionado con los dos primeros	Representa gráficamente los planes de transporte de cada país y su mayor o menor celeridad a la hora de desarrollar su red
Volumen de pasajeros	Criterio clave para determinar el nivel de aprovechamiento económico de la red	En el caso de poseer datos homogéneos, uno de los principales criterios de comparación
Velocidad media	Relacionado con la rapidez y eficiencia de un servicio. Asociado naturalmente a los conceptos de velocidad máxima absoluta y máxima comercial, aunque es más real y preciso hablar de velocidades medias	Comparando las redes de los países, determina las características de cada una de ellas

Fuente: Elaboración propia

En las Tablas número 35 y 36 se puede observar la referencia al primer año de servicio, longitud total de la red y su desagregación por estados, así como la densidad de cada red. La información es más completa que en tablas sucesivas, con mayor desagregación de países. Pese a estar focalizadas en los Estados considerados, es obvio que a mayor número de datos, puede extraerse mayor información complementaria.

*Tabla 35. Líneas de tren de alta velocidad en servicio o en construcción (2014).
Velocidad \geq 250 km/h*

PAÍS	PRIMER AÑO DE SERVICIO	KM EN SERVICIO	KM EN CONSTRUCCIÓN	KM EN PROYECTO	TOTAL KM
Alemania	1988	1.352	466	324	2.142
Bélgica	1997	209	-	-	209
España	1992	2.515	1.308	1.702	5.525
Francia	1981	2.036	757	2.407	5.200
Reino Unido	2003	113	-	543	656
Países Bajos	2009	120	-	-	120
Italia	1992	946	125	221	1.292
TOTAL Unión Europea		7.291	2.656	5.197	15.144
Suiza	2007	35	72	-	107
Turquía	2009	444	705	1.758	2.907
Japón	1964	2.664	779	179	3.622
Corea del Sur	2004	412	247	49	708
China	2007	11.132	8.141	3.777	23.050
Taiwan	2007	345	9	-	354
E. Unidos	2000	362	-	777	1.139

Fuente: Elaboración propia a partir de Administrador de Infraestructuras Ferroviarias y Union Internationale des Chemins de Fer, 2014

Como puede apreciarse, España es el país europeo con más kilómetros de alta velocidad construidos y también con más kilómetros en construcción y/o en proyecto, pese a no ser el país con una red de alta velocidad más antigua.

En valores relativos, el 34 % de la red europea ya en servicio se encuentra en España. Sin embargo, más relevante es aún las cifras relativas a los kilómetros en construcción, prácticamente el 50 % del total se sitúan también en España. Si contabilizamos el total

de kilómetros (en servicio + en construcción + en proyecto), nuevamente se obtiene un tercio del total de la red comunitaria y el segundo país del mundo por longitud, después de China.

Tras España se sitúa Francia, con una estrategia algo menos ambiciosa que la española, sobre todo en cuanto a los kilómetros en construcción. No obstante, es de los países más dinámicos a este respecto, con 757 kilómetros. Sin embargo, el grueso de las líneas se sitúan en una fase anterior, 2.407 kilómetros se encuentran en proyecto o bien para futura construcción a largo plazo. El informe Duron puede haber influido en esta ralentización. De llevarse a cabo la totalidad de las actuaciones, la red francesa sumaría 5.200 kilómetros, cifra cercana aunque menor a la española (5.525).

Alemania e Italia dibujan estrategias similares y en ambos casos, mucho menos ambiciosas que en el caso español o francés. El grueso de la red ya se encuentra en servicio y no se prevén grandes actuaciones en el futuro. Tanto en Italia como, sobre todo, en Alemania, buena parte de las actuaciones que actualmente están en obras se prevé que se pongan en servicio como mínimo en 2020.

En referencia a China hay que destacar que pese a ser uno de los países con una puesta en servicio más reciente (2007), ya cuenta con más de 11.000 kilómetros de red. Y más importante es si cabe reseñar el esfuerzo de este gigante asiático en ampliarla, con más de 8.100 kilómetros en construcción y más de 3.700 en proyecto, lo que configurará en un futuro una vasta red de más de 23.000 kilómetros de alta velocidad. Será por tanto una red 1,5 veces superior a la de toda la Unión Europea. Este dato puede calificarse como lógico, dadas las características del país en cuanto a masa demográfica y superficie, si bien sigue siendo muy relevante la apuesta realizada a nivel político por la alta velocidad y la expansión tan elevada y rápida de la longitud de su red.

Japón ha sido el país pionero en ofrecer servicios de alta velocidad. Cuenta con la segunda red más desarrollada y la tercera en cuanto a kilómetros en construcción. Sin embargo, los kilómetros en proyecto son menores debido sobre todo a sus características físicas (insularidad y relieve) y a su poblamiento. El condicionante de la insularidad no lo será tanto en el futuro con la ampliación de la red japonesa más allá de la isla central de Honshu, hacia Kyushu (al suroeste, ya operativa) y Hokkaido (al noreste, en proyecto).

Como puede verse en la Tabla número 36, se relaciona longitud de redes con superficie y masa demográfica de cada país, para hallar las densidades de kilómetros de vía de alta velocidad desde un punto de vista espacial ($\text{km}/1.000 \text{ km}^2$) y demográfico ($\text{km}/100.000 \text{ hab.}$)

España se configura como uno de los países con una red de alta velocidad más densa, tanto en términos espaciales ($4,98 \text{ km}/1.000 \text{ km}^2$) como demográficos ($5,37 \text{ km}/100.000 \text{ hab.}$) En cuanto a superficie, el valor de España se sitúa sólo por debajo de Taiwan, Japón y Bélgica. Desde un punto de vista poblacional, España se sitúa en primer lugar de forma destacada, con el ya referido valor de 5,37, un 61,7 % más alto que el inmediatamente posterior, el francés. No obstante, Francia es un país con mayor superficie y menor longitud de red, por tanto, pese a que tenga más masa demográfica, dicho aumento no compensa los valores anteriores.

Tabla 36. Longitud y densidad de diferentes redes nacionales de alta velocidad (2014)

PAÍS	SUPERFICIE (km ²)	POBLACIÓN ⁸⁷	RED AV (km)	Km/100.000 hab.	Km/1.000 km ²
Alemania	357.104	82.604.000	1.352	1,64	3,79
Bélgica	30.528	11.041.226	209	1,89	6,85
España	504.645	46.815.916	2.515	5,37	4,98
Francia	675.417	61.399.541	2.036	3,32	3,01
Reino Unido	244.023	63.182.000	113	0,18	0,46
Países Bajos	41.526	16.785.088	120	0,71	2,89
Italia	301.338	60.813.326	946	1,56	3,14
Suiza	41.290	7.870.134	35	0,44	0,85
Turquía	783.562	72.561.312	444	0,61	0,57
Japón	377.835	128.057.352	2.664	2,08	7,05
China	9.897.961	1.339.824.752	11.132	0,83	1,12
Corea del Sur	99.720	48.580.293	412	0,85	4,13
Taiwan	35.980	22.814.636	345	1,51	9,59
Estados Unidos	9.161.966	316.017.000	362	0,11	0,04

Fuente: Elaboración propia a partir de "Population and Vital Statistics Report", United Nations, 2013; Banco Mundial⁸⁸ y UIC, 2014

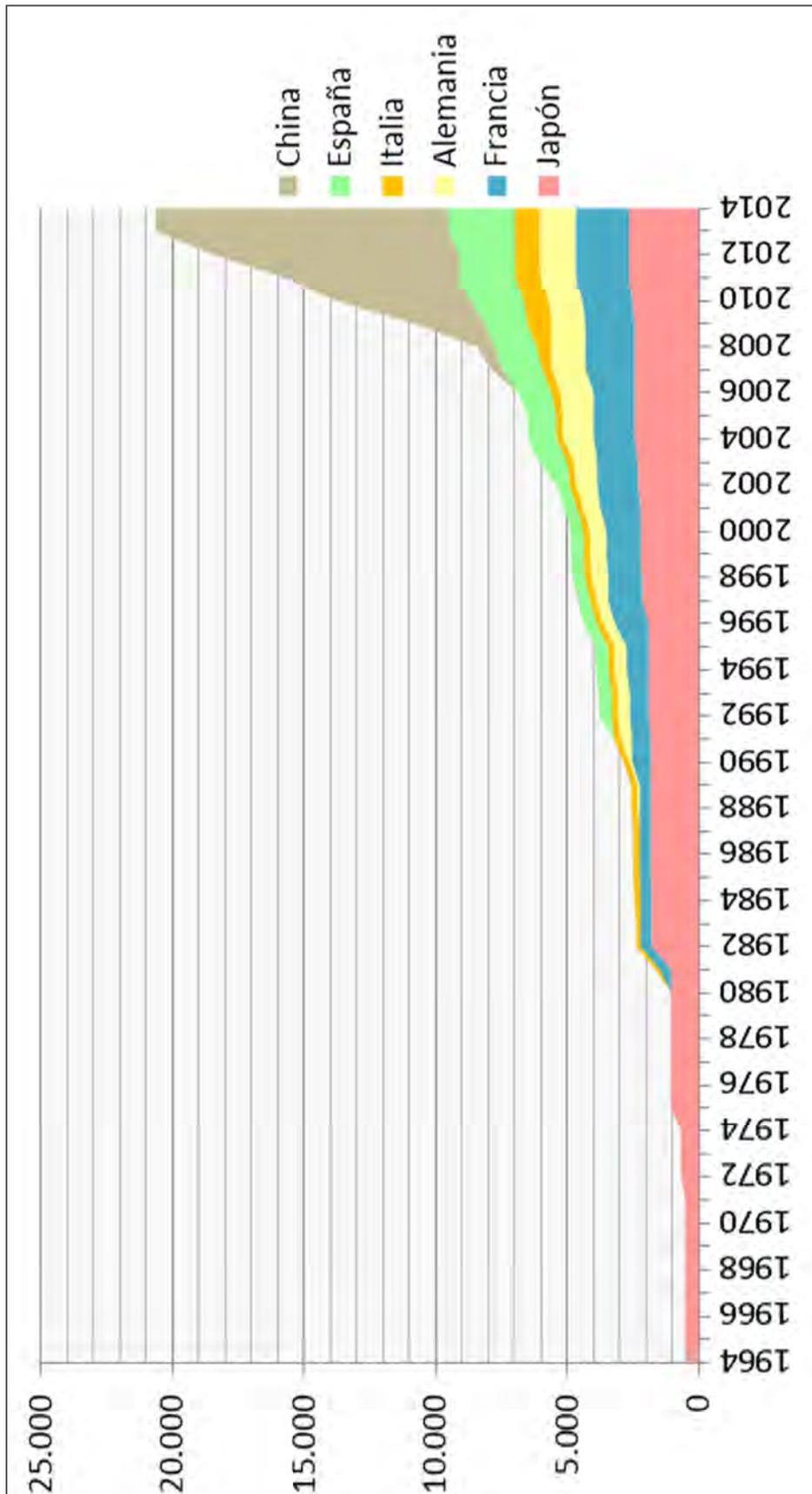
Otros países como Alemania, Reino Unido e Italia están más poblados pero la longitud de la red es claramente inferior a la española. China cuenta con más de 1.339 millones de habitantes, pero la longitud de su red es a día de hoy demasiado baja como para registrar las mismas tasas que los países europeos.

A nivel de longitud de la red de cada país, las trayectorias experimentadas han sido desiguales, debido a la mayor o menor celeridad al investigar en la materia para su futura implantación, a las distintas orientaciones políticas en materia de transporte a la hora de jerarquizar las inversiones, a los contextos territoriales diversos, etc. Lo que resulta destacable es la trayectoria ascendente que indica el crecimiento más o menos constante de buena parte de estas redes, a excepción de la de China, con un incremento exponencial. Esta evolución puede observarse en el Gráfico número 20.

⁸⁷ La cifra de población procede de datos del último censo oficial disponible o bien estimaciones realizadas por la propia ONU.

⁸⁸ Web del Banco Mundial: (<http://datos.bancomundial.org/>)

Gráfico 20. Evolución de la red de alta velocidad (kilómetros lineales) (1964-2014)



Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer, "High speed around the world: maps", UIC High Speed Department, noviembre de 2013

Comenzando con Japón, tuvo su momento de mayor expansión desde su inicio hasta principios de los ochenta. A partir de entonces la red nipona ha seguido aumentando pero más lentamente hasta la actualidad.

Francia e Italia inauguraron sus primeros trazados en 1981, aunque el ritmo constructor ha sido divergente. Hasta 1990 en Francia sólo existía la LGV París-Lyon, año en que la red comenzó a crecer, especialmente a partir de mediados de esa década y hasta la actualidad. Italia, desde 1981 y hasta 2005, ha experimentado un ritmo de construcción muy bajo, contabilizándose sólo los 248 kilómetros de la *Direttissima*. Desde 2005 su red ha sido impulsada, aunque siempre por debajo de los niveles de inversión de otros países analizados.

Respecto a Alemania, la red de alta velocidad se ha ampliado de modo muy gradual desde sus inicios, allá por 1988. No obstante, desde 2006 hasta 2014 sólo se han construido 80 nuevos kilómetros.

España ha sido el país comunitario más ambicioso a la hora de desarrollar su red nacional de alta velocidad, especialmente a partir de 2003. Desde ese año se han construido más de 2.000 kilómetros de vías férreas de estas características. Estos datos sólo han sido contrarrestados por una nación casi 20 veces superior como es China.

Desde 2007 China es el claro dominador de la alta velocidad ferroviaria mundial, destacando sobre los demás países, incluso experimentando una tendencia exponencial en varios años respecto a ejercicios previos.

Dada esta preponderancia del país asiático, se ha analizado la longitud de la red de los cinco países anteriores y comparada con la de la red china y el resto de redes nacionales a nivel mundial, agrupadas⁸⁹. Los resultados aparecen en las Tablas número 37 y 38. De igual forma, se ha comparado el porcentaje sobre el total, según nivel de ejecución.

En dichas tablas, se concluye que más del 90 % de la red mundial actualmente en servicio se sitúa en estos seis países, y que sólo la red china ya alcanza por sí sola casi el 50 %. En cuanto a la red en construcción, la supremacía china es más clara aún, con más del 60 % del total de obras relativas a alta velocidad en el mundo.

Sólo en la categoría “en proyecto” es donde esta preponderancia se diluye, tanto en el grupo de cinco países como en China. Los cinco Estados agrupados poseen valores relativamente bajos (25 %) tanto en la red en construcción como en la proyectada, debido a que la mayor parte de ésta ya se encuentra en funcionamiento, al llevar varias décadas desde la puesta en marcha de la primera línea.

Tabla 37. Longitud de la red de alta velocidad (km) según nivel de ejecución. (2014)

PAÍS	EN SERVICIO	EN CONSTRUCCIÓN	EN PROYECTO	TOTAL
Japón-Francia-Alemania-Italia-España	9.513	3.435	4.833	17.781
China	11.132	8.141	3.777	23.050
RESTO	2.088	1.984	10.231	14.303
TOTAL	22.733	13.560	18.841	55.134

Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer, “High speed lines in the world”, UIC High Speed Department, marzo de 2014

⁸⁹ Los países que conforman el resto de la red (ya sea en servicio, en construcción o en proyecto), son: Austria, Bélgica, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rusia, Suecia, Suiza, Reino Unido, India, Arabia Saudí, Corea del Sur, Turquía, Marruecos, Brasil, Estados Unidos, más Taiwan, que aunque pertenece a China, aparece desagregada. Fuente: Union Internationale des Chemins de Fer.

Tabla 38. Longitud de la red de alta velocidad según nivel de ejecución. Porcentaje sobre el total mundial. (2014)

PAÍS	EN SERVICIO	EN CONSTRUCCIÓN	EN PROYECTO
Japón-Francia-Alemania-Italia-España	41,847	25,332	25,652
China	48,968	60,037	20,047
RESTO	9,185	14,631	54,301
TOTAL	100	100	100

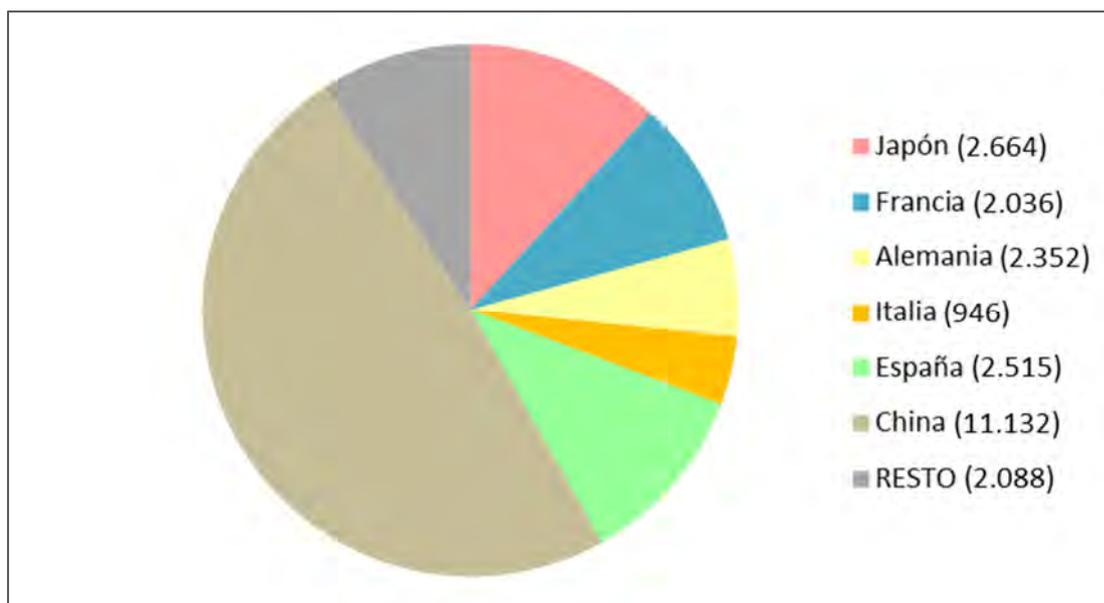
Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer, "High speed lines in the world", UIC High Speed Department, marzo de 2014

China cuenta ya con muchos kilómetros en servicio pero continúa en plena expansión, lo que explica ese 60 % de la red total en construcción y "sólo" un 20 % en proyecto. Es decir, la mayor parte de las actuaciones planificadas en su momento se hallan ya en periodo de ejecución.

Respecto al resto de países, la longitud de red ya en servicio es reducida, representando un escaso 9 % del total, por también siguen estando en una situación incipiente para muchos de estos países, hecho que se corrobora con los datos relativos a los proyectos en construcción, con un 14,6 %. La idea de desarrollar redes de alta velocidad está pensada en muchos casos para proyectos más a largo plazo, lo que explica el 54 % registrado en dicha categoría.

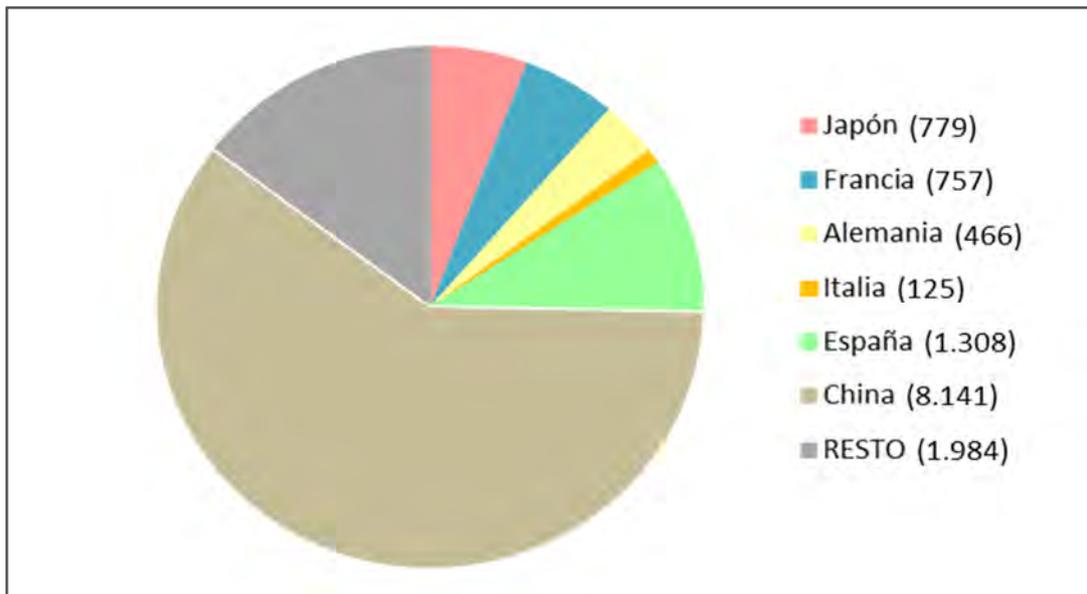
Estas mismas ideas se exponen a continuación de un modo más visual, aunque en estos casos sí se han desagregado los cinco países tratados para posibilitar la comparación individual entre ellos, con China y el resto de países. Son los Gráficos número 21, 22 y 23, tres representaciones gráficas de tipo sectorial que permiten detectar rápidamente las diferencias existentes entre países según el grado de ejecución de los proyectos.

Gráfico 21. Red de alta velocidad en servicio (kilómetros) (2014)



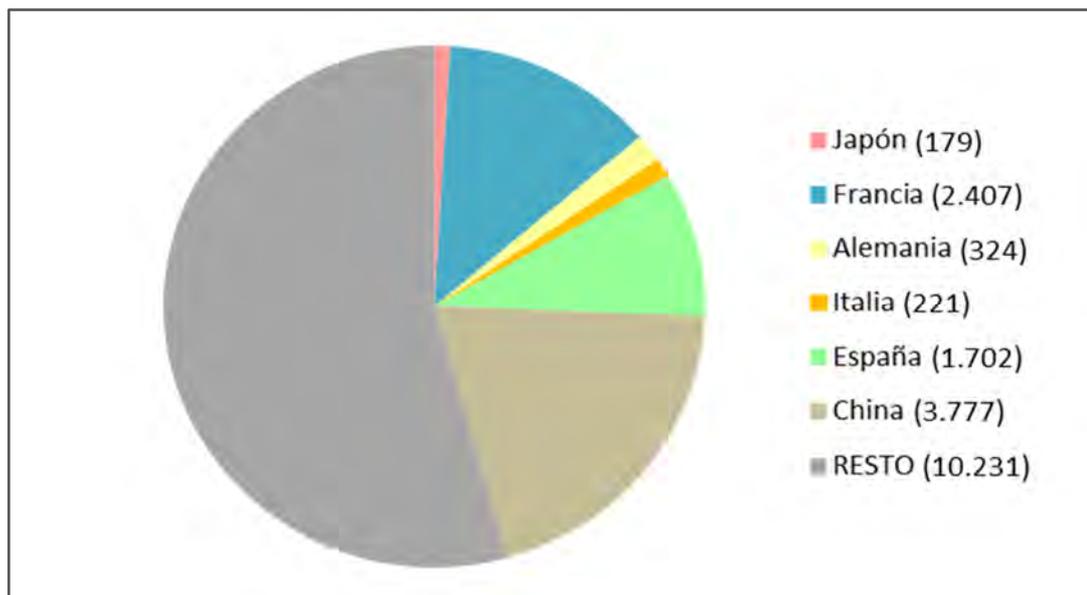
Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer, "High speed lines in the world", UIC High Speed Department, marzo de 2014

Gráfico 22. Red de alta velocidad en construcción (kilómetros) (2014)



Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer, "High speed lines in the world", UIC High Speed Department, marzo de 2014

Gráfico 23. Red de alta velocidad en proyecto (kilómetros) (2014)



Fuente: Elaboración propia a partir de Union Internationale des Chemins de Fer, "High speed lines in the world", UIC High Speed Department, marzo de 2014

Uno de los criterios más importantes a la hora de comparar diferentes redes de alta velocidad es el del volumen de viajeros. Para esta tesis se han tomado los datos a partir de Albalade y Bel (2015), en su documento relativo a la experiencia internacional en alta velocidad ferroviaria. Existen varios motivos para su utilización: primero, es uno de los trabajos más completos pero a la vez conciso y revisado. Segundo, debe valorarse convenientemente los datos que aporta al ser comparables a la vez que actuales, hecho que resulta una clara ventaja, especialmente para este criterio.

Tabla 39. Pasajeros totales y por kilómetro de red de alta velocidad

PAÍS	PASAJEROS (millones)	PASAJEROS/ KILÓMETRO DE RED
Francia	125 (2012)	61.394
Italia	25 (2011)	27.085
España	25,5 (2013)	11.949
Turquía	4,5 (2013) 20 (estimado 2014)	10.135 29.069 (estimado 2014)
Japón	330 (2012)	158.121
China	420 (2012)	37.950
Corea del Sur	54,5 (2012)	132.281
Taiwan	36,6 (2007-2013)	106.086

Fuente: Elaboración propia a partir del Observatorio del Ferrocarril 2013 y Albalate y Bel, 2015

La columna central indica el tráfico de viajeros en valores absolutos así como el año al que pertenecen los datos. Puede verse cómo existen diferencias muy notables entre países, hecho lógico puesto que cada uno posee una superficie, longitud de red, desarrollo temporal, masa demográfica, etc. diferentes.

La ratio de pasajeros por kilómetro permite una mayor capacidad comparativa. En este sentido, los países asiáticos incluidos en la tabla, exceptuando China, poseen los registros más elevados, todos ellos por encima de los 100.000 pasajeros por kilómetro. Nuevamente se pone de manifiesto el intenso tráfico de viajeros en Japón, que ha sido el país del mundo con un mayor volumen de pasajeros transportados en alta velocidad, hasta ser superado recientemente por China (330 millones frente a 420, respectivamente). La cifra china sí es inferior en valores relativos (pasajeros por kilómetro), debido a un crecimiento mucho más notable de la longitud de la red que de la demanda. No obstante, la tabla contiene países con una ratio menor a la china para esa misma variable.

Otro país en el que se está experimentando un importante desarrollo de la red de alta velocidad es Turquía. Sus datos son aún muy bajos, sin embargo la previsión referida ofrece valores muy superiores, hasta situarse al mismo nivel o incluso rebasando los datos de otros países más desarrollados en su alta velocidad ferroviaria.

Los Estados europeos poseen unas cifras agrupadas inferiores, aunque también se observan amplias diferencias. Destaca Francia, con 125 millones de pasajeros en 2012 y 61.000 pasajeros por kilómetro de red. Italia y España registran un volumen de pasajeros similar en valores absolutos, no así en la ratio de pasajeros por kilómetro, donde el flujo de tráfico por kilómetro italiano es 2,26 veces superior al español. Es evidente que, a igualdad de demanda absoluta, si la red italiana es sensiblemente inferior a la española, la ratio de pasajeros por kilómetro debe registrar un comportamiento inverso.

España, pese a que está registrando un tráfico de viajeros con un cierto crecimiento⁹⁰, posee unos valores bajos, especialmente en la ratio viajeros por kilómetro. Es claramente la cifra más baja de las incluidas en la tabla. Registra un dato similar al de

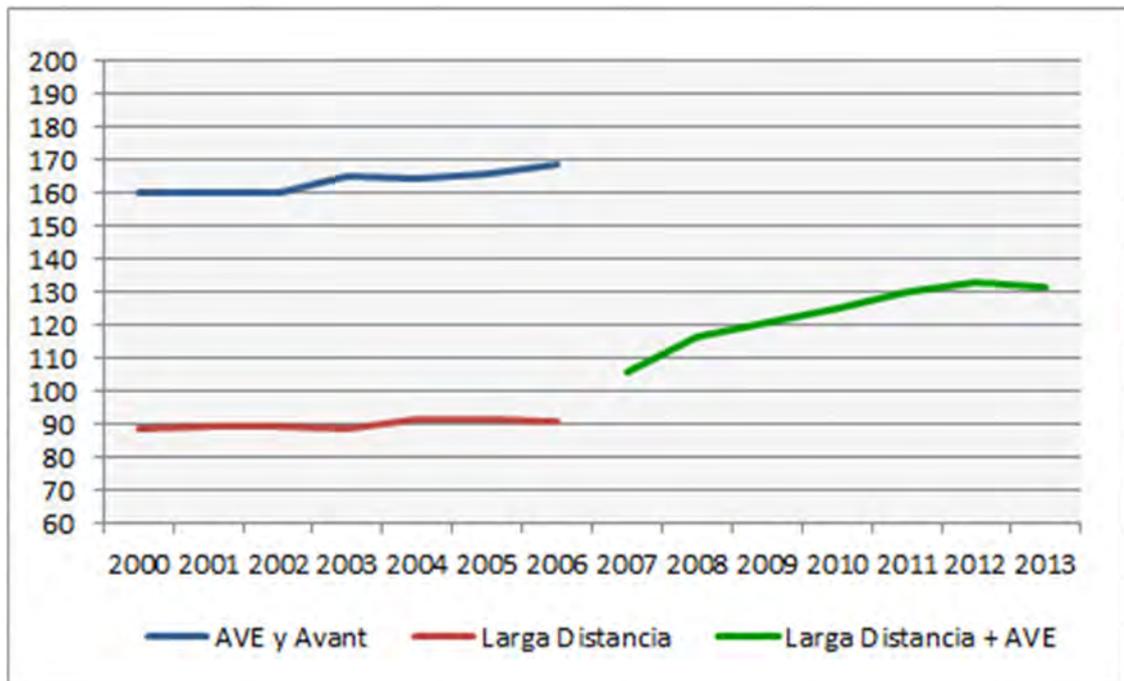
⁹⁰ Los últimos datos publicados aparecen en el Observatorio del Ferrocarril de 2013 y muestran una trayectoria ascendente, especialmente en el último año registrado, debido a la implantación de una nueva política tarifaria.

Italia pero, como ya se ha expuesto, la longitud de la red española es muy superior (2.515 frente a 946 kilómetros). Respecto a Francia, que cuenta con una longitud de red análoga, la diferencia es aún más significativa puesto que el país galo registra un tráfico tanto absoluto como por kilómetro cinco veces superior.

El último factor analizado ha sido el de la velocidad media. Es muy conveniente destacarlo, sobre todo respecto a otros parámetros encuadrados en la velocidad como la máxima o la máxima comercial.

A nivel nacional, el Observatorio del Ferrocarril publica periódicamente informes, en los cuales se incluye la evolución de esta variable, para el conjunto del sistema ferroviario español. Se trata de información que debe manejarse con cierta cautela, pues no se explicita si se ha llevado a cabo o no un método de validación de la misma.

Gráfico 24. Evolución de las velocidades medias (km/h) para trenes de alta velocidad sobre la red de ADIF (2000-13)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Ferrocarril, 2015

En el Gráfico número 24 se aportan los datos de velocidades medias para los AVE y los trenes convencionales de larga distancia. Pero la información tratada no permite realizar un estudio comparativo para todo el periodo considerado (2000-13), ya que a partir de 2007 los datos para ambos tipos de trenes quedan integrados.

La línea que representa a los trenes AVE y Avant registra valores más elevados que los correspondientes a la larga distancia, mientras que tras la integración de ambos registros la línea resultante presenta unos valores intermedios. La trayectoria de esta última línea sí es ascendente, debido a la implantación de nuevas líneas con trenes más veloces, lo que sitúa la velocidad media (integrada) en torno a los 130 km/h.

En la Tabla número 40 se representan algunas líneas de alta velocidad del mundo, pertenecientes a los países considerados, y ordenadas de mayor a menor velocidad media calculada. Para ello, se ha tenido en cuenta la longitud de la línea y el tiempo de duración del trayecto.

Tabla 40. Velocidades medias calculadas para algunas líneas de alta velocidad del mundo (2014)

LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD	DISTANCIA (km)	DURACIÓN DE TRAYECTO (min)	VELOCIDADES (km/h)		
			V. MÁX. (alcanzable)	V. MÁX. (comercial)	V. MEDIA
Pekín-Guangzhou	2.298	480	350	-	287,25
Pekín-Jinan	419	92	350	-	273,26
Madrid-Barcelona	621	150	350	310	248,40
Madrid-Zaragoza	306	75	350	310	244,80
Madrid-Valencia	391	98	350	300	239,39
París-Lyon	419	117	300	300	214,87
Madrid-Málaga	499	140	300	300	213,86
Tokio-Osaka	515	150	300	270	206,00
Madrid-Córdoba	345	102	300	300	202,94
París-Lille	198	59	300	300	201,35
Madrid-Valladolid	179	56	350	300	191,79
Madrid-Sevilla	471	149	300	300	189,66
Roma-Milán	542	175	360	300	185,83
Hannover-Würzburg	338	121	300/330	250	167,60
Colonia-Frankfurt	184	70	300/330	280	157,71

Nota: Se han considerado exclusivamente los enlaces directos entre cada par de nodos y/o aquel que registrara un tiempo de trayecto más corto

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Trenitalia, DB Bahn, SNCF, JR-Central, ADIF, RENFE y Vía Libre

Se diferencia de la Tabla número 3, extraída a partir de V. Torres (2005), porque es más amplia, actual y específica, respecto de la de dicho autor, que ha sido utilizada para mostrar, en líneas muy generales, las velocidades medias alcanzadas por el conjunto de trenes de alta velocidad en cada país.

Puede comprobarse como las líneas chinas incluidas en el análisis se configuran como las más veloces. De hecho, la línea más larga, Pekín-Guangzhou, es también la más rápida. Son líneas con trazados aptos para velocidades de hasta 350 km/h (al igual que algunas líneas españolas o italianas), si bien en el caso chino se desconoce la velocidad comercial ni si todos los trenes realizan paradas en todas las estaciones intermedias. En el caso de existir alguna limitación, no debe ser demasiado restrictiva teniendo en cuenta que la velocidad media registrada se halla cercana a la velocidad máxima.

Tres conexiones españolas se sitúan a continuación: Madrid-Barcelona, Madrid-Zaragoza y Madrid-Valencia. Las dos primeras pertenecen a la misma línea, como es sabido. La línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-Perpignan es apta para velocidades de 350 km/h y la limitación comercial, para 2014, se sitúa en 310 km/h. Considerando únicamente los enlaces directos, se obtienen unas velocidades medias cercanas a los 250 km/h. Respecto a la conexión Madrid-Valencia, la velocidad media es algo menor (239 km/h), como también lo es la velocidad comercial estipulada (300 km/h).

A continuación, con valores intermedios se sitúan las líneas de alta velocidad francesas París-Lyon y París-Lille, la japonesa Tokio-Osaka, las españolas Madrid-Córdoba, Madrid-Sevilla y Madrid-Valladolid y la italiana Roma-Milán, ésta última de tráfico mixto. Todas ellas con valores próximos entre sí, registrando velocidades medias en torno a los 200 km/h. Debe destacarse dentro de este grupo la línea Tokio-Osaka. La línea más antigua del mundo posee valores similares de velocidad media en sus trenes a la de sus análogas europeas, aunque la velocidad comercial permitida es menor (270 km/h).

Inmediatamente detrás de la línea transalpina, con valores más bajos se sitúan las líneas alemanas Hannover-Würzburg y Colonia-Frankfurt, también de carácter mixto.

Llegados a este punto, para determinar la posible influencia o contribución del tren de alta velocidad a producir cambios económicos, sociodemográficos, territoriales, etc., es preciso realizar un análisis más pormenorizado y específico de cada caso y tener en cuenta cada contexto espacial (Informe Eddington, 2006). A la vista de los datos y la investigación realizada en este apartado, sí pueden detallarse algunos hechos relevantes.

En Japón la contribución del tren en los cambios a nivel socioeconómico y/o territorial es considerable, tanto por trayectoria (más de cincuenta años en servicio) como por intensidad. Es un medio de transporte con elevada demanda (la mayor del mundo hasta ser sobrepasado recientemente por China), y ha provocado importantes crecimientos demográficos no sólo en las ciudades con parada de Shinkansen, sino también en aquellas localizadas a lo largo de su recorrido, lo que también favorece la dinamización económica del país. Para seguir extendiendo sus ventajas, la red se está ampliando hacia islas vecinas.

En Francia, el carácter radial de la red ha afianzado la macrocefalia parisina sobre el territorio, aunque el resto de ciudades de cierta importancia demográfica también se han visto beneficiadas tras su incorporación a la red, especialmente al dotárseles de mayor accesibilidad hacia la capital. Así, ha producido mayores desequilibrios territoriales respecto a aquellos nodos marginados de la red de alta velocidad. Con el cambio de política en pos de apostar más por un ferrocarril convencional mejorado, las diferencias de conectividad y accesibilidad deberán reducirse. Pese a todo, es el país europeo con mayor demanda de tráfico de alta velocidad.

La red alemana fue concebida desde el principio como un mecanismo para mejorar la cobertura de transporte en el país tanto a nivel de pasajeros como de mercancías. Es una de las redes más equilibradas y más accesibles, aunque también debe tenerse en cuenta que el sistema de ciudades es más equilibrado que en otros casos. El tren ha mejorado las comunicaciones entre los principales centros económicos del país, actuando como un agente dinamizador de sus actividades. Además, parte de la red preexistente ha sido conservada y ofrece servicios mixtos de viajeros y mercancías.

La construcción de la red italiana se ha realizado de modo lento y no es demasiado extensa, aunque la densidad por 1.000 km² es similar a la de países de su entorno. Se ha primado mejorar la accesibilidad del norte, donde se concentra la mayor parte de su actividad económica, al ser la parte italiana de la "dorsal europea". Este hecho posibilita ventajas comparativas respecto al resto del territorio, donde el determinismo en cuanto al medio geográfico general y al relieve, en particular la cordillera de los Apeninos, es clave a la hora de desarrollar la red junto con las especificaciones técnicas relativas a radio de giro, velocidad, pendiente, etc.

Desde Bolonia hacia el sur la red de alta velocidad ferroviaria se limita a un eje, la ya mencionada línea *Direttissima*, ampliada tras la primigenia Roma-Florenia. Esta red más reducida es complementada por otra de ferrocarril convencional, para extender los efectos del tren de alta velocidad a ciudades no directamente conectadas a la *Direttissima*.

Para el desarrollo de la red española se ha optado por construir nuevos trazados exclusivamente para viajeros, lo que ha generado importantes costes y un bajo aprovechamiento de los trazados preexistentes en vía convencional. Aparte de ello, la existencia de un diferente ancho de vía supone un hándicap adicional. La radialidad ha favorecido el incremento de accesibilidad básicamente a Madrid, configurándose como el nodo rector de la red, a semejanza de París en el sistema francés.

En líneas generales, la dinamización producida no ha sido especialmente relevante, si bien esta faceta se verá más adelante.

Es en los últimos tiempos cuando se están construyendo las primeras vías mixtas (Galicia e "Y" Vasca), más la ya existente Figueras-Perpignan, que permitirán una mayor densidad de tráfico. Deberá comprobarse en esos casos si su influencia es más plausible sobre el territorio.

Respecto a la red china, lo más destacable es el enorme desarrollo que está experimentando con cifras de kilómetros anuales y absolutas desconocidas hasta la fecha. A día de hoy, resulta muy difícil, a la vez que prematuro, determinar la forma e intensidad en que la alta velocidad puede influir en el equilibrio territorial y la dinámica sociodemográfica de este país asiático. No obstante, ya en 2015 ocupa el primer lugar por número de pasajeros absolutos (Albaladejo y Bel, 2015).

4.3. TIPOLOGÍA DE MATERIAL RODANTE EN ESPAÑA

A partir de 2004 RENFE comenzó un proceso de renovación de su flota, que se ha prolongado hasta la década actual. Este plan de modernización del material rodante no cuenta con precedentes. Recogido en el Contrato Programa firmado con el Estado, se concreta en una inversión de 5.800 millones de euros, destinados tanto a los trenes de viajeros como a los de mercancías (Guisasola, 2009). Esta modernización pretende a su vez lograr mayor competitividad de la compañía, en un escenario de creciente liberalización del sector.

En lo que a la alta velocidad respecta hay que señalar que debido a este proceso de renovación, así como a la existencia de diferentes anchos de vía, en la actualidad coexisten en España diferentes tipologías de material rodante, cada uno de ellos con sus propias características respecto a su nombre comercial, modalidad de servicio que realiza, prestaciones, constructor, tecnologías empleadas, etc.

En la Tabla número 41 se han incluido todas aquellas tipologías de material rodante capaces de desarrollar velocidades de al menos 200 km/h. Para su mejor comprensión, se incluyen las siguientes consideraciones: la velocidad máxima referida en la tabla es la máxima que puede alcanzar el tren. Es mayor que la velocidad máxima comercial. Está expresada en km/h, y en cuanto al ancho, puede ser UIC, de 1,435 metros o ibérico, de 1,668 metros. Si es variable, indica que dicho modelo puede circular por ambos tipos.

Por otro lado, se hace referencia a plazas físicas, no a plazas comerciales. Las plazas físicas son el sumatorio del número de plazas de la capacidad productiva de los vehículos. Las plazas comerciales son el resultado del sumatorio de las plazas ofertadas en el sistema de venta (Observatorio del Ferrocarril, 2013, pp. 60). De este modo, el número de plazas comerciales siempre es menor o igual al de plazas físicas. Una parte de las plazas físicas puede quedar "en reserva" en función de la demanda, de tal forma que cabe la posibilidad de que se elija la composición final del tren en cuestión después de saber el número de billetes vendidos.

Se define composición como el número de vehículos que configura cada unidad de tren. RENFE suele referirse a composición mínima, si bien algunos modelos se configuran con composiciones dobles, por ejemplo las series S-100 y S-103.

Tabla 41. Material rodante de alta velocidad en España (2014)

OPERATIVOS							
LARGA DISTANCIA							
SERIE	V. MÁX.	CONSTRUCTOR	ANCHO	PLAZAS	UDS.	COMP.	1 ^{er} AÑO
S100	300	Alstom	UIC	332	22	8/16	1992
S102 /S112	330	TALGO -Bombardier	UIC	316/353	16 +30	12	2005
S103	350	Siemens	UIC	404	16 +10	8/16	2007
Alvia S120	250 (UIC)/ 220 (lb.)	Alstom-CAF	Variable	238	12 +16	4	2006
Alvia S130	250 (UIC)/ 200 (lb.)	TALGO -Bombardier	Variable	299	26	11	2007
Alvia S730 (híbrido)	250 (UIC)/ 220-180 (lb.) ⁹¹	TALGO -Bombardier	Variable	242	15	11	2012
MEDIA DISTANCIA							
SERIE	V. MÁX.	CONSTRUCTOR	ANCHO	PLAZAS	UDS.	COMP.	1 ^{er} AÑO
Avant S104	270	Alstom-CAF	UIC	237	20	4	2004
Avant S114	270	Alstom-CAF	UIC	237	13	4	2011
Avant S121	250 (UIC)/ 220 (lb.)	Alstom-CAF	Variable	281	29	4	2009
NO OPERATIVOS							
SERIE	V. MÁX.	CONSTRUCTOR	ANCHO	PLAZAS	UDS.	COMP.	AÑOS
S101	200	Alstom	lb.	332	6	8	1997 -2010
S490	220	Alstom-Fiat	lb.	161	10	4	1999 -2013

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de RENFE
(http://www.renfe.com/viajeros/nuestros_trenes/index.html), 2015

⁹¹ La velocidad máxima es de 220 km/h en vías convencionales electrificadas y de 180 km/h en vías sin electrificar.

En cuanto al año de inauguración de la primera ruta realizada, en el caso de las series S-101 y S-490 se hace referencia a los años en servicio, al no estar ya operativas.

En este cuadro se aprecian claramente las diferencias existentes según las velocidades alcanzables, constructor, número de plazas, ancho operativo, unidades disponibles, composición y año en que se produjo su primer servicio comercial.

Respecto al año, cabe destacar el lapso temporal transcurrido desde la puesta en servicio del primer modelo (S-100) respecto a las siguientes (S-102/S-112 y S-104). El S-100 corresponde a la primera generación de trenes de alta velocidad que han operado en Europa desde la década de los ochenta y principios de los noventa, junto a los TGV Sud-este, TGV Atlántico, ICE 1 y 2, TGV Eurostar o ETR 500 italiano (Sanfeliu, 2010).

La segunda generación de trenes de alta velocidad está compuesta por modelos tales como el TGV Duplex, Thalys, Eurostar, ICE 3, el surcoreano KTX-II o *Korea Train Express* (Park y Ha, 2006). A nivel nacional, excluyendo la serie 100, el resto del material rodante corresponde a trenes de segunda generación o bien evoluciones de éstos. En algunos casos, las prestaciones que ofrecen son superiores a los de la serie 100 (S-102/S-112 y S-103) y además poseen una capacidad superior.

Aparte de ellos, las series S-120, S-130 y S-730, que realizan los servicios comerciales Alvia, permiten circulaciones en ambos tipos de ancho, aunque a velocidades menores que los anteriores, debido a las operaciones de cambio de ancho en el intercambiador. No obstante, son capaces de circular a velocidades por encima de los 200 km/h en ancho estándar y en torno a dicha cifra en ancho ibérico.

Por último se sitúan los Avant, antes denominados Lanzaderas. Ofrecen servicios de alta velocidad en Media Distancia, aunque ésta varía. Por ejemplo, realizan el servicio Madrid-Toledo (75 kilómetros) y también el Sevilla-Córdoba-Málaga (280 kilómetros), en ancho europeo, así como otros servicios en ancho ibérico (Jaén-Cádiz).

Junto a la distancia, los factores discriminantes entre los trenes de alta velocidad larga distancia y los Avant son el tipo de demanda atendida y el precio (Inglada, 2005).

Cabe señalar que existe también el tren AV City, el cual no ha sido incluido aquí, porque en la web de RENFE aparece más como un servicio ferroviario que como un tipo concreto de material rodante.

Además de estas series, en la tabla anterior se incluyen también dos tipologías adicionales de material rodante que en su momento prestaron servicios con velocidades de al menos 200 km/h, pero que en la actualidad ya no están en activo: son las series S-101 y S-490.

Con la puesta en servicio de la línea Madrid-Sevilla, se encargaron a Alstom veinticuatro trenes para su cobertura, los ya referidos S-100. Posteriormente, se consideró que esa cifra era un tanto excesiva para el tráfico de la línea y se decidió que seis de esas unidades se destinaran a la circulación por el resto de la red española.

En estas unidades se procedió al cambio de ancho de los bogies, para adaptarlo al ancho ibérico y esta serie fue denominada "101". Los seis trenes de la serie 101 fueron destinados a cubrir un nuevo servicio comercial (Euromed), entre las ciudades de Barcelona y Alicante, en un recorrido de 523 kilómetros, con capacidad de soportar circulaciones a velocidades de hasta 220 km/h. La cobertura de este servicio fue realizada por trenes de esta serie entre 1997 y 2009-10, cuando fueron reintegrados a la serie 100.

El motivo de esta reintegración fue que con la inauguración del tramo de alta velocidad Tarragona-Barcelona, se decidió que el servicio Euromed circulara en parte de su recorrido por este tramo en ancho estándar, para posteriormente enlazar con la línea de ancho ibérico hacia Castellón. Como la serie 101 constaba de ancho ibérico fijo, no era viable la continuidad de su servicio en esta línea, por lo que se produjo dicha reintegración en la serie 100.

En la actualidad sigue realizándose el servicio Euromed entre Barcelona y Alicante, pero con trenes de la serie 130.

La otra serie no operativa a considerar es la S-490. Derivada de los Pendolino italianos, se compraron diez unidades de esta serie y aseguraron en exclusiva el servicio Alaris Madrid-Valencia en ancho ibérico en el período 1999-2008, en sustitución de los Intercity. Entre 2008 y 2010 fue compartido con el Alvia S-120 y a partir de esa fecha el servicio Alaris fue suprimido con la puesta en marcha del servicio en alta velocidad Madrid-Valencia.

Desde entonces, pasaron a realizar servicios Intercity en el corredor Mediterráneo y de Media Distancia en Andalucía. En 2013, debido a la detección de averías, el material móvil de esta serie fue inmovilizado y se suprimieron todos los servicios operados por ésta.

4.3. TECNOLOGÍA FERROVIARIA ESPAÑOLA

En las siguientes líneas se exponen de forma cronológica algunos hitos llevados a cabo por empresas ferroviarias españolas en materia de alta velocidad o a nivel ferroviario en general. Estos hitos se refieren a innovaciones técnicas, implantación de sistemas, creación de nuevos modelos de tren y adjudicación de proyectos en alta velocidad.

4.3.1. Cambio de ancho

España cuenta con una cierta tradición en los cambios de ancho de vía, ya que el ancho ibérico es mayor que el europeo o estándar, como ya se ha apuntado. Este hecho hizo necesaria la existencia de intercambiadores de ancho en diferentes puntos fronterizos con Francia. De este modo, en 1964 se construyó el primer cambiador de ancho, en Irún (Guipúzcoa) y en 1974 el segundo, en la estación de Cerbère (Francia), cercano a la frontera con la provincia de Gerona.

Con la decisión en 1988 de crear el NAFA en ancho europeo, aparecieron nuevos puntos fronterizos, en este caso "fronteras interiores" (García Álvarez, 2010). De esta manera, resultaba evidente la necesidad de tecnología para fabricar sistemas de cambio de ancho, entre el ibérico y el estándar dentro del propio territorio nacional.

4.3.1.1. Rodadura Desplazable (RD)

La empresa TALGO (Tren Articulado Ligero Goicoechea Oriol) desarrolló un sistema de cambio automático que fue estrenado en los remolques en 1969, con el TALGO III RD ("Rodadura Desplazable") y diversas series posteriores. Estos sistemas eran necesarios para posibilitar la interoperabilidad en el transporte de viajeros en los puntos fronterizos, en primer lugar, y más adelante con el desarrollo de la primera línea de alta velocidad con ancho europeo (García Álvarez, 2010).

En 1994 TALGO inició la investigación para dotar de cambio de ancho automático de vía también a los bogies tractores, y desarrolló y fabricó la primera cabeza motriz y la primera locomotora eléctrica con cambio automático de ancho de vía, destinada al transporte de viajeros. En la actualidad se ofrecen trenes de alta velocidad (TALGO XXI) dotados de ejes de ancho variable de forma que la circulación de estos trenes por vías de distintos anchos se puede realizar sin detención ni interrupción en el tránsito entre las dos redes (VV.AA., 1998).

De este modo y en espera de la unificación total de la red nacional en ancho europeo, TALGO ha contribuido decisivamente a facilitar la convivencia de ambos anchos (López, 2012).

4.3.1.2. Bogie de Rodadura de Ancho Variable Autopropulsado (BRAVA)

En 2006 la empresa CAF (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles) también desarrolló, al igual que TALGO en 1969, un sistema de cambio de ancho, denominado BRAVA o Bogie de Rodadura de Ancho Variable Autopropulsado.

Dicho sistema aplicado a las series de AV S-120 desde mayo de 2006 y a la S-121 desde su puesta en servicio en 2009⁹², consiste en dos conjuntos de ruedas que pueden desplazarse lateralmente de forma preestablecida sobre un cuerpo de eje no rotativo. El movimiento lateral de las ruedas se evita mediante un doble mecanismo de seguridad. Asimismo, a través de un sistema de bloqueo-desbloqueo, se consigue la separación entre las ruedas, accionada de modo automático durante el proceso de cambio de ancho.

4.3.2. Sistema de pendulación

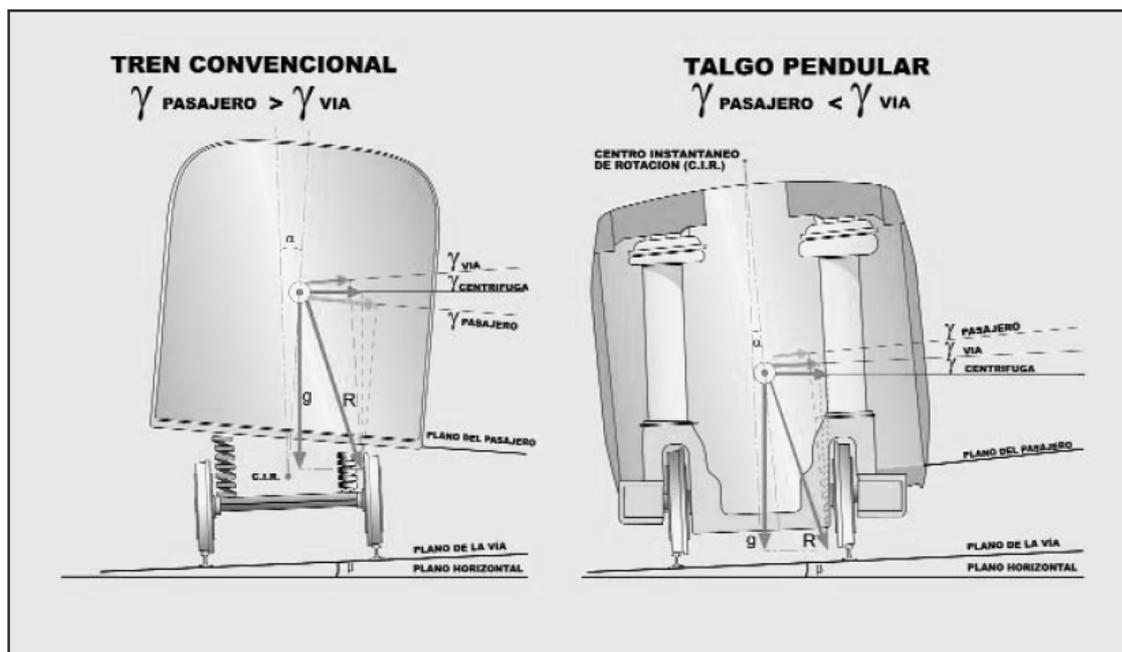
Esta faceta es otra de las destacables en cuanto a investigación española en materia ferroviaria se refiere. Se trata, *grosso modo*, de desarrollar un sistema que incline unos grados la caja del tren en las curvas con objeto de disminuir la aceleración lateral e incrementar el nivel de comodidad de los pasajeros.

4.3.2.1. TALGO Pendular

TALGO desarrolló el denominado sistema de “pendulación natural”, consistente en elevar el “centro instantáneo de rotación” de la suspensión, por encima del centro de gravedad del sistema. Esto da lugar a un sobreperalte en caja que proporciona una disminución de la aceleración lateral que siente el viajero para una misma velocidad de paso por curva, incrementando el confort lateral (ver Figura número 11).

Siempre y cuando las características de la vía lo permitan, este sistema permite aumentar hasta un 25 % la velocidad de paso por curva.

Figura 11. El Sistema TALGO Pendular



Fuente: López, 2012

4.3.2.2. Sistema Inteligente de Basculación Pendular (SIBI)

El SIBI es un Sistema de Basculación Activa desarrollado por CAF, que permite proporcionar a los vehículos ferroviarios un efecto peralte adicional al existente en la vía, reduciendo el efecto de la fuerza centrífuga experimentada por los pasajeros y permitiendo circular a velocidades superiores sin pérdida de confort durante las horas del trayecto.

⁹² Vía Libre, junio 2006, pp. 6-12.

Una de sus principales capacidades es que al ser un sistema activo, conoce la ubicación del tren en cada momento y se anticipa activando la basculación antes de la entrada en las curvas.

Fue implantado por vez primera en la serie 594 de RENFE. Dicha serie entró en funcionamiento a finales de la década de los noventa.

La mayor parte de las innovaciones e implantación de sistemas están vinculados a la alta velocidad. La innovación en esta materia viene ligada a la necesidad de modernización que precisaba todo el sector ferroviario nacional en su situación de crisis desde el último cuarto del siglo XX. Las demandas se planteaban tanto a nivel de estado de la red como del material rodante, debido a su deficiente estado de conservación, en especial si se comparaba con los estándares de calidad exigibles que se reconocían ya en el mundo desarrollado.

Ante esa situación se plantearon dos opciones. La "simple" modernización de infraestructura y materiales, y sincronizar modernización con innovación. Finalmente se impuso la segunda. El ferrocarril español se modernizó en base a la innovación, apoyada ésta en la investigación en alta velocidad, de tal forma que los viejos materiales no se sustituían por otros nuevos sino que se dotaba al país de un nuevo sistema de transporte ferroviario (Barreiro, 2012). Las innovaciones, especialmente desde los inicios del siglo XXI, se han ido sucediendo de modo bastante regular.

4.3.3. Sistema Europeo de Gestión del Tráfico Ferroviario (ERTMS)

España ha sido uno de los países que primero lo ha implantado y que más ha destacado en su expansión, a través del proyecto EMSET⁹³.

El mismo año en que CAF presentaba su sistema BRAVA (2006), comenzó a implantarse el nivel 2 de ERTMS en buena parte de la red (Madrid-Barcelona, Madrid-Valladolid y Córdoba-Málaga). Esto significa que la transmisión de información del equipamiento de vía al tren es continua mediante radio GSM-R, siendo el sistema que se está implantando a su vez en las líneas de alta velocidad en construcción.

Una de las empresas que ha desarrollado el sistema ERTMS, tanto a nivel 1 como 2, ha sido CAF, a través de su filial CAF Signalling. Este sistema está implantándose en países como por ejemplo Bulgaria, donde se demuestra la capacidad de interoperabilidad con uno de sus países vecinos, Rumanía.

4.3.4. Alta Velocidad Rueda Independiente Ligero (AVRIL)

Ya se ha adelantado que TALGO ha sido una de las empresas más innovadoras a nivel nacional en materia ferroviaria. Por ello fue una de las empresas interesadas en formar parte de la alta velocidad, tras conocerse las características del NAFA en los años ochenta.

En 1988 RENFE consideraba que TALGO no cumplía los requisitos para formar parte de la Alta Velocidad Española. Pese a ello, la empresa continuó realizando investigaciones y pruebas, tanto en España como en Alemania, con resultados alentadores que permitieron la posterior fabricación del TALGO 350. Esta denominación hace referencia a la velocidad máxima que podía alcanzar un tren completo.

En 2001 TALGO se presenta al concurso de alta velocidad y RENFE le adjudica dieciséis trenes TALGO 350, ingresando así en el selecto club de fabricantes de trenes de alta velocidad. Posteriormente serían adjudicados otros treinta, totalizando cuarenta y seis trenes de alta velocidad (López, 2012). Actualmente forman parte de las series S-102 y S-112 de RENFE. Además de ellos, existe el TALGO 250, que forman parte de las series S-130 y S-730.

⁹³ En dicho proyecto se realizaron los ensayos para la interoperabilidad del sistema ERTMS entre los primeros prototipos industriales (Tamarit, 2000).

Los progresivos avances de TALGO en alta velocidad han cristalizado en el proyecto AVRIL (Alta Velocidad Rueda Independiente Ligero), hecho público por primera vez en 2008 y presentado en la feria internacional del sector ferroviario "Innotrans 2012", celebrada en Berlín en 2012.

AVRIL es un tren de muy alta velocidad (capaz de alcanzar 380 km/h), si bien esta velocidad varía en función de la configuración establecida. Según su fabricante, ofrece numerosas ventajas respecto a anteriores modelos de alta velocidad. Posee una capacidad de hasta 600 viajeros (con 2+3 asientos por fila y posibilidad de ofrecer plazas en los coches extremos), con diferentes tensiones y plataforma flexible apta tanto para ancho fijo como variable, incluso de tracción híbrida, eléctrica y diesel-eléctrica, manteniendo su clásico sistema de rodadura independiente, con rodales que sirven de apoyo a un coche y al contiguo. Además, la accesibilidad a los coches es muy alta al ser de piso bajo.

Respecto a su consumo energético y volumen de emisiones, se estima que el tren ha sido diseñado para un consumo de 13,0 Kwh/km, más bajos respecto a los valores habituales de otros vehículos de alta velocidad, en torno a los 15 Kwh/km. En cuanto a las emisiones, se estima que el AVRIL se sitúa en torno a los 3,0-3,2 Kg/km de CO₂ o de 5,0-5,3/km/pasajero, frente a los 3,5-4,0 Kg/km de CO₂ que presentan otros trenes de la misma categoría.

Con ello busca lograr un tren más eficiente, más capaz, más ligero, con menores costes de operación y por tanto más rentable⁹⁴. A fecha de marzo de 2015, este prototipo se halla en la fase final del proceso de prueba y homologación⁹⁵.

4.3.5. Sistema Da Vinci

El sistema Da Vinci es una plataforma integradora de gestión del tráfico de líneas de alta velocidad, aunque adaptable también para el ferrocarril convencional, vía estrecha o métrica.

Esta plataforma integra en una única aplicación los subsistemas de telemando (señalización, enclavamientos, ERTMS, comunicaciones, etc.), planificación de la explotación, seguimiento de la circulación en tiempo real, enrutamiento automático de trenes, ayuda a la regulación del tráfico, estadísticas y energía, subsistemas que pueden ser controlados desde un Centro de Regulación y Control o CRC.

El CRC de Zaragoza fue el pionero en implantar Da Vinci en 2010. Posteriormente ha sido adoptado en las líneas Madrid-Sevilla, Madrid-Valladolid, Madrid-Barcelona, Madrid-Valencia, Córdoba-Málaga y Orense-Santiago-La Coruña, a través de los CRC de Albacete, Antequera y Segovia, junto con el CRC central de Madrid (en Puerta de Atocha).

Por tanto, se ha convertido en un elemento fundamental para la gestión de la alta velocidad española, éxito que ha sido exportado a otros tipos de línea como FEVE y a otros países. Se ha implantado así en el metro de Medellín y en el de Londres y ha sido contratado por la empresa ferroviaria marroquí (ONCF u *Office National des Chemins de Fer du Maroc*) y los ferrocarriles de Lituania (LG o *Lietuvos Geležinkeliai*), entre otros.

4.3.6. Oaris

Al igual que sucede con el AVRIL de TALGO, CAF lanzó su propio prototipo de tren de alta velocidad. El denominado Oaris fue desarrollado en 2011 y posee la capacidad de circular por anchos de vía variable y a velocidades de hasta 350 km/h. La opción del cambio de ancho se realiza mediante una evolución del sistema Brava.

⁹⁴ Vía Libre, nº 557, noviembre 2011 y nº 568, octubre 2012

⁹⁵ Vía Libre, 6 de marzo de 2015

Otras características a destacar son sus bogies carenados, para mitigar su resistencia al aire, cajas construidas en aluminio y especialmente su número de plazas que, según la composición, puede albergar hasta más de 500 pasajeros.

Previsiblemente, en un futuro cercano este tren reforzará los servicios de alta velocidad entre Madrid y Sevilla. Si bien hasta julio de 2015 no se ha podido averiguar mayor información al respecto, es probable que vayan sustituyendo a los primigenios serie 100, en servicio desde 1992. Hasta la fecha (septiembre de 2015) se encuentra en fase de pruebas en vía.

4.3.7. Proyectos a nivel internacional

Este progreso en la tecnología española de alta velocidad ha dado sus frutos a escala internacional. Países como Arabia Saudí, Estados Unidos, Marruecos, Brasil, Reino Unido, Turquía, entre otros tantos, han mostrado su interés por el desarrollo de la alta velocidad para su territorio en los próximos años (puede revisarse en la Tabla número 5). Ese interés deviene del cada vez mayor número de contratos de obra internacionales adjudicados a empresas o grupos de empresas españolas. Pueden destacarse los siguientes:

4.3.7.1. Alta Velocidad Medina - La Meca (Arabia Saudí)

En 2011 el consorcio Al Shoula, formado por dos empresas saudíes y doce españolas (RENFE Operadora, ADIF, TALGO, INECO, OHL, Copasa, Dimetric, Indra, Abengoa, INECO Consultrans, Inabensa e Imathia) logró la adjudicación del contrato para construir y explotar una nueva línea de alta velocidad, concretamente entre las ciudades saudíes de Medina y La Meca⁹⁶ (ver Mapa número 27).

El consorcio Al Shoula será el encargado de ejecutar la denominada Fase 2 del proyecto, compuesta de dos subfases: construir la superestructura, puesta en servicio de la línea y suministro de material rodante, y luego, operación del ferrocarril y mantenimiento de la línea y material rodante durante doce años (Garrido, 2014).

4.3.7.2. Alta Velocidad Fresno-North Bakersfield (Estados Unidos)

En la futura línea de alta velocidad de California (Estados Unidos), ya mencionada al hablar de la red estadounidense, ha sido seleccionado por la autoridad estatal un consorcio integrado, entre otras, por la empresa Dragados, filial de ACS (Actividades de Construcción y Servicios), para el diseño y construcción del segundo tramo de dicha línea, entre las poblaciones de Fresno y North Bakersfield, con una longitud de 104 kilómetros, según señala Ximénez (2014). Puede observarse el proyecto en el Mapa número 28.

En la oferta presentada se calcula un coste de 970 millones de euros, siendo el importe más reducido de todos los candidatos presentados, lo que ha resultado clave para el diseño final por parte del consejo de administración ferroviario.

4.3.7.3. Alta Velocidad Tánger-Casablanca (Marruecos)

En junio de 2012 la empresa Assignia Infraestructuras ha sido la adjudicataria para la construcción de dos tramos dentro de la línea de alta velocidad marroquí Tánger-Casablanca, concretamente los tramos 4 y 5 entre las ciudades de Tánger y Kenitra. Se trata de un contrato por un valor de 87,5 millones de euros y una longitud de recorrido de 63 kilómetros.

El proyecto incluye los trabajos de construcción de la plataforma, estudios topográficos y técnicos, movimientos de tierra y drenaje, así como la ejecución de un viaducto en el tramo 5 (sobre el canal de Nador).

⁹⁶ Vía Libre, nº 555, septiembre 2011

4.4. GESTIÓN Y PRÁCTICA OPERATIVA DE LA RED

En la presentación del capítulo referido a la red de alta velocidad española, se indicó que uno de los apartados haría referencia a la gestión y práctica operativa de la red.

Dentro de esta estructura uno de los conceptos clave es el de la demanda, ampliamente utilizado en la tesis. Si bien más adelante se tratará la demanda desde una perspectiva más teórica, en este momento se enfatizará su relación con los denominados “atributos de primer nivel” del tren de alta velocidad: frecuencia, tiempo de viaje y precio⁹⁷.

4.4.1. *Demanda y su relación con la frecuencia*

La demanda es un factor muy ligado a la frecuencia, pues en función del primero debería fijarse el segundo, para lograr un servicio eficiente y adaptarse lo más posible a las necesidades de los pasajeros. El nivel de demanda presenta fluctuaciones, las cuales deben ser analizadas y consideradas a la hora de establecer las frecuencias de un determinado servicio de transporte. Deben destacarse en este sentido los conceptos de estacionalidad y elasticidad.

4.4.1.1. **Marco conceptual**

En 2011 A. García Álvarez, director del área de viajeros de RENFE Operadora en esa fecha, publicó junto a A. Cillero y P. Jericó un informe que contenía numerosas claves para una gestión avanzada del ferrocarril. El objetivo central era el de servir de base para investigaciones posteriores y ofrecer una aproximación a la estrategia y al diseño de las empresas operadoras de servicios de transporte de viajeros por ferrocarril, dentro del incipiente proceso de liberalización ferroviaria de dicho sector.

Más concretamente dichos autores hacen referencia a conceptos tales como frecuencia, capacidad, estacionalidad, entre otros muchos, y ofrecen algunas pistas sobre el comportamiento de la demanda según la unidad de tiempo (mensual, semanal, diaria) y cómo pueden adecuarse la frecuencia y capacidad de un servicio a estos comportamientos.

Para la realización de este apartado, el citado trabajo ha servido de especial apoyo para la clarificación de conceptos y valoración de las posibles estrategias a seguir para una correcta gestión de la red.

Llegados a este punto, uno de los conceptos esenciales a considerar es la mencionada frecuencia. Los autores la definen como “el atributo que mide el número de servicios ferroviarios que se ofrecen por unidad de tiempo”. Normalmente lo que se mide es el número de trenes que circulan cada día por sentido entre dos puntos, aunque también puede medirse en otras escalas temporales superiores (semana, mes, año).

El concepto de frecuencia está muy relacionado con el de capacidad, pero no son idénticos ya que la capacidad hace referencia al número de plazas que posee un determinado tren. Para ofrecer un número de plazas en una ruta dada, puede hacerse con una cifra determinada de frecuencias de un tipo de tren concreto, o bien con el doble de frecuencias de otro tren que ofrece la mitad de capacidad que el anterior. De este modo el número de plazas ofertadas es idéntico, no así la frecuencia.

Por tanto capacidad y frecuencia son atributos bien diferenciados de tal forma que es posible aumentar la frecuencia y la capacidad permanecer invariable o incluso disminuirla, y viceversa.

Los autores también hacen una diferenciación entre el concepto de frecuencia en sentido amplio y el de frecuencia útil, en base a dos razones: la coincidencia de horarios

⁹⁷ GARCÍA, A. et al. (2011)

(un tren puede salir más tarde que otro y llegar a la vez a su destino al realizar un menor número de paradas), y la posibilidad de utilización para un cliente concreto (distinto tipo de tren que no se amolde a las exigencias del cliente, razones tarifarias, tipo de billete, etc.) A partir de estas consideraciones se supone que la frecuencia para cada origen-destino puede disminuir, lo que denominan “pérdida de productividad de la frecuencia”.

Indican, no obstante, que existen soluciones para que la frecuencia útil registre un valor porcentual lo más cercano al 100 % posible respecto a la frecuencia absoluta. Para mitigar los efectos de la discriminación horaria, es necesaria una programación que mejore la cadencia entre los tiempos, teniendo en cuenta también la estacionalidad y sus escalas temporales. Para solventar la falta de acomodación es aconsejable la segmentación de cada tren, ofreciendo diferentes niveles de acomodación dentro del mismo servicio.

Señalan además que no existe ninguna clasificación que determine umbrales a partir de los cuales se considere si una frecuencia es alta, media o baja, aunque sí incluyen una proposición de umbrales tipo. Para la presente tesis ha tenido una mayor aplicabilidad la caracterización de cada uno de los umbrales que la fijación numérica de los intervalos designados.

Para la determinación de frecuencias lo más adecuadas posibles a cada servicio es necesario tener en cuenta factores referidos a la demanda (como por ejemplo su estacionalidad y elasticidad), así como otros relacionados con la oferta, como es el caso de la capacidad (en la forma indicada en las líneas anteriores).

4.4.1.2. Estacionalidad

La estacionalidad es la distribución de la demanda integrando el volumen total de viajeros, a lo largo del tiempo (García et al., 2011).

Dichos autores realizan un tratamiento cuantitativo de la estacionalidad, mediante el cálculo de diferentes coeficientes. Estos coeficientes relacionan la demanda del día, semana o mes concreto con las medias diarias, semanales o mensuales del tráfico total del año. Muestran cómo la demanda no se distribuye uniformemente a lo largo de la unidad de tiempo considerada, por ello es importante tenerlos en cuenta ya que obviarlos conduce a una posible insatisfacción de la demanda en ciertos días y exceso de oferta en otros (García et al. 2011).

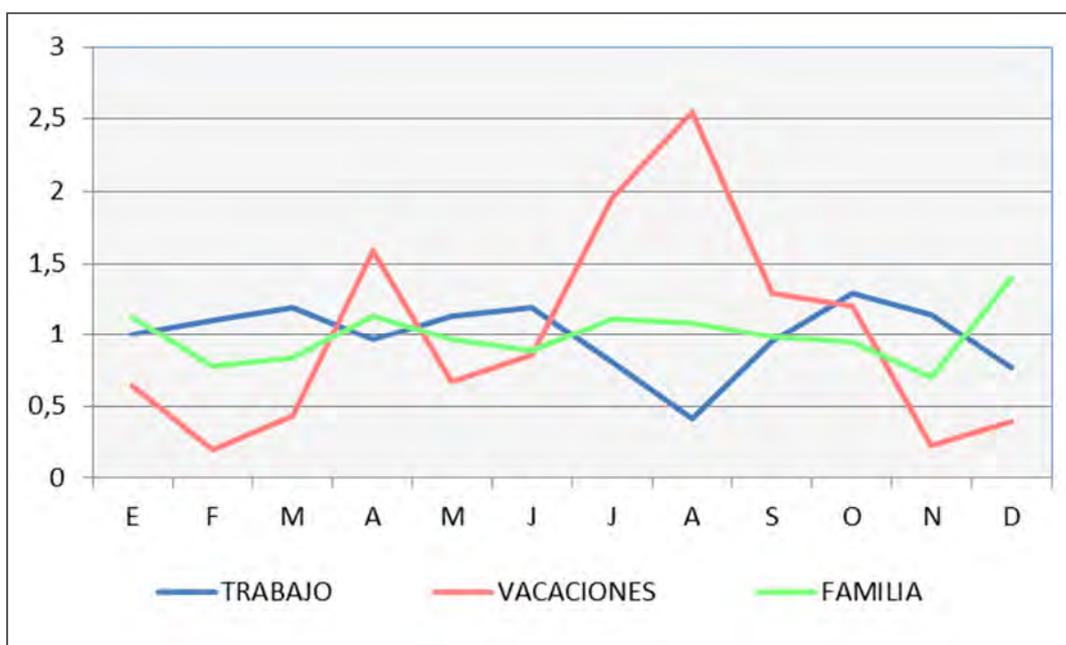
En dicho trabajo, elaboraron un sistema de coeficientes en tres escalones: mensuales, diarios y horarios. Las estimaciones de cada uno de ellos se vuelven más complejas al considerar las motivaciones de viaje, y hacen necesaria su determinación diferenciada para cada tipo de movilidad.

Las motivaciones estimadas fueron: motivos de trabajo/negocio, vacaciones/ocio y motivos familiares/personales/otros.

Los coeficientes se han calculado por los autores sobre series históricas de diversos sistemas de transporte en España. Pese a que deben ser adaptados razonablemente para cada caso, permiten tener una idea aproximada de la que podría ser la distribución de la demanda en el tiempo.

Como puede observarse en el Gráfico número 25, la movilidad por motivo de vacaciones/ocio es la que presenta una mayor estacionalidad, mientras que la que ofrece una trayectoria más plana es la línea de motivos familiares. La línea de motivo laboral presenta una trayectoria muy regular también, excepto la caída registrada en época estival, como es lógico pensar.

Gráfico 25. Coeficientes para el cálculo de los viajeros por meses en función de las causas de la movilidad



Fuente: Elaboración propia a partir de García et al., 2011

Desde la óptica del dimensionamiento de la oferta, los motivos de viaje más deseables son los familiares porque son los que registran una menor estacionalidad. Al ser un número menor, es necesaria la captación de los viajes de los demás motivos, especialmente del laboral. Aunque presenta mayor estacionalidad que los motivos familiares, posee menor elasticidad respecto del precio y mayor porcentaje de viajeros frecuentes.

La movilidad por motivos de vacaciones/ocio registra una estacionalidad muy acusada, y es muy difícil que por sí sola ofrezca un mercado atractivo para un operador. Sin embargo, resulta complementaria a la movilidad laboral porque, en cierta forma, hace referencia a las mismas personas que en otros meses viajan por motivos laborales y ahora lo hacen por razones vacacionales.

Dicha complementariedad debe ser buscada por cualquier operador para mejorar la eficiencia de sus recursos. Puede hacerlo bien en la misma ruta (compensando estacionalidades entre los distintos tipos de movilidad), o bien en rutas complementarias (compensando estacionalidades entre estas rutas), que contribuyan a crear economías de red.

En relación a la estacionalidad por días de la semana, tanto los motivos familiares como los de vacaciones/ocio siguen una trayectoria muy similar, caracterizada por valores bajos y levemente superiores en fin de semana respecto al resto de días. La estacionalidad más marcada la registra la movilidad laboral, ya que lo más común dentro de esta tipología es acudir al trabajo de lunes a viernes y no hacerlo en fin de semana.

Los autores señalan a su vez que es difícil que estos coeficientes semanales proporcionen datos de validez universal, más aún que en los mensuales.

También realizan un análisis por horas y determinan que el motivo laboral es el que presenta una mayor estacionalidad. Tal y como indican, el estudio no es demasiado pormenorizado ya que la casuística que se generaría sería excesiva.

A nivel operativo apuntan que “la discriminación de precios por tipos de oferta y por fechas/horas (para suavizar los efectos de la estacionalidad) requiere, para ser eficaz, una gran transparencia y posibilidades de conocimiento por parte de los potenciales clientes”. En este sentido, consideran que el denominado *yield management* (gestión y

mejora de ingresos) ayudará para su consecución. Se trata de un sistema de gestión y optimización de ingresos (aplicado ya en los años setenta por compañías aéreas) en el que, principalmente mediante variaciones del precio de los billetes en función de la demanda, se consigue influenciar y anticipar esa misma demanda. La discriminación de precios por fecha/hora o por tipos de oferta se configura como una opción para disminuir o suavizar los efectos de la estacionalidad.

4.4.1.3. Elasticidad

Martín y Nombela (2008), definen elasticidad como “cambios en la probabilidad de elección de un modo ante cambios en la variable correspondiente”. Centrándose en la demanda, los referidos García et al. (2011) afirman: “La elasticidad de la demanda respecto a cualquier variable es el cociente entre el porcentaje en que cambia la demanda al cambiar alguna variable que incide sobre ella, y el porcentaje de variación de dicha variable”.

En este último trabajo, se señala la importancia de analizar la elasticidad de la demanda respecto a cada uno de los atributos del producto (variables): frecuencia, tiempo de viaje, precio, puntualidad, etc. así como la elasticidad del coste respecto a estas variables, para poder valorar la incidencia de la variación que se generase.

Por tanto, se analiza la respuesta de la demanda ante hipotéticas variaciones que se produzcan en las variables a estudiar. Se considera que la elasticidad de la demanda es positiva si aumenta al hacerlo también la variable analizada, y es negativa si aumenta al disminuir esta variable, y viceversa. Iranzo et al. (2003) clasifican la demanda en:

- Elástica: Cuando la cantidad demandada varía más que proporcionalmente respecto a las variaciones de los factores que la determina, tomando valores superiores a la unidad.
- Unitaria: Cuando varía en la misma proporción respecto a la variación del factor considerado, tomando como valor la unidad.
- Rígida: Cuando la cantidad demandada varía menos que proporcionalmente respecto al factor considerado. En este caso, los valores que toma la elasticidad son menores que la unidad.

Su determinación se hace compleja ya que no sólo debe analizarse respecto a una variable, hallando un valor, sino que lo correcto sería la búsqueda de una función explicativa de dicho valor respecto a la demanda inicial.

Parece lógico que se produzca un cierto desfase desde la introducción de una mejora en una variable determinada hasta que se produce el comportamiento esperado en la demanda (en el caso de que así sea); es decir, la elasticidad de la demanda va aumentando a lo largo del tiempo (siempre que las demás variables se mantengan sin cambios) hasta llegar a un punto estable. Este desfase implica costes⁹⁸, ya que desde que la mejora se ofrece al mercado son necesarios recursos extra para su consecución, mientras que los ingresos producidos al alcanzar la demanda el nivel esperado (el que justifica la mejora) son posteriores.

A igualdad del resto de factores, la elasticidad de la demanda respecto a la frecuencia es positiva debido a dos razones:

A mayor frecuencia mayor alternativa de horarios para las personas a las que no convenían los horarios preexistentes. A mayor frecuencia menor tiempo de espera en la estación para tomar el tren. Ello implica que el tiempo total de transporte (puerta a puerta) es menor.

La determinación de la frecuencia más adecuada de un operador en una relación determinada, depende de estos criterios:

⁹⁸ Son los denominados “costes de lanzamiento” (García et al., 2011)

Del volumen de viajeros a transportar en el periodo considerado. A mayor número de viajeros, mayor posibilidad de aumentar la frecuencia, pues hay mayor seguridad de que las plazas ofertadas en los servicios adicionales sean cubiertas en su mayor parte. Si el volumen de viajeros es escaso, tiene menos sentido el aumento de la frecuencia porque ello no implica, *per se*, el aumento de la demanda. En ese caso, si se aumenta la frecuencia y no la demanda, aumenta el número de trenes, la capacidad y, por tanto, también los costes.

La sensibilidad del viajero respecto a la frecuencia. En ese caso, los viajeros con motivo vacacional (poco sensibles a la frecuencia) probablemente necesiten un menor número de trenes con más plazas que el mismo número de viajeros que se desplacen por motivos de negocio. Estos últimos, que valoran más los horarios de la frecuencia, justifican más frecuencias aunque sean de menos plazas cada una, ya que con esas frecuencias adicionales se produce un mayor ajuste a los horarios demandados.

Es importante considerar la frecuencia ofertada por operadores competidores, de tal forma que para un determinado servicio ofrecido por varios operadores, pueden ser requeridas frecuencias superiores a las necesarias en un escenario de monopolio, y luego hay que señalar que el coste es sensible a la frecuencia. En la medida en que éste aumente menos, es posible ofertar una mayor frecuencia de servicios (García et al., 2011).

4.4.2. Demanda y su relación con tiempo de viaje, precio y otros atributos

La elasticidad de la demanda respecto al tiempo de viaje varía según el motivo del desplazamiento. Por ejemplo, la movilidad por motivo laboral es muy sensible al tiempo de viaje, no así la correspondiente a vacaciones/ocio (Cascetta y Coppola, 2014).

Hay una relación muy destacada entre frecuencia y duración del desplazamiento, ya que muchos clientes valoran la importancia del tiempo de viaje, entendiendo éste como la suma del tiempo de transporte más el tiempo transcurrido desde la salida del origen hasta la llegada al destino. En estos casos hay elasticidad positiva, ya que si se aumenta la frecuencia estos lapsos temporales disminuyen.

Esta elasticidad respecto al tiempo de desplazamiento también tiene relación con el tiempo que se va a estar en el destino. En general, a menor tiempo de estancia en destino (por tanto menor espacio temporal entre la ida y la vuelta), mayor elasticidad.

La elasticidad de la demanda respecto al tiempo de viaje también es mayor, cuanto más fuerte es la competencia entre modos de transporte en un corredor determinado.

Otro atributo de especial relevancia es el precio, ya que la política de precios es uno de los puntos que más condiciona los resultados económicos del operador.

Los ya referidos García et al. (2011), señalan que es imposible fijar reglas de validez universal para la política de precios, al ser consecuencia directa de la estrategia concreta de cada operador. La variabilidad de los costes respecto a cada una de las variables que inciden sobre ellos, condiciona la política tarifaria de modo evidente.

Pese a no explicitar, *sensu stricto*, una estrategia de política de precios, los autores sí incluyen una serie de reflexiones que deben considerarse, en un escenario liberalizado, a la hora del diseño de la estrategia tarifaria de cada operador. Son las siguientes:

a) Señalar que el precio lo marca el mercado. El paso de un mercado en cuasi monopolio a otro más abierto forzaría a bajar las tarifas, puesto que los operadores existentes se verían obligados a reducir sus costes para poder competir. También contribuirían a este descenso la mejora de la productividad, la evolución tecnológica y, como reconocen los propios autores, la falta de eficiencia que presenta el sector.

b) La demanda registra una elevada elasticidad al precio⁹⁹, debido a varios hechos: por un lado, el transporte no suele ser un servicio de primera necesidad, por otro, que el uso de un modo de transporte tiene, en general, muchos sustitutivos. Por último, la mayor parte de la población posee coche propio, por lo que el coste marginal¹⁰⁰ de su uso sirve como referencia para muchos posibles viajeros.

c) El ferrocarril presenta muy importantes economías de densidad (los costes por viajero se reducen notablemente al aumentar la ocupación de los vehículos). Debe ser considerado un medio de transporte masivo y alejar la idea de que es un artículo “de lujo”¹⁰¹.

d) El ferrocarril es un modo de transporte tecnológicamente adecuado para la discriminación de la oferta. La segmentación del tren en clases favorece la entrada de un mayor número de viajeros. Esta segmentación ya ha sido tradicionalmente utilizada, dividiendo el conjunto del tren en vagones de diferentes clases.

e) Y relacionado con el anterior, para un óptimo económico es fundamental una política de precios muy segmentada y transparente.

f) El transporte tiene una demanda muy variable en el tiempo, lo que induce sobrecostes muy importantes para todos los operadores en liza.

Existen otros factores además de la frecuencia, tiempo de viaje y precio, que sin ser tan determinantes como los anteriores, sí pueden ser valorados por los clientes y actuar como atributos discriminantes a la hora de decidir qué modo de transporte elegir para realizar un desplazamiento: puntualidad, seguridad, comodidad, accesibilidad, entre otros.

4.4.3. Tipología de trenes de alta velocidad operativos según corredores

Los servicios en alta velocidad “puros” son realizados por las series 100, 102/112 y 103. No obstante, la primera de las series únicamente cubre el servicio entre Madrid y Sevilla, y además no lo hacen de forma exclusiva, siendo las dos tipologías restantes las que realizan la mayor parte de ellos.

Las series 102/112, diferenciadas por el número de plazas, son utilizadas para la mayor parte de las rutas, excepto Madrid-Sevilla y Madrid-Barcelona. Por tanto, cubren los servicios Madrid-Valladolid, Madrid-Zaragoza-Huesca, Madrid-Córdoba-Málaga y Madrid-Motilla del Palancar-Valencia/Alicante. La conexión Madrid-Valladolid, al ser de media distancia, también es cubierta por servicios Avant, concretamente por la serie 114.

La serie 102/112 cubre, además, los servicios que conectan los extremos del eje principal sin parar en Madrid, es decir, las conexiones de Barcelona-Málaga y Barcelona-Sevilla.

Respecto a la serie 103, realiza en exclusiva el servicio entre Madrid y Barcelona, así como los recorridos Madrid-Córdoba-Málaga y Madrid-Sevilla.

⁹⁹ No obstante, sería necesario discriminar entre tipos de movilidad, ya que por ejemplo la movilidad laboral sí registra una menor elasticidad al precio.

¹⁰⁰ Entendiendo como tal “el incremento en los costos totales ante el aumento en una unidad del producto o servicio prestado, respectivamente, por la empresa” (Tomassetti, 2004).

¹⁰¹ Sin ser mencionada expresamente, la política de precios preexistente hasta 2013 (al menos en materia de alta velocidad) no parece resultar muy bien parada, ya que lo que se fomentaba era precisamente lo contrario: la demanda selectiva, la exclusividad del servicio, etc. que configuraban a este tren como un modo de transporte privativo para la gran mayoría de la masa demográfica. En los albores de la liberalización del sector viajeros, el artículo que nos ocupa critica esta política: “carecen de sentido políticas de precios que reduzcan de forma importante el número de viajeros aunque los ingresos sean los mismos o incluso mayores” (García et al., 2011; pg. 82). En el apartado 7.3.6 se expone de modo más pormenorizado las modificaciones tarifarias provocadas por el cambio de estrategia comercial de RENFE.

Por último, el trazado gallego La Coruña-Orense, al ser de media distancia como el enlace Madrid-Valladolid, es cubierto por los servicios Avant, en este caso por la serie 121.

Todos los tipos de material rodante de alta velocidad o velocidad alta que realizan servicios tanto en larga como en media distancia, sobre vías en ancho europeo o ibérico, aparecen representados en la Tabla número 42. Además del servicio realizado, se incluyen también información relativa al número de plazas físicas así como el número de composiciones de coches que pueden combinarse, siendo variable para las series S-100 y S-103.

Con objeto de profundizar en la investigación, se intentó obtener información sobre la posible relación entre demanda, frecuencia, estacionalidad, y resto de factores que puedan influir en el tipo de flota existente en cada servicio y horario. En ese sentido, se solicitaron datos al respecto a la propia RENFE. Sin embargo, el resultado fue infructuoso. Por ello, este apartado queda limitado a parte teórica y parte descriptiva.

Tabla 42. Distribución de servicios según tipología de material rodante

MATERIAL	PLAZAS	COMP.	SERVICIOS
S100	332	8/16	Madrid-Sevilla
S102/S112	316-353	12	Madrid-Ciudad Real-Córdoba-Málaga
			Madrid-Segovia-Valladolid
			Madrid-Zaragoza-Huesca
			Madrid-Valencia
			Madrid-Alicante
			Barcelona-Málaga
			Barcelona-Sevilla
S103	404	8/16	Madrid-Ciudad Real-Córdoba-Málaga
			Madrid-Sevilla
			Madrid-Guadalajara-Zaragoza-Lérida-Tarragona-Barcelona
AlviaS120	238	4	<i>Madrid-Guadalajara-Calatayud-Logroño</i>
			<i>Madrid-Bilbao</i>
			<i>Madrid-Irún-Hendaya</i>
AlviaS130	299	11	<i>Alicante-Gijón</i>
			<i>Santander-Alicante</i>
			<i>Madrid-Alicante</i>
			<i>Madrid-Valencia-Castellón</i>
	242	11	<i>Madrid-La Coruña</i>

AlviaS730 (híbrido)			<i>Madrid-Ferrol</i>
			<i>Madrid-Pontevedra</i>
AvantS104	237	4	Madrid-Ciudad Real-Puertollano
			Madrid-Toledo
			Málaga-Córdoba-Sevilla
AvantS114	237	4	Madrid-Segovia-Valladolid
AvantS121	281	4	Barcelona-Tarragona-Lérida
			La Coruña-Santiago-Orense
			Zaragoza-Calatayud

Nota: Los servicios ferroviarios que aparecen en cursiva hacen referencia a aquellos que se desarrollan total o parcialmente en líneas convencionales

Fuente: Elaboración propia a partir de RENFE

(http://www.renfe.com/viajeros/nuestros_trenes/index.html)

4.4.4. ***Personal destinado a alta velocidad***

Con la puesta en marcha de los servicios de alta velocidad, el personal de a bordo ha aumentado por cada unidad de tren respecto al tren convencional, no tanto a nivel técnico o de gestión (conductores, mecánicos, interventores...), sino en relación a la atención al pasaje y los servicios de restauración.

Estos servicios llevan años adjudicándose a empresas externas a RENFE, si bien los titulares de las concesiones han ido cambiando en los diferentes contratos licitados.

En 2009 los servicios a bordo de trenes de alta velocidad y larga distancia eran prestados por las empresas Cremonini, Wagons Lits, Serfirun y Servirail. Ese mismo año comenzó un proceso de licitación al cual se presentaron cinco empresas: Cremonini Rail Ibérica (filial de Cremonini), Servirail España (Wagons Lits), Ferroviario Servicios, Áreas y Hostelería Unida Dos (Grupo Husa)¹⁰².

La adjudicataria fue Cremonini Rail Ibérica, por cuatro años y la posibilidad de prorrogarlo dos más. A mediados de 2013 arrancó el proceso concursal para la nueva adjudicación del servicio, tanto para alta velocidad como para larga distancia. A este proceso se presentaron la propia Cremonini (para conseguir la renovación de la concesión), Ferroviario, Newrest, Áreas, LSG y Gate Gourmet. Las cuatro últimas fueron rechazadas, al igual que Cremonini. El presupuesto anual de licitación presentado por Ferroviario (63,5 millones de euros) suponía un ahorro de más de un 20 % respecto al presentado por Cremonini para el cuatrienio 2009-13, siendo finalmente esta empresa española la adjudicataria. El proceso a seguir fue la subrogación del personal anteriormente perteneciente a Cremonini.

En abril de 2014 se acordó un expediente de regulación de empleo para el personal de servicios a pasajeros, tanto a bordo como en tierra. Dicho expediente se debió al cambio en la estrategia comercial de RENFE. Afectaría a 266 empleados (11 % de la plantilla), a lo que hay que sumar cerca de 200 trabajadores que optan por la acogida a baja voluntaria. El resto de la plantilla se vería afectada por una reducción del sueldo del 5 % durante dos años¹⁰³.

¹⁰² Europa Press, 13 de octubre de 2009

¹⁰³ Diario El Mundo, 4 de abril de 2014

4.5. CONCLUSIONES

Las redes de alta velocidad consideradas en este capítulo presentan importantes diferencias en muchos aspectos: grado de desarrollo, evolución temporal, motivación principal para su puesta en marcha, características técnicas, etc. Todo ello se plasma en un modelo de red concreto con un grado de incidencia territorial variable.

Japón es el país en el que la alta velocidad ha cosechado un mayor éxito a lo largo del tiempo. Es una de las redes más desarrolladas, tanto en longitud como por la diversidad de servicios, con una notable segmentación de trenes según la tipología del trayecto.

Su distribución demográfica con altas densidades generan una muy alta demanda, y la oferta se adapta a ésta a través de largas composiciones, frecuencias elevadas y puntualidad. La consecuencia es que la rentabilidad del servicio es positiva, especialmente en las líneas más antiguas, lo que ha posibilitado la extensión a otras islas.

En Francia comenzó el desarrollo de una red de alta velocidad con objeto de solucionar los problemas de saturación del corredor París-Lyon. Las nuevas líneas serían exclusivas para pasajeros, lo que implica menores costes, si bien se considera la importancia de compatibilizar los nuevos corredores con la red convencional.

La filosofía inicial es unir dos grandes ciudades distantes más de 300 kilómetros, con un tráfico potencial en torno a veinte millones de viajeros anuales, ofreciendo tarifas intermedias entre el ferrocarril convencional y el transporte aéreo, con un estudio de rentabilidad asociado. La estructura configurada fue de tipo macrocefálica, con París como nodo central de comunicación con el resto del país y también a nivel transfronterizo, hacia Reino Unido, Bélgica, Holanda, Alemania, Suiza y, más adelante, con España e Italia.

Con posterioridad a estos primeros planteamientos, el modelo de planificación fue modificándose, debido a las características de la demanda, presiones internas y la publicación del informe Rouvillois, que pretende ejercer como elemento de referencia para mejorar la coordinación con otros modos de transporte y descentralizar la red.

Para la primera premisa se aboga por la construcción de estaciones intermodales y crear un ferrocarril de alta velocidad a nivel regional. Respecto a la segunda idea, hay que destacar la construcción del corredor en alta velocidad TGV Interconnexion, una circunvalación ferroviaria alrededor de París, para conectar con el resto de líneas sin necesidad de entrar en la capital.

Más restrictivo y reciente que dicho documento es el Informe Duron, que insta a reconducir la inversión en el sector ferroviario para la red convencional, mejorando su infraestructura y en consecuencia su velocidad.

Dadas sus características territoriales en relación a la distribución demográfica y a la localización de los centros de actividad económica, la red de Alemania es mixta en la mayoría de casos. Es prioritaria la conexión con estos centros y también los enlaces transfronterizos, teniendo en cuenta la situación central del país dentro de la Unión Europea, al igual que sucede con Francia. Buena parte de las líneas destinadas a alta velocidad son vías mejoradas, aprovechando la infraestructura preexistente.

Sin embargo, el número de paradas es mayor que en el país galo, priorizando la compatibilidad con el resto del ferrocarril, así como la accesibilidad y la frecuencia respecto a la velocidad.

La configuración física del territorio italiano condiciona el desarrollo de una red de alta velocidad. Tras protagonizar la construcción del primer tramo a nivel europeo, las ampliaciones posteriores han sido tardías, fundamentalmente a partir de la creación de un plan de desarrollo de alta velocidad a nivel nacional, en forma de "T".

Se caracteriza por el intenso apoyo prestado a la red ferroviaria preexistente, mejorándola y adaptándola para la circulación de nuevos trenes, así como por la combinación de servicios rápidos de pasajeros diurnos y otros más lentos y de

mercancías de carácter nocturno. La aplicación de esta política ha permitido reactivar el tráfico ferroviario en detrimento del transporte aéreo.

La red china está experimentando en la actualidad una expansión sin precedentes en la historia de la alta velocidad en el mundo. Con el fuerte crecimiento económico que registra el país, es necesario aliviar la presión en diversos corredores ferroviarios congestionados, mejorar las conexiones y extender el crecimiento del sureste y demás corredores costeros al resto del territorio. El objetivo es conectar en alta velocidad todas las ciudades chinas que cuenten con al menos medio millón de habitantes, generando una malla de alta densidad.

Con el conglomerado de líneas ya construidas más las que se hallan en ejecución o proyecto, se configurará un sistema policéntrico, con diversos corredores prevalentes tanto en dirección norte-sur como en la este-oeste.

Para el desarrollo de la red ferroviaria de alta velocidad española la motivación es diferente a la de otros países: fundamentalmente se centra en lograr la equidad y el desarrollo territorial, en detrimento de solucionar problemas de congestión o la comunicación de áreas desarrolladas económicamente con centros de distribución. Se ha priorizado la conexión de Madrid con el resto de capitales, lo que condiciona el diseño, desarrollo y viabilidad de los proyectos.

Es una red orientada casi en su totalidad a pasajeros, lo que implica un coste menor respecto a las vías mixtas. Al ser exclusivas, es decir, separadas de la red convencional, la inversión es mayor al desdoblarse la infraestructura de transporte. Además, el ancho de vía es distinto, lo que provoca una dificultad y costes adicionales.

La construcción de líneas con inicio o fin en Madrid ha propiciado un tipo de red radial-troncal, conformada por corredores troncales más algunas líneas capilares.

A nivel comparativo debe señalarse por su trascendencia a la red japonesa. El país nipón fue pionero en el desarrollo de la alta velocidad. Después, a nivel europeo, destaca Francia como primer Estado comunitario con una red de cierta entidad. A comienzos del siglo XXI fue España la que lideró el crecimiento, mientras que en la actualidad China es el referente. La proliferación de proyectos de alta velocidad ferroviaria sigue plenamente vigente, con un número creciente de países interesados, como por ejemplo Turquía, Arabia Saudí, Marruecos, etc.

En cuanto al tráfico de viajeros por redes, Japón ha sido históricamente el país con mayor demanda mundial, hasta ser superado hace poco por China. No se esperan crecimientos demasiado grandes debido a que la mayor parte de las aglomeraciones japonesas de cierta entidad ya cuentan con este servicio, y la población de las islas vecinas a Honshu (Kyushu y Hokkaido) es más reducida.

Francia es el referente a nivel comunitario por tráfico de viajeros. Debe destacarse el esfuerzo por fomentar la intermodalidad con el transporte aéreo y también con el ferrocarril convencional, incluyendo la creación del tren regional de alta velocidad o TER-GV.

La red alemana destaca por la apuesta de compatibilizar el ferrocarril convencional con la alta velocidad y las mercancías, comunicando las grandes ciudades y centros de desarrollo económico. Pese a ser más caras las vías mixtas, en buena parte de los trazados las actuaciones han ido encaminadas al aprovechamiento y mejora de la infraestructura preexistente. En cuanto al tráfico de viajeros, se sitúa inmediatamente por detrás de Francia, dentro de las redes consideradas.

Este aprovechamiento de la red ya existente se da también en Italia. La complicada orografía, con los Alpes y Apeninos, así como la propia configuración de la península Itálica condicionan en gran medida los trazados de alta velocidad. El norte, más desarrollado, es también más accesible. En el sur se busca la complementariedad entre el ferrocarril de alta velocidad con el convencional, generando capilaridad y accesibilidad a más territorios. Pese a ello, registra uno de los tráficos más bajos de todos los estudiados.

España ocupa los primeros puestos en desarrollo de la red (en servicio, en construcción y en proyecto), densidad espacial y demográfica, etc., si bien destaca negativamente en el apartado de tráfico de viajeros, configurándose como la red con un menor aporte de demanda de todas las analizadas.

Las situaciones observadas en los países objeto de estudio distan mucho de ser similares, tanto a nivel de desarrollo de la red como a nivel contextual, lo que determina la mayor o menor acogida y/o éxito que ha tenido o puede tener este modo de transporte a diferentes escalas y territorios.

A nivel interno de la red española, deben destacarse algunas ideas referentes a la tipología de material rodante, a la tecnología ferroviaria desarrollada y a la gestión operativa de la propia red.

Respecto a los tipos de material rodante, hay que señalar que desde 2004 se ha producido una gran modernización del parque ferroviario nacional, tanto a nivel de mercancías como de pasajeros, teniendo en cuenta la cercanía del nuevo escenario de la liberalización del sector.

Pese a que la presencia de tecnología extranjera es masiva, la española está adquiriendo cada vez mayor relevancia en relación a innovaciones técnicas, sistemas de gestión así como al desarrollo de material rodante propio, con aplicación tanto a nivel nacional como en algunos casos también internacional.

Las necesidades de modernización para lograr un mayor atractivo cara a la entrada de nuevos competidores, junto a la investigación para solventar problemas como el de la anchura de la vía, han generado un parque móvil diverso, con materiales exclusivos para cada ancho así como otros con ancho variable.

Aparte de la innovación respecto a la anchura de los bogies, se han realizado investigaciones destacadas en relación a la pendulación de los coches en curva y al diseño de nuevo material rodante. En todos los casos hay que señalar los aportes realizados por las empresas TALGO y CAF.

España ha formado parte del equipo encargado de implantar el sistema ERTMS como nuevo sistema de señalización y comunicación para redes de alta velocidad, y también se ha creado el sistema de gestión de tráfico Da Vinci. Estas innovaciones han sido exportadas a otros países e implantadas en diferentes sistemas ferroviarios, lo que supone una mejora cualitativa a reseñar. En esa misma línea, empresas españolas han sido adjudicatarias o formado parte de numerosos proyectos relacionados con la alta velocidad, como por ejemplo el corredor árabe Medina-La Meca, el estadounidense Fresno-North Bakersfield o el marroquí Tánger-Casablanca.

En lo referente a la gestión operativa de la red, son claves los conceptos de frecuencia, capacidad, demanda, estacionalidad, elasticidad, tiempo de viaje, precio, puntualidad, etc. Todo ello repercute, en mayor o menor medida, en el flujo total de viajeros en un trayecto determinado o bien para toda la red. Con la nueva situación de apertura del sector, es fundamental la competencia, la cual influye también en muchos de los atributos indicados.

Debido a la negativa a facilitar la información estadística solicitada a RENFE, resulta muy difícil valorar la estrategia de la compañía en cuanto a frecuencias, composiciones de los coches, capacidad, ocupación, estrategia tarifaria, etc., según cambios que se produzcan en la demanda en cuanto a elasticidad o estacionalidad. Dichas facetas quedan por el momento como “secreto industrial” de la compañía.

La última reflexión se centra en el personal de RENFE. Con el desarrollo de la alta velocidad, se ha ido incrementando la proporción de plantilla destinada a la atención al viajero y a la restauración, más que la reservada a personal técnico o de gestión. Recientemente, con el cambio en la política comercial de la compañía, la tendencia se ha invertido al objeto de contener los costes, dentro de un contexto con incipiente liberalización del sector ferroviario de viajeros.

5. ANÁLISIS DE LA RED

5.1. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE REDES

Como indicó J. Gutiérrez en 1998, la organización del espacio se parece cada vez más a la de un espacio en red, configurado por multitud de flujos canalizados a través de los sistemas de transportes y telecomunicaciones.

De este modo, el sistema de transporte supera su carácter de elemento vertebrador de mercados, actividades y sociedades a nivel nacional para pasar a formar parte del citado espacio en red.

Para su caracterización, ha resultado de especial interés el trabajo de Antón (2013). Según dicho autor, este sistema hace referencia a una suma de redes de transporte a diversas escalas que trascienden el marco de la mera contingencia de una ubicación concreta o de una movilidad particular, tanto en personas como en mercancías. Es un espacio que se configura como un ente transfronterizo, compacto y competitivo.

Pese a tratarse de una suma de redes a nivel global, no se conforma de un modo homogéneo en cuanto a envergadura o densidad, destacando Estados Unidos y Europa occidental, en lo relativo al transporte terrestre.

Las redes de transporte influyen de forma muy notable en la accesibilidad espacial y la articulación territorial, a través de sus aspectos tecnológicos y configuración técnica. A la vez, son expresión y consecuencia de las interrelaciones que mantienen con los sistemas socioeconómicos (Seguí y Petrus, 1991).

Siguiendo a Antón (2013), las áreas con mayor accesibilidad a nivel global se localizan en los grandes “archipiélagos metropolitanos”, donde no sólo se concentra población sino también poder político, capital, tecnología, empleo, elementos de la cultura preponderante... Los grandes núcleos neurálgicos del presente son América del Norte, Europa occidental y la fachada oriental asiática. Previsiblemente se incorporarán a esta lista en el futuro India, Indonesia, algunos países de Oriente Medio, etc.

Los sistemas de transporte se caracterizan por cinco elementos: infraestructuras, nodos de transporte o *hubs*, redes de transporte, balance energético y gestión de éstos.

En el mundo global las infraestructuras no tienen sentido a nivel individual sino como elemento coadyuvante en la articulación de sistemas complejos más amplios (por ejemplo la logística global o integrada, las técnicas de *hubbing*, los sistemas “puerta a puerta”, etc.) Al formar parte del denominado espacio en red, cada nodo o enclave asume un rol dentro de una jerarquización vertical y horizontal, integrada a su vez en conjuntos sistémicos globales basados en la interdependencia.

En este contexto cabe destacar la influencia de los planteamientos económicos y políticos. A nivel europeo hay que destacar el proceso de integración comunitaria (a través de la creación del Mercado Único, la instauración de una política de transportes común y la formación de la Red Transeuropea de Transporte), lo que supone que se están favoreciendo ostensiblemente las interrelaciones espaciales entre ciudades y regiones está aumentando exponencialmente la red de flujos de transporte.

Para el diseño de un sistema de transporte resulta fundamental la determinación del tipo de nodo o *hub* a recrear, entendido como “centro activo de transporte dotado de un cierto grado de polarización sobre el sistema en el que se inserta y con capacidad de afectar al entorno espacial en el que se ubica”, según señala Antón (2013). De igual manera, también debe valorarse la gestión óptima de los *hubs*, la elección de puntos de localización para nuevos nodos dominantes o la reorganización de los nodos, al confluir presiones e intereses variados (administración, empresarios y usuarios), sin olvidar el papel social que puede derivarse de la existencia de un determinado *hub* en un territorio.

Las redes de transporte muestran una configuración variable en la forma y en el tiempo, que influye en la mayor o menor capacidad para generar modelos de desarrollo y

sinergias en un determinado espacio. Según las necesidades del territorio en el que se inserten, las características del servicio que deben cumplir y las actividades que deban soportar pueden adoptar diferentes tipos. Sería erróneo hablar del empleo de un taxón único. De hecho, recientemente está proliferando la utilización de distintos modelos de red en un mismo espacio (económico, social, cultural, etc.)

Dentro de las redes de transporte puede hacerse referencia a los denominados “sistemas en red”, que corresponden con el más alto grado de desarrollo de dichas redes. Suelen ser monográficas, es decir, de carácter sectorial (marítima, aérea, ferroviaria, etc.) Como indica Gutiérrez (1998), el transporte ferroviario configura su propia red, al igual que el resto de modos. Concretamente y junto con la carretera, crean un espacio-red en el cual la linealidad (efecto corredor) y las jerarquías (reforzamiento de los lugares nodales) son elementos emblemáticos.

Uno de los sistemas más generalizados en el sector del transporte es el denominado *hub and spoke*, con un gran impacto sobre todo en el transporte aéreo.

Dicha arquitectura de red consiste en la aportación de flujo de tráfico desde nodos secundarios (*feeders*) hacia uno o varios nodos dominantes (*hubs*), desde los cuales se encaminan los flujos sumatorios recibidos hacia otros nodos dominantes de su propia red o de otras redes. A partir de esta fase comienza el proceso de dispersión de los flujos (*spoke*) hacia otros nodos secundarios, realizando así la distribución de tráfico con dirección a puntos de más baja jerarquía. Así, los *feeders* sólo tienen conexión directa con uno o algunos de los nodos dominantes.

En esta materia hay que destacar las aportaciones de De Rus y Campos (2005), Elhedeli (2006), Levinson (2010), Gutiérrez y Rodríguez (2012), además del mencionado Antón (2013).

Aparte del sistema *hub and spoke*, cabe citar las redes “punto a punto”, especializadas en el transporte de objetos de poco peso y volumen, y alto valor añadido, así como las redes de ámbito regional y mini-redes. Las relativas al ámbito regional poseen un cierto grado de especialización en el entorno en el que operan y son frecuentes las alianzas con otros operadores de regiones colindantes. En las mini-redes se utilizan pequeñas empresas distribuidoras de detalle tanto para productos de entrega urgente, perecederos o vinculados al comercio electrónico (por ejemplo la televenta, grandes almacenes, seguros, etc.)

Como cuarto elemento hay que señalar al balance energético, que se considera actualmente como un todo ordenado en el que se valoran los recursos energéticos, los materiales tangibles (flota, recursos humanos, instalaciones...) e intangibles (imagen de marca, publicidad...)

La gestión de un sistema de transporte no sólo implica la operación de una infraestructura, red o flota sino que hace referencia a todo un contexto político, económico y social en el que la eficacia del sistema depende de numerosos criterios y decisiones empresariales, que influirán en mayor o menor medida en el proceso de toma de decisiones (De Brucker et al., 2011).

Esas interrelaciones provocan que la inversión de recursos en una determinada red de transporte genere efectos en la distribución demográfica y laboral, e interactúa con las modificaciones en las preferencias de los usuarios de la red, tal como muestra Axhausen (2008), en un estudio sobre la accesibilidad en el territorio suizo.

5.2. TOPOLOGÍA Y TEORÍA DE GRAFOS

El análisis topológico es una herramienta muy válida para el estudio de una red de transporte concreta, en base a la localización de nodos y arcos que configuran un flujo de personas o bienes para un territorio concreto.

Dentro de la topología debe destacarse la Teoría de Grafos. Pese a proceder de las matemáticas, es también una técnica muy utilizada en el campo del transporte para el estudio de una determinada red en base a la abstracción y simplificación de sus elementos conformantes.

Un análisis válido en este sentido es el de la localización y cuantificación de los nodos y arcos que componen la red de transporte objeto de estudio, para con posterioridad aplicar índices que determinarán las características de dicha red en materia de conectividad y accesibilidad.

La utilización de estas técnicas operativas para la tesis supone la adquisición de una mayor experiencia académica, en base a una introspección profunda para lograr un análisis lo más completo posible de acuerdo a la información disponible. De igual modo, aporta una perspectiva transversal de análisis que ofrece claves para la validación de varias de las hipótesis de trabajo, en relación a la evolución de la red, la influencia de los planteamientos políticos y económicos para su desarrollo, su dinamismo y los efectos que puede producir.

5.2.1. Objeto y metodología de aplicación

El objetivo de este análisis es representar la red nacional de alta velocidad ferroviaria en base a nodos y arcos, que configuran a su vez grafos y subgrafos, y permiten obtener una visión esquemática de dicha red. Gracias a esta uniformización, es posible el cálculo de diferentes índices y representaciones cartográficas que permiten caracterizarla topológicamente.

Al aplicar la abstracción topológica a otras redes de alta velocidad, se consigue una capacidad comparativa respecto de la red española de acuerdo a diferentes criterios e índices de conectividad y accesibilidad.

5.2.1.1. Metodología para el análisis de la conectividad

A continuación se exponen con su definición y fórmula, los índices utilizados en la tesis para analizar la conectividad de una red, a partir de Kansky y Danscoine (1989), Garrido (1995), Miérez (2005) y Cardozo (2009):

a) Índice Beta

Es la relación entre el número de arcos y nodos de la red, y se expresa como:

$$\beta = a / n$$

Siendo:

a = Número de arcos

n = Número de nodos

Los valores del índice pueden oscilar entre 0 y $(n - 1) / 2$ (grafo completo).

b) Índice Gamma

Establece la relación porcentual entre el número de arcos que tiene el grafo y el máximo posible. Permite efectuar comparaciones entre redes de distinto número de nodos.

$$\gamma = \frac{a}{n(n-1)/2} \cdot 100$$

El valor oscila entre 0 (grafo nulo) y 100 (grafo completo).

c) Número ciclomático

Indica el número de circuitos que tiene un grafo. Se puede calcular partiendo del principio de que sobre una red topológica que forme un árbol, cualquier nuevo arco que se añada supondrá la formación de un nuevo circuito.

$$\mu = a - (n-1)$$

El valor oscila dentro de la siguiente escala:

$$0 \text{ (grafo nulo)} \leq \mu \leq (n - 1) * (n - 2) / 2 \text{ (grafo completo)}$$

d) Índice Alfa

$$\alpha = \frac{\mu}{2n-5} \cdot 100$$

Expresa la ratio entre el número de circuitos de un grafo y el máximo posible.

Siendo:

$$\mu = \text{Número ciclomático}$$

El valor del índice en porcentaje expresa el grado de conectividad de la red en cuestión. Valores bajos significan redes incipientes, poco desarrolladas, y valores altos representan redes muy conectadas y estructuradas (Zárate y Rubio, 2006).

Una vez expuestos las definiciones relativas a topología consideradas así como los índices de conectividad y sus fórmulas asociadas, se procede a su aplicación a las diferentes redes.

En el caso español en particular a la hora de realizar estos cálculos, se han discriminado las comunicaciones entre nodos existentes dependiendo de si se trata de enlaces consecutivos o no. Para el resto de redes, no se han encontrado suficientes indicios que permitan establecer esta misma discriminación.

Aunque más adelante se aplican los índices de conectividad para las distintas redes consideradas, la operativa seguida para la alta velocidad española ha tenido una mayor complejidad, explicable de acuerdo a los siguientes planteamientos:

A partir del mapa de la red actual de alta velocidad española (Mapa número 19), debe considerarse en primer lugar que las líneas que conectan los nodos no lo hacen con todos de forma consecutiva. En este sentido y para simplificar el primer mapa, se ha entendido que Toledo tiene una conexión directa con Madrid pero también con Ciudad Real y el resto de nodos posteriores en dirección, aunque en realidad no es así.

Dicho lo cual, se analizan los diferentes grados de conexión entre nodos para la red española, a través de cuantificar el número de enlaces existentes en cada uno de ellos, es decir, lo que se pretende es averiguar a cuántos puntos es posible desplazarse desde cada nodo, tomando un único tren.

El proceso a seguir ha constado de varias fases:

1ª. Búsqueda en la página web de RENFE de posibles viajes en trenes AVE o Avant¹⁰⁴; de un punto a otro dentro de la red de alta velocidad. Ello permite saber qué líneas comunican unos nodos con otros, si existe al menos un tren diario que realice el servicio de más de una línea, etc.

2ª. Representación de los resultados en una matriz de origen-destino. Esta matriz, denominada “matriz de enlaces” o “matriz de conectividad” contendrá todos los posibles trayectos que se pueden realizar en un solo tren de alta velocidad. Por tanto, se han desechado los trayectos en los que se incluía, al menos, un trasbordo.

Se interpreta que hay comunicación entre un nodo y otro si entre ambos la frecuencia es de al menos un tren diario de alta velocidad, independientemente de si éste es de Larga Distancia (AVE) o de Media Distancia (Avant).

3ª. Cuantificación del número de enlaces por cada nodo, y ordenación según su número, de mayor a menor.

¹⁰⁴ Considerados únicamente aquellas tipologías de trenes que circulan exclusivamente por la red de alta velocidad.

4ª. Representación de los datos de dicha tabla en un mapa de símbolos proporcionales, que permite conocer la jerarquía que se crea en cuanto a nodos según el número de enlaces que tengan.

Además, y a partir de la matriz de conectividad, se han realizado otras matrices adicionales:

Matriz de frecuencias, en la que se representa el número de enlaces diarios (media semanal) para un trayecto A-B, perteneciente a la red de alta velocidad y discriminando según el tipo de tren.

Para su determinación se ha accedido de nuevo a la web de RENFE, donde se han tenido en cuenta las frecuencias diarias origen y destino entre dos puntos a lo largo de semanas diferentes, y a partir de dichos datos se ha elaborado una media. Las medias obtenidas para cada par de nodos constituyen el conjunto de datos que contiene esta matriz. A la hora de realizar la media de las frecuencias para cada origen-destino, no se ha considerado la frecuencia útil sino la frecuencia absoluta diaria. De igual forma, tampoco se han considerado coeficientes de estacionalidad, pues ello multiplicaría enormemente el volumen de datos tratado, la casuística y la complejidad a la hora de establecer conclusiones para el conjunto de la red.

La información existente en relación a las frecuencias es escasa, al igual que sucede para determinar el número medio de plazas ofertadas o el tamaño medio de los convoyes¹⁰⁵. De este modo es difícil saber dichos datos para un determinado periodo temporal o variaciones respecto a la estacionalidad, etc.

En cuanto a la información respecto a las plazas ofertadas también es escasa y fragmentada¹⁰⁶. Existen datos relativos a qué tipos de trenes realizan cada servicio. El Observatorio del Ferrocarril cuenta con un cuadro de información referente a las plazas de cada tren (Observatorio del Ferrocarril 2013, página 73). No obstante, no resulta demasiado aclaratoria la oferta media de plazas ni el tamaño medio de los convoyes, para un determinado día o bien una temporada específica (alta o baja).

La cuantificación se ha realizado de forma manual, iniciando un proceso de compra de billete, seleccionando origen, destino y fecha de viaje, para diferentes días y semanas y todos los orígenes y destinos con enlace directo en alta velocidad. Tras esta ardua tarea se realizó una media de frecuencias, cuyo valor resultante para cada enlace es el que aparece en las matrices asociadas.

La matriz de frecuencias en alta velocidad se ha elaborado a partir de la anterior. El procedimiento para su realización ha consistido únicamente en descartar los valores diferentes de AVE, Avant y AV City, para dejar cada celda rellena con un solo valor. Como nota aclaratoria, hay que señalar que el AV City es un tren tipo AVE pero que realiza diferentes servicios *low cost*. La velocidad máxima es inferior pero se ha decidido incluir debido a su propia denominación AV y a que, si el producto tiene éxito, puede marcar de forma reseñable la evolución en la demanda de tráfico de la red. Realizan servicios en la red de alta velocidad, concretamente las relaciones Madrid-Málaga-Madrid, Madrid-Sevilla-Madrid, Madrid-Zaragoza-Madrid y Málaga-Valencia-Málaga, efectuando parada en todas las estaciones de los respectivos recorridos.

Una vez expuestas ambas matrices, se incluye una tabla resumen con el número de enlaces existentes según el número de frecuencias así como dos gráficos de dispersión cuyo objetivo es analizar la relación existente entre las frecuencias de cada enlace y las variables de masa demográfica y distancia existente entre cada par de nodos.

¹⁰⁵ La única información relativa a frecuencias que se ha podido consultar ha consistido en la recopilación manual de los servicios ofertados para cada conexión, explicado en líneas anteriores. Desde fuentes de RENFE no se ha facilitado mayor información al respecto, alegando que pone en peligro su posición respecto a la competencia.

¹⁰⁶ En la presente investigación sí se ha conseguido averiguar los tipos de trenes destinados a cada servicio y las plazas físicas de cada uno, si bien las previsibles variaciones respecto a días concretos o periodos con fuerte estacionalidad no quedan referidas al resultar denegada la petición para acceder a dicha información.

5.2.1.2. Metodología para el análisis de la accesibilidad

Respecto al análisis de la accesibilidad, el punto de partida ha sido el mismo que para la determinación de las frecuencias, es decir, la matriz de conectividad. A partir de ésta se ha realizado en primer lugar, la matriz de accesibilidad lineal, en la cual se incluyen aquellas posibles conexiones de la matriz de enlaces, y se cuantifican luego todos los arcos consecutivos necesarios para desplazarse de un nodo A a un nodo B.

El paso siguiente ha sido la elaboración de la matriz de accesibilidad total o matriz de medidas topológicas de accesibilidad, basada en la anterior, pero cuantificando tanto los enlaces directos como indirectos, para determinar el menor número de arcos que es necesario utilizar para desplazarse de un nodo A a otro B.

A partir de estas dos últimas matrices, puede extraerse más información mediante la aplicación de diferentes índices de accesibilidad. Las fuentes de extracción de dichos índices son prácticamente idénticas a las de los índices de conectividad, esto es, Kansky y Danscoine (1989), Garrido (1995) y Miérez (2005). Los que se han aplicado en la tesis son los siguientes:

a) Índice de König o asociado

Es aquel que corresponde con la distancia (número de arcos) que separa a cada nodo con el más distante topológicamente. Implica que el número asociado más bajo es el nodo más accesible.¹⁰⁷

b) Índice de Shimbel

También denominado “índice de accesibilidad absoluta”. Se basa en la ruta más corta entre los nodos, y corresponde con la suma del número de arcos que separa cada nodo con todos los demás por el camino más corto.

$$A_y = \sum d_{xy}$$

Siendo:

d_{xy} = número de arcos que separa a los nodos “x” e “y” por el tramo más corto.
El valor más bajo corresponde al más accesible.

c) Longitud media de la vía (cadena)

Se deduce a partir del índice de Shimbel, siendo el cociente entre éste y el número de nodos.

$$P_y = A_y / n$$

d) Índice Omega o Índice de Accesibilidad Topológica Relativa

Relaciona el índice de Shimbel de cada nodo con los valores extremos de la red.

$$\Omega_y = (A_y - A_{\text{mín.}}) \cdot 100 / A_{\text{máx.}} - A_{\text{mín.}}$$

Siendo:

A_y = Índice de Shimbel del nodo en cuestión
 $A_{\text{máx.}}$ = Índice de Shimbel más alto de la red
 $A_{\text{mín.}}$ = Índice de Shimbel más bajo de la red

¹⁰⁷ Desarrollado por Dénes König, matemático húngaro autor del primer libro sobre Teoría de Grafos, en 1936 (Grimaldi, 1998).

e) Índice de Dispersión (ID)

Se obtiene sumando los índices de Shimbél de los diferentes nodos de la red. A mayor valor, mayor accesibilidad.

$$ID = \sum Ay$$

Siendo:

ID = Índice de Dispersión

Ay = Índice de Shimbél

f) Índice de Accesibilidad Media (IAM)

Corresponde a una relación entre el Índice de Dispersión y el número de nodos del grafo (Bosque Sendra, 1997).

$$IAM = ID / n$$

Siendo:

IAM = Índice de Accesibilidad Media

ID = Índice de Dispersión

Para dotar de una mayor componente visual a los resultados anteriores, en concreto el cálculo de la longitud media de los enlaces con los que está conectado cada nodo, se representan cartográficamente dichos valores, filtrando los nodos y seleccionando aquellos que cuentan más de diez enlaces para ambos sentidos. De este modo el nivel de distorsión es mucho menor al eliminar valores correspondientes a nodos con escasas conexiones.

Finalmente y en base a los valores de frecuencias incluidos para la conectividad, se representa un último mapa que permite clarificar los niveles de accesibilidad de cada nodo de la red de alta velocidad ferroviaria, y determinar la jerarquía existente en este sentido.

5.2.2. Análisis de resultados de conectividad

Así pues, tras el rastreo de información a través de la web de RENFE, a continuación se muestra la matriz de conectividad con los datos recogidos. Se expone en la Tabla número 43, y su lectura es muy sencilla:

Esta matriz, como el resto de las incluidas en la tesis, es cuadrada y simétrica, y contiene los 31 nodos que componen la red, tanto en filas como en columnas. Cuando están por filas representan al nodo de origen, mientras que si están en una columna, representan el nodo de destino.

En este caso, la inclusión del símbolo “●” implica que hay conexión entre ambos nodos. Si el espacio está en blanco, indica que no existe enlace directo. En total (ambos sentidos) existen 323 relaciones.

Los cuadros vacíos coloreados en diagonal implican que no puede haber enlace puesto que las celdas que cruzan corresponden al mismo nodo: es el eje de la matriz.

Con los resultados expresados mediante una matriz se consigue compilar en un espacio reducido un gran volumen de datos, de forma sintética y ordenada, lo que facilita su análisis e interpretación posterior (Carrasco, 2011).

Tabla 43. Matriz de conectividad en la red española de alta velocidad

ENLACES	MADRID	TOLEDO	CIUDAD REAL	PUERTOLLANO	VILL. CORDOBA	CORDOBA	SEVILLA	PUENTE GENIL	ANTEQUERA	MÁLAGA	GUADALAJARA	CALATAYUD	ZARAGOZA	LLEIDA	TARRAGONA	BARCELONA	GIRONA	FIGUERAS	TARDIENTA	HUESCA	SEGOVIA	VALLADOLID	CUENCA	REQUENA-UTIEL	VALENCIA	ALBACETE	VILLENA	ALICANTE	A CORUÑA	SANTIAGO	OURENSE
MADRID																															
TOLEDO																															
CIUDAD REAL																															
PUERTOLLANO																															
VILL. CORDOBA																															
CORDOBA																															
SEVILLA																															
PUENTE GENIL																															
ANTEQUERA																															
MÁLAGA																															
GUADALAJARA																															
CALATAYUD																															
ZARAGOZA																															
LLEIDA																															
TARRAGONA																															
BARCELONA																															
GIRONA																															
FIGUERAS																															
TARDIENTA																															
HUESCA																															
SEGOVIA																															
VALLADOLID																															
CUENCA																															
REQUENA-UTIEL																															
VALENCIA																															
ALBACETE																															
VILLENA																															
ALICANTE																															
A CORUÑA																															
SANTIAGO																															
OURENSE																															

Fuente: Elaboración propia a partir de www.renfe.com, 2014

Abordando los resultados concretos que produce, se observa que el cuadrante superior izquierdo es el que aporta un mayor número de enlaces AB. La importancia de cada uno de los nodos no sólo depende de su situación dentro de la red sino del número de destinos que, a partir de él, se ofertan. En la matriz corresponde al número de enlaces con los que está conectado cada uno de ellos.

Madrid es el nodo que cuenta con un mayor número de conexiones. Exceptuando el corredor La Coruña-Orense, que se encuentra aún aislado a la espera de la puesta en servicio del resto de tramos de la línea Madrid-Galicia, la capital nacional posee conexión con todos los nodos restantes. Se configura como el nodo rector de toda la red de alta velocidad española.

Toledo, que inicialmente sólo contaba con la conexión a Madrid (a través de la línea de alta velocidad hacia Sevilla y el ramal de La Sagra), posteriormente se amplía con posibilidades de conexión directa a todas las urbes más meridionales (las pertenecientes a las líneas Madrid-Sevilla y Córdoba-Málaga), así como a otros nodos de la línea a Barcelona y Perpignan: Zaragoza, Lérida, Tarragona y la propia Barcelona. Es en ese periodo temporal (marzo-abril de 2014), cuando fueron tomados sus datos. Más tarde, en 2015 se han vuelto a consultar y se ha comprobado que algunos enlaces no existen. Por ejemplo, precisamente Toledo ya no cuenta con conexiones directas con ningún otro enlace excepto Madrid. Por razones de facilitación, los análisis realizados en relación a estos datos corresponden a abril de 2014.

Ciudad Real y Puertollano, de la línea Madrid-Sevilla, sí tienen conexión con nodos del corredor noreste como Zaragoza, Lérida, Tarragona y Barcelona. De igual forma, existe comunicación con las estaciones de Cuenca y Valencia (línea de alta velocidad Madrid-Levante).

Villanueva de Córdoba, pequeña estación de reciente creación, cuenta con enlace para todos los destinos de las líneas hacia Sevilla y Málaga.

Prosiguiendo con la interconexión entre líneas, el resto de nodos de estas líneas de alta velocidad también están enlazados con las de Perpignan¹⁰⁸ y el Levante, sin necesidad de entrar en Madrid, utilizando los respectivos by-pass de Perales del Río y Torrejón de Velasco. Del mismo modo pero a la inversa, los nodos de la línea a Perpignan también están conectados a los de los corredores hacia Sevilla y Málaga.

En la actualidad el eje central de la red de alta velocidad española sigue una trayectoria diagonal, noreste-suroeste, desde la frontera con Francia hacia Madrid y Córdoba, desde donde se bifurca hasta los fondos de saco de Sevilla y Málaga.

Si se sigue observando la matriz, fuera de estos nodos nos encontramos con pequeños circuitos. Por ejemplo, el corredor Zaragoza-Huesca únicamente está conectado con Madrid y las pequeñas estaciones intermedias entre ésta y la capital aragonesa: Guadalajara y Calatayud.

Segovia y Valladolid tan sólo poseen conexión en alta velocidad con Madrid, en espera de la puesta en marcha de los tramos intermedios entre éstos y el sector gallego.

Las ciudades de Cuenca y Valencia, como se ha indicado, están conectadas con todas las de la línea de Levante así como las de Sevilla y Málaga. Alicante, por su parte, pese a ostentar mayor masa demográfica que Cuenca, cuenta con menores posibilidades de comunicación, al actuar como estación de fondo de saco, mientras que la posición geográfica de la ciudad manchega es más destacada, ya que, a partir de ésta dicha línea se bifurca en dos corredores, uno hacia Valencia y otro hacia Alicante (por la localidad de Motilla del Palancar).

¹⁰⁸ Para Córdoba y Sevilla existe conexión también con Guadalajara y Calatayud.

Los nodos de Requena-Utiel, Albacete y Villena solamente poseen enlace con el resto de estaciones de su corredor, es decir, Valencia en el caso del primero, mientras que Albacete y Villena tienen conexión entre ellos y con Alicante.

Llama la atención que el corredor gallego se encuentra actualmente aislado del resto de la red, como ya se ha indicado, siempre hablando en términos de red de alta velocidad.

Esos mismos datos, cuantificados y ordenados de mayor a menor número de enlaces, se representan en la Tabla número 44:

Tabla 44. Número de enlaces A-B + B-A por cada nodo (2014)

NODO	Nº ENLACES
Madrid	54
Zaragoza	36
Córdoba	34
Sevilla	34
Lérida	32
Tarragona	32
Barcelona	32
Ciudad Real	31
Puertollano	31
Puente Genil	30
Antequera	30
Málaga	29
Guadalajara	26
Calatayud	26
Cuenca	26
Toledo	23
Valencia	20
Villanueva de Córdoba	18
Gerona	16
Figueras	16
Tardienta	10
Huesca	10
Albacete	8

Villena	8
Alicante	8
Requena-Utiel	6
Segovia	4
Valladolid	4
La Coruña	4
Santiago	4
Orense	4

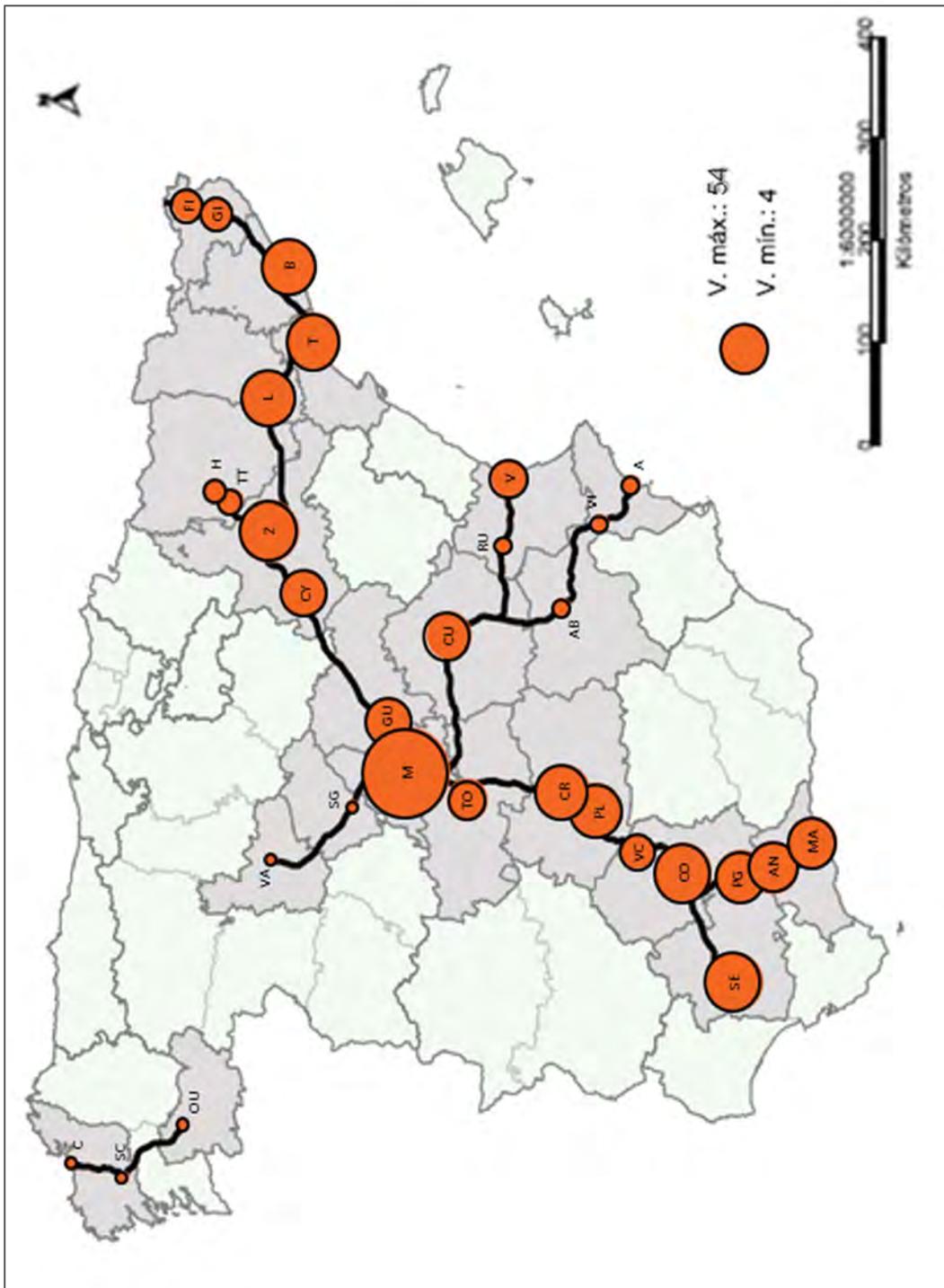
Fuente: Elaboración propia a partir de www.renfe.com, 2014

Esta jerarquía espacial puede apreciarse con valores agrupados, en este caso por intervalos (Mapa número 31).

La agrupación de los valores se ha llevado a cabo en torno a cinco intervalos. Los criterios de elección de los umbrales son los siguientes:

- Mayor de 50 enlaces: Número elevado e individualizado para Madrid, para destacar la radialidad de la red y erigirla como su piedra angular.
- Entre 26 y 50: Incluye a ciudades con amplias conexiones con la capital nacional. Punto de corte establecido entre aquellas dos con una diferencia de seis enlaces (Cuenca y Valencia).
- Entre 11 y 25: Ciudades con una situación intermedia, que cuentan con diferencias de seis enlaces entre los extremos de los umbrales superior e inferior, como por ejemplo Gerona.
- Entre 6 y 10: Se encuadran en esta categoría ciudades con escasos enlaces pero que se sitúan en corredores conectados a Madrid, directa (línea de alta velocidad a Levante) o indirectamente (conexión Zaragoza-Huesca).

Mapa 31. Jerarquía de nodos por número de enlaces



Fuente: Elaboración propia

- Hasta 5: Son las ciudades peor conectadas, pertenecientes a corredores inacabados (línea Madrid-Galicia).

Se han destacado en tono gris las provincias que cuentan con al menos una estación de alta velocidad, respecto del resto. Esta diferenciación también ha sido incluida en otros mapas.

A continuación se incluyen los resultados obtenidos para los índices de conectividad referidos, tanto para España como para el resto de redes consideradas, al objeto de establecer un análisis comparativo entre ellas.

Previo al análisis de los índices hay que cuantificar el número de arcos y de nodos que poseen cada una de las redes.

Tabla 45. Relación de arcos y nodos de las redes de alta velocidad consideradas (2014)

ELEMENTO	España		Japón	Francia	Alemania	Italia	China
	Todos los arcos	Arcos directos					
Nº arcos	50	29	17	18	27	7	46
Nº nodos	31		18	20	33	8	46

Fuente: Elaboración propia

A la vista de la Tabla número 45, se observa que la red china es la más extensa, seguida por la alemana y española. Francia y Japón se sitúan en nivel intermedio, mientras la de Italia es notablemente menor.

Con los arcos y nodos que han resultado, los índices de conectividad arrojan los siguientes valores reseñados en la Tabla número 46:

Tabla 46. Resultados de los índices de conectividad

PAÍS	ÍNDICES DE CONECTIVIDAD			
	BETA	GAMMA	ALFA	Nº CICLOMÁTICO
España (total arcos)	1,61	10,75	35,09	20
España (arcos directos)	0,94	6,24	-1,75	-1
Japón	0,94	11,11	0,00	0
Francia	0,90	9,47	-2,86	-1
Alemania	0,82	5,11	-8,20	-5
Italia	0,88	25,00	0,00	0
China	1,00	4,44	1,15	1

Fuente: Elaboración propia

El índice Beta, el de formulación más simple, ofrece unos valores relativamente similares, a excepción de España (cuantificando la totalidad de arcos de la red). El resto de valores se sitúan en torno a la unidad.

Si el número de arcos es inferior (en 1) al número de nodos (como es el caso de Japón e Italia), puede entenderse que la red tiene forma de árbol. Cada par de nodos está conectado por un único arco. Si el número de arcos es menor (al menos en 2) que el número de nodos, significa que hay fragmentación de red y que existen subgrafos.

Es el caso de Alemania, como ejemplo. Este país cuenta con varios corredores, especialmente longitudinales, cuyas conexiones en alta velocidad son discontinuas, o bien, inexistentes. De igual forma, España también cuenta con un subgrafo: el corredor

gallego, a la espera de la puesta en servicio completa de la línea Madrid-Galicia, así como Francia con la línea LGV Rhin-Rhône.

El índice Gamma nos muestra cómo todos los valores están más próximos a 0 que a 100, lo que significa que dichas redes poseen escasa conectividad. No obstante, el valor 100 resulta poco menos que utópico, inviable e incluso innecesario. Significaría que todos los nodos están conectados con los demás de forma directa.

Sirva como ejemplo el caso de España. Aun considerando los 21 arcos no consecutivos (caso de los pares de nodos Ciudad Real-Cuenca, Madrid-Málaga, Zaragoza-Tarragona, entre otros muchos), el valor sólo sube de 6,24 % a 10,75 %.

Respecto al índice Alfa, los resultados corroboran los anteriores: Japón e Italia, con valor 0, lo que implica que son redes poco desarrolladas a nivel de dibujo estructural. Pero eso no significa que no tengan un planteamiento lógico. De hecho, dadas las características físicas de ambos países, lo usual es que la red tenga forma de corredor único.

De igual manera, Alemania, Francia y España (considerando sólo los nodos consecutivos) arrojan cifras negativas. Esto es debido a la existencia de subgrafos. Como ya se apuntó Francia y España no presentan una red continua, ya que existen dos líneas de alta velocidad no conectadas al resto. Es decir, existe conexión pero por trazados que, en la actualidad, se realizan por vía convencional. Respecto a Alemania, se advierten ciertas diferencias de velocidad según los trazados (ver anexo número 4), dependiendo de si están destinados al tráfico mixto o bien en exclusiva a viajeros, lo que repercute a su vez en la discriminación de los corredores a la hora de representarlos cartográficamente, según hayan sido diseñados para la alta velocidad o no.

China ofrece un valor levemente positivo, hay nodos a los cuales es posible llegar desde otros nodos. Por ejemplo, las ciudades de Tianjin, Wuhan, Nanjing o Guangzhou, entre otras varias.

Partiendo de esta lógica, el valor más positivo es para España, considerando todos los enlaces.

Para finalizar con los índices de conectividad, se hará referencia al número ciclomático. Respecto al resto de índices, hay que decir que no aporta información nueva relevante. Las diferentes redes analizadas pueden agruparse del mismo modo. Es decir, Japón e Italia arrojan valores coherentes respecto a lo ya expuesto (valor 0). Alemania, Francia y España (nodos consecutivos) ofrecen valores negativos, como también sucedía en los anteriores. Por último, China y España (todos los nodos) ofrecen valores positivos, destacando especialmente éste último, puesto que las posibilidades de conexión son más amplias.

Aparte de la cuantificación del número de enlaces y del análisis comparativo de la conectividad en base a los anteriores índices, también se incluyen una serie de matrices donde quedan registradas las frecuencias para cada uno de los enlaces de la red nacional.

Más concretamente y como ya se ha indicado, se representa una primera matriz de frecuencias (general), en la cual aparecen todos los tipos de servicios ferroviarios que ofrecen conexión entre las ciudades que pertenecen a la red de alta velocidad, en el siguiente orden: el número de servicios AVE, Avant y AV City, resto de servicios diferentes a Alvia y en tercer lugar los servicios en Alvia¹⁰⁹. Se expone en la Tabla número 47.

¹⁰⁹ Respecto a los Alvia, se incluyen en categoría aparte al poder circular con velocidades de hasta 250 km/h y por ambos anchos de vía. En cuanto al resto de trenes no Alvia, hago referencia a los siguientes: Media Distancia (MD), Regional, Regional Express, TRD (Tren Regional Diesel), Trenhotel, TALGO, Altaria, Alaris, Intercity, Arco y Euromed. Éste último puede circular a velocidades de hasta 220 km/h, pero lo hace en trayectos de ancho ibérico. Por tanto, no se consideran los trayectos mediterráneos en este tren al discurrir por trayectos no pertenecientes a la red de alta velocidad.

La segunda de las matrices es más específica, representando únicamente las frecuencias de los servicios en alta velocidad para cada enlace.

El análisis ha sido semanal para cada par de nodos, mientras que el valor incluido es la media de cada semana (junio de 2014)¹¹⁰. Otras especificaciones a considerar son las siguientes:

- Las conexiones no son simétricas al 100 %. En determinados casos hay diferencias entre el trayecto de ida y el de vuelta debido a la existencia de transbordos y/o la distribución de servicios de la compañía.
- Al ser enlaces directos, se incluyen y cuantifican los viajes AVE-TGV en los trayectos Madrid-Barcelona, Madrid-Gerona y Madrid-Figueras.
- En color blanco, la mayoría, se representan los servicios que ofertan, al menos un tren de alta velocidad (de media) por trayecto y día. En color verde se incluyen aquellos que carecen de este servicio, pero cuentan con al menos un tren Alvia también por trayecto y día, o bien, otro tipo de tren encuadrado en la categoría "resto". En color amarillo se han destacado aquellos trayectos donde los servicios en Euromed cubren al menos parte de la frecuencia diaria. Los trenes que realizan este servicio recorren el corredor mediterráneo desde Barcelona a Alicante, pero no se desplazan por la misma infraestructura en todo el trayecto. Concretamente, entre la Ciudad Condal y Tarragona utilizan la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-Perpignan, mientras que desde Tarragona hasta Alicante se desplaza por el corredor mediterráneo, en ancho ibérico.
- Se ha integrado en una misma celda si en una determinada ciudad un tren de alta velocidad, un Alvia o bien otro diferente, realiza parada o no, aunque la estación de parada sea distinta. Por ejemplo, Villena cuenta con estación de alta velocidad y también con la estación preexistente. Ambas se hallan operativas, aunque ofertan distintos servicios.
- Cabe mencionar que Toledo posee enlaces con diversos destinos, para las fechas en las que se ha realizado la cuantificación, pero siempre previo paso por Madrid (Puerta de Atocha).

Hay que señalar que esta matriz ha sido de especial utilidad para la elaboración del apartado 7.4.3, alusivo a la cancelación de servicios ferroviarios, ya que nos permite obtener una visión bastante exacta de las tipologías de trenes que realizan parada en cada estación de alta velocidad así como sus frecuencias, para determinar las cuantías porcentuales de cada tipo de tren sobre el total.

A partir de esta matriz general de frecuencias se procede al siguiente paso: descartar todos los valores pertenecientes a trenes diferentes a alta velocidad. Es decir, los únicos que no se descartan son los AVE, Avant y AV City. Así, tras realizar este proceso de depuración, obtenemos la matriz de frecuencias en alta velocidad (Tabla número 48).

Además de incluir únicamente los valores de frecuencias en alta velocidad, se ha añadido la diferenciación cromática, para así detectar con mayor celeridad aquellos nodos con más tráfico de trenes. La transición es de tonos rojos a naranjas, amarillos y verdes, partiendo de frecuencias bajas y finalizando en las cifras más elevadas.

Los valores más altos, reseñados en verde más intenso corresponden a los enlaces entre ciudades principales del eje central de alta velocidad.

¹¹⁰ Periodo de análisis dos meses posterior al de la cuantificación de enlaces, si bien no se han detectado diferencias significativas en dicho lapso temporal.

Tabla 47. Matriz de frecuencias en la red española de alta velocidad

FRECUENCIAS TRENES EN CIUDADES AV	MADRID	TOLEDO	CUADRO REAL	PUERTOLLANO	VILL. CORDOBA	CORDOBA	SEVILLA	PUNTE GENIL	ANTEQUERA	MÁLAGA	GUADALAJARA	CALATAYUD	ZARAGOZA	LEIDA	TARRAGONA	BARCELONA	GIJONA	FIGUERAS	TARDIENTA	HUESCA	SEGOVIA	VALLADOLID	CUENCA	REQUENA-UTIEL	VALENCIA	ALBACETE	VILLENA	ALICANTE	A CORUÑA	SANTIAGO	OURENSE					
MADRID	17.00	20.31	20.21	3.01	25.44	19.13	4.00	4.40	14.00	4.40	6.53	6.53	20.30	3.10	10.21	25.21	8.00	8.00	1.10	2.00	12.56	12.17	3.51	4.00	19.52	7.32	5.02	8.02	-	-	-	-				
TOLEDO	17.00	-	2.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
CIUDAD REAL	19.32	1.00	-	25.31	3.01	16.22	3.02	6.00	6.20	7.00	-	-	4.00	4.00	4.00	4.00	-	-	-	-	0.01	2.00	-	2.00	2.00	0.20	-	-	-	-	-	-	-			
PUERTOLLANO	19.22	1.00	22.32	-	3.01	14.22	8.02	5.00	5.20	6.00	-	-	2.00	2.00	2.00	2.00	-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
VILL. CORDOBA	3.01	1.00	3.00	3.00	-	3.01	2.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
CORDOBA	26.44	2.00	13.22	11.22	3.01	-	28.83	12.00	13.40	17.00	1.00	1.00	5.00	4.00	4.10	4.10	-	-	-	-	-	0.01	2.00	-	2.10	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-		
SEVILLA	18.13	1.00	8.02	7.02	2.00	26.82	-	6.00	6.40	6.60	1.00	1.00	3.00	2.00	2.10	2.10	-	-	-	-	-	0.01	1.00	-	1.10	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-		
PUNTE GENIL	4.00	-	4.00	3.00	1.00	12.00	6.00	-	12.00	12.00	-	-	2.00	2.00	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ANTEQUERA	7.30	1.00	5.20	4.20	1.00	14.40	6.40	12.00	-	12.00	-	-	2.00	2.00	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MÁLAGA	12.00	1.00	5.00	4.00	1.00	19.00	6.50	12.00	15.00	-	-	-	2.00	2.00	2.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
GUADALAJARA	6.43	-	1.00	1.00	-	1.00	1.00	-	-	-	-	2.33	6.30	3.10	4.20	4.20	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CALATAYUD	6.33	-	1.00	1.00	-	1.00	1.00	-	-	-	2.33	-	10.50	3.10	3.20	4.10	2.00	2.00	1.10	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ZARAGOZA	19.30	1.00	5.00	3.00	-	5.00	3.00	2.00	2.00	2.00	6.30	10.50	-	14.48	14.48	22.48	6.00	6.00	1.30	1.60	-	-	-	-	0.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LEIDA	9.10	-	4.00	2.00	-	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	4.10	4.10	14.58	20.68	21.38	4.00	4.00	4.00	0.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TARRAGONA	19.21	-	4.00	2.00	-	4.10	2.10	2.00	2.00	2.00	4.20	4.20	14.58	22.68	22.42	4.00	4.00	4.00	-	-	-	0.01	0.01	-	0.161	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BARCELONA	29.21	1.00	4.00	2.00	-	4.10	2.10	2.00	2.00	2.00	4.20	4.20	23.48	22.39	24.45	21.24	21.00	-	-	-	-	0.01	0.01	-	0.171	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
GIJONA	8.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	3.00	7.00	6.00	6.00	22.23	20.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FIGUERAS	8.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	3.00	7.00	6.00	6.00	22.00	21.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TARDIENTA	1.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.10	1.10	1.30	0.30	-	-	-	-	-	1.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
HUESCA	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00	1.60	-	-	-	-	-	-	1.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SEGOVIA	10.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VALLADOLID	12.13	-	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	0.11	0.01	0.01	0.01	-	-	-	-	10.14	0.01	-	-	-	0.20	0.20	0.20	-	-	-	-	-	-	-	
CUENCA	9.32	-	2.00	2.00	-	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	-	0.11	0.01	0.01	-	-	-	-	8.14	0.10	-	3.00	3.00	0.10	0.20	0.20	0.20	-	-	-	-	-	-	
REQUENA-UTIEL	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.01	-	3.00	3.00	5.01	5.01	5.01	5.01	-	-	-	-	-	-	
VALENCIA	14.42	-	2.00	2.00	-	2.10	1.10	1.00	1.00	1.00	-	0.30	-	0.151	0.161	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	3.00	0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ALBACETE	7.32	-	0.20	-	-	0.10	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VILLENA	5.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.20	0.20	5.01	-	6.31	8.00	5.02	7.22	-	-	-	-	-	-	-	
ALICANTE	8.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.20	0.20	4.01	-	6.00	5.02	7.22	-	-	-	-	-	-	-	-	
A CORUÑA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	0.80	0.80	-	-	-	-	0.20	0.20	5.01	-	0.110	7.22	5.02	-	-	-	-	-	-	-	-	
SANTIAGO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
OURENSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

1.1.1 - AVE/Avant/AV City:
 Resto: Alvia
 Con servicio de AV
 Sin servicio de AV
 Euromed

Fuente: Elaboración propia a partir de www.renfe.com, 2014

Tabla 48. Matriz de frecuencias (servicios AVE, Avant y AV City) en la red española de alta velocidad

FRECUENCIA TAVs	MADRID	TOLEDO	CIUDAD REAL	PUERTOLLANO	WILL. CÓRDOBA	CÓRDOBA	SEVILLA	PUENTE GENIL	ANTEQUERA	MÁLAGA	GUADALAJARA	CALATAYUD	ZARAGOZA	LLEIDA	TARRAGONA	BARCELONA	GIRONA	FIGUERAS	TARDIENTA	HUESCA	SEGOVIA	VALLADOLID	CUENCA	REQUENA-UTIEL	VALENCIA	ALBACETE	VILLENA	ALICANTE	A CORUÑA	SANTIAGO	OURENSE
MADRID	17	2	2	2	3	25	19	4	4	14	6	6	20	9	10	25	8	1	2	2	2	2	4	4	4	1	5				
TOLEDO	17	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
CIUDAD REAL	19	1	25	3	16	9	6	6	7																						
PUERTOLLANO	19	1	22	3	14	8	5	5	6																						
WILL. CÓRDOBA	3	1	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
CÓRDOBA	26	2	13	11	3	28	12	13	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
SEVILLA	18	1	8	7	2	26	6	6	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
PUENTE GENIL	4	4	3	1	12	6	12	12	12																						
ANTEQUERA	7	1	5	4	1	14	6	12	12																						
MÁLAGA	12	1	5	4	1	19	6	12	15																						
GUADALAJARA	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
CALATAYUD	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ZARAGOZA	19	1	5	3	5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
LLEIDA	9	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TARRAGONA	10	4	2	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
BARCELONA	29	1	4	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
GIRONA	8																														
FIGUERAS	8																														
TARDIENTA	1																														
HUESCA	1																														
SEGOVIA	10																														
VALLADOLID	12																														
CUENCA	9		2	2	2	2	1	1	1	1																					
REQUENA-UTIEL	4																														
VALENCIA	14		2	2	2	2	1	1	1	1																					
ALBACETE	7																														
VILLENA	5																														
ALICANTE	8																														
A CORUÑA																															
SANTIAGO																															
OURENSE																															

Fuente: Elaboración propia a partir de www.renfe.com, 2014

Dentro de este amplio grupo de nodos, pueden diferenciarse entre aquellos que conectan grandes ciudades con Madrid (enlace con Barcelona, Zaragoza, Córdoba, Sevilla, así como con Ciudad Real y Puertollano) y aquellos arcos que conectan aglomeraciones también de cierta masa y próximas entre ellas como Córdoba-Sevilla, Lérida-Tarragona, Tarragona-Barcelona, Barcelona-Gerona, Gerona-Figueras o Ciudad Real-Puertollano.

Otro hecho a considerar es que con esta matriz se pone de manifiesto de nuevo el carácter radial de la red y la posición central de Madrid como nodo rector. Y es que, de todos los enlaces con los que cuenta la capital, sólo posee uno en color rojo (conexión con Tardienta) y muy escasos nodos con frecuencias menores a 5 (Puente Genil, Antequera, Requena-Utiel, Villanueva de Córdoba y Huesca), además del ya mencionado enlace con Tardienta. Barcelona, con masa demográfica similar, registra más valores bajos de frecuencias que Madrid debido a su posición periférica.

Fuera de las líneas de alta velocidad hacia la frontera francesa, Sevilla y Málaga, ningún corredor registra valores en tonos verdes. Es decir, las frecuencias en la línea de Levante, en la gallega y en el corredor Zaragoza-Huesca son mucho menores. Siempre con menos de diez trenes al día, a excepción del trayecto Segovia-Valladolid. Son las ramificaciones del eje central más el subgrafo gallego. Se trata así de una especie de sistema *hub and spoke*, aunque en este caso no se trata de uno o dos nodos principales sino de un eje dominante, en concreto el corredor diagonal central hacia donde se aportan los flujos provenientes de nodos secundarios y desde los que dichos flujos se dispersan hacia otros nodos de menor jerarquía.

La síntesis de la matriz de frecuencias en alta velocidad ofrece resultados agrupando en categorías los valores obtenidos, que se exponen en la Tabla número 49. Como es natural, los más altos son los menos comunes, con un 7,7 % del total, mientras que los más generalizados son los enlaces con frecuencias menores.

Tabla 49. Número de enlaces según frecuencias

FRECUENCIAS	Nº ENLACES	%
Entre 21 y 30	25	7,7
Entre 11 y 20	34	10,5
Entre 6 y 10	55	17,0
Entre 3 y 5	77	23,8
Entre 1 y 2	132	40,9
TOTAL	323	100

Fuente: Elaboración propia

Para las frecuencias más bajas, como indican García et al., 2011, puede tratarse de viajes entre nodos cercanos con una masa demográfica muy baja (por ejemplo Tardienta-Huesca), o bien de grandes ciudades muy alejadas entre sí, con una demanda potencial reducida que no justifica el establecimiento de una frecuencia más alta (por ejemplo Barcelona-Málaga).

En relación con las frecuencias y su clasificación anterior, a continuación se exponen dos gráficos de dispersión en los cuales se relacionan las variables de masa demográfica y distancia con la frecuencia media diaria para cada enlace, en ambos sentidos (Gráficos número 26 y 27). Los datos utilizados para su elaboración se incluyen en el Anexo número 7.

Llegados a ese punto, es importante el concepto de *slot*, el cual hace referencia a la frecuencia horaria asignada para la prestación de un servicio de transporte.

En relación a los diagramas, cada punto representa el número de *slots* existentes para cada enlace.

Se incluye además una línea de tendencia o línea de ajuste, que muestra la correlación entre ambas variables: frecuencia y masa demográfica o distancia, dependiendo del gráfico en cuestión. Fuera del área de trazado se incluyen los valores de la función resultante así como el coeficiente de determinación R^2 . El valor de R^2 , muy bajo, determina que las variables de masa y frecuencia son claramente independientes.

Se observa cómo el conjunto de puntos se organiza en torno a dos agrupaciones o nubes, con un carácter más vertical que horizontal.

La primera de ellas comprende todas aquellas relaciones cuyo sumatorio de masa demográfica se sitúa entre cero y tres millones aproximadamente y frecuencia concentrada entre uno y diez *slots* diarios de media. A partir de esa frecuencia, según se va ascendiendo los enlaces encuadrados en esta nube se van dispersando, es decir, existen pocos enlaces con altos *slots* y masas comprendidas en dicho intervalo.

La segunda nube agrupa a las relaciones cuya suma de masa se halla entre cinco y nueve millones y frecuencias más repartidas, desde los valores más próximos a cero hasta rebasar los cincuenta *slots* diarios. Es una nube con una distribución de puntos más regular, si bien sigue existiendo preponderancia en frecuencias bajas (en torno a diez servicios).

En cuanto a la línea de tendencia incluida, sigue una trayectoria lineal, valga la redundancia, y ascendente. La correlación es baja, como indican la función creada y el coeficiente de determinación, ya que la distribución de frecuencias y de masas demográficas es muy irregular.

Dentro de todos los enlaces objeto de estudio, se han representado mediante un triángulo algunos de ellos que pueden resultar de interés por resultar prototípicos de las diferentes tipologías de enlaces.

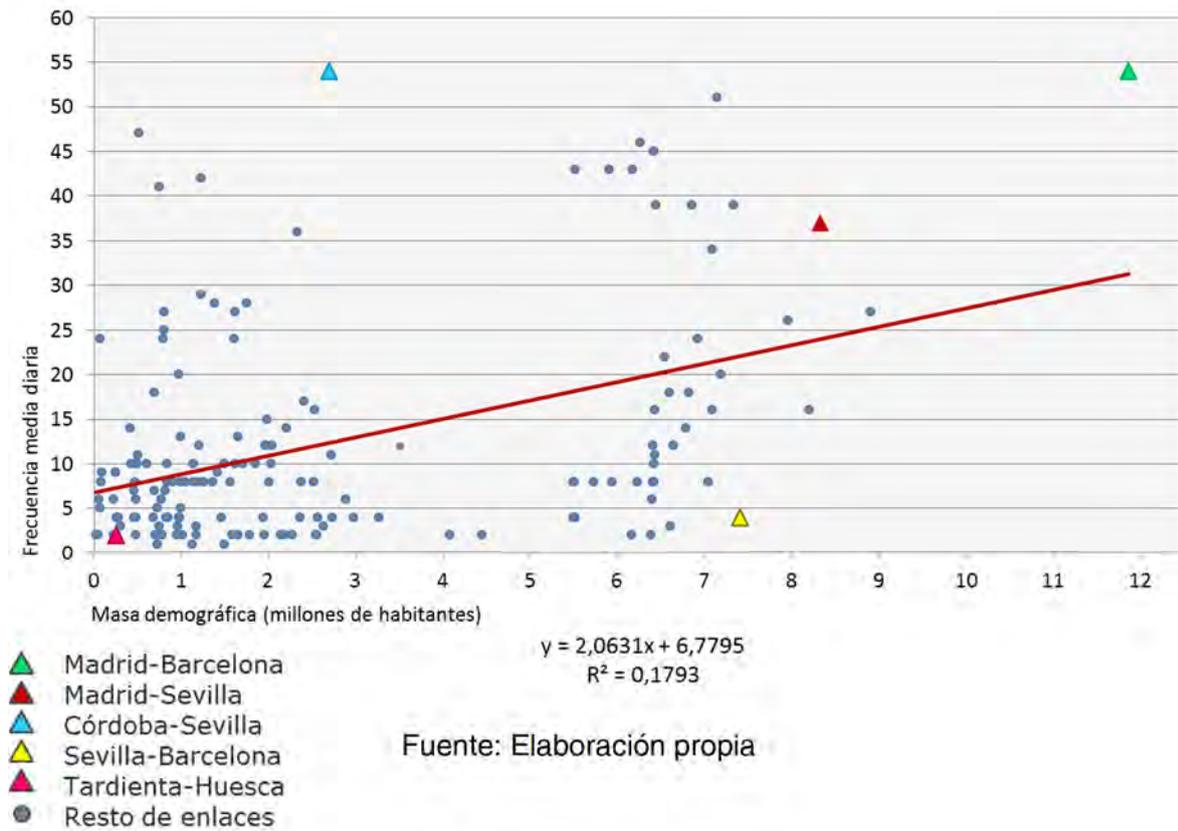
Siguiendo el criterio de masa demográfica, de mayor a menor (es decir, de derecha a izquierda) nos encontramos en primer lugar con la conexión Madrid-Barcelona. Este enlace, probablemente el más representativo de toda la red de alta velocidad ferroviaria española, no se encuadra, paradójicamente, en ninguna de las dos nubes de puntos referidas anteriormente. Se trata de una relación única dentro de la red, con un sumatorio de masas mayor a cualquier otro y unos *slots* también muy altos.

El siguiente enlace individualizado dentro del gráfico es Madrid-Sevilla. Los motivos esgrimidos para ello es que, por un lado, se trata de uno de las conexiones con mayor masa, con nodos separados por una distancia destacable dentro del ámbito de la alta velocidad (471 kilómetros) y, por otro, que es el primer trayecto en ser desarrollado y puesto en servicio en España. Pues bien, respecto a Madrid-Barcelona obviamente los valores de masa del Madrid-Sevilla son más bajos, al igual que los del resto de enlaces. Se halla sin embargo en tercer lugar tras Madrid-Valencia y con un número de *slots* superiores a éste, cerca de cuarenta. Así, queda encuadrado en la segunda nube de puntos comentada.

Tras Madrid-Barcelona y Madrid-Sevilla, se hará referencia a la otra combinación posible entre ellos, es decir, Sevilla-Barcelona. Respecto a masa se sitúa ligeramente por debajo del anterior, dada la menor población de la provincia de Barcelona respecto a la madrileña, lo que determina que este enlace también se encuadre dentro de la segunda nube de puntos. Sin embargo, existe una clarísima diferencia: las frecuencias medias diarias. Al tratarse de líneas de alta velocidad distintas (Madrid-Barcelona-Frontera francesa y Madrid-Sevilla), las conexiones entre líneas diferentes son menores que las producidas dentro de la misma, en la mayor parte de los casos. De este modo, pese a situarse dentro de la misma nube de puntos que el enlace anterior, Sevilla-Barcelona se halla muy cerca del eje de abscisas debido a que sólo se contabilizaron cuatro *slots* de media al día para ambos sentidos.

En cuarto lugar se hablará de la conexión Córdoba-Sevilla. Pese a figurar también Sevilla en este enlace, las características son diametralmente opuestas al ejemplo anterior. La suma de la población sigue siendo destacable (2,7 millones) si bien se encuentra claramente por debajo de las cifras de los dos principales nodos del país. No obstante, el dato más diferenciador es el relativo a la frecuencia. Entre ambas ciudades andaluzas circulan una media de 54 *slots* para ambos sentidos, el valor más alto de toda la red, compartido con Madrid-Barcelona. Estas cifras hacen que Córdoba-Sevilla se sitúe dentro de la primera nube de puntos, aunque apartada del área de mayor concentración de enlaces. Esto es debido tanto a su importante suma de población como, sobre todo, a sus altas frecuencias de servicio.

Gráfico 26. Relación entre masa demográfica y frecuencias medias diarias. Gráfico de dispersión



En último lugar se analiza la conexión Tardienta-Huesca. Las características de este enlace son totalmente distintas a la de los casos anteriores. La masa demográfica es muy baja, la menor de las cinco conexiones consideradas y una de las más bajas de toda la red. Los *slots* también son muy reducidos, más aún que Sevilla-Barcelona: sólo un tren de alta velocidad por cada sentido. De este modo, Tardienta-Huesca se sitúa en la parte inferior de la primera nube de puntos, muy próxima al comienzo de la línea de tendencia marcada.

En el Gráfico número 27 se relacionan distancias kilométricas y frecuencias medias diarias entre enlaces. También se incluyen la línea de tendencia, la función resultante y el coeficiente de determinación.

La función generada nos muestra cómo el valor de "y" es negativo y muy bajo respecto a "x". Existen valores redundantes, con gran número de enlaces en bajas frecuencias y, en determinados casos, inducidos también por la distancia. El valor de R^2 muestra también la independencia existente entre las dos variables utilizadas para este gráfico.

En cuanto a la disposición de los puntos, la línea de tendencia dibuja una trayectoria descendente, llegando a cortarse con el eje de abscisas muy cercano al valor máximo calculado para éste. Esta trayectoria nos permite esbozar una idea general de la distribución de la densidad de puntos en el gráfico, si bien es conveniente un análisis más pormenorizado de dicha distribución.

La mayor parte de los valores poseen un número bajo de *slots* (hasta diez). Desde esa cifra hacia arriba, el número de enlaces disminuye claramente, y sobre todo a partir de los 500 kilómetros de distancia: aparte de la conexión Madrid-Barcelona, sólo existen cuatro enlaces con más de diez *slots* y separados por una distancia mayor a dicha cifra. Todos ellos comunican con la capital: Madrid-Málaga, Madrid-Tarragona, Madrid-Gerona y Madrid-Figueras.

La mayor parte de los enlaces se sitúan, por tanto, en torno a 200-500 kilómetros y con unos *slots* no mayores a los veinte diarios (por ejemplo Cuenca-Valencia, Lérida-Figueras o Ciudad Real-Málaga).

Entre 0 y 200 kilómetros de distancia la dispersión de los puntos es mayor, desde frecuencias prácticamente nulas hasta más de cincuenta.

Al igual que en el gráfico de dispersión que relaciona masas demográficas con frecuencias, en este caso se han utilizado los mismos enlaces, para determinar posibles diferencias existentes según la variable tratada. Las conexiones seleccionadas son: Madrid-Barcelona, Madrid-Sevilla, Córdoba-Sevilla, Sevilla-Barcelona y Tardienta-Huesca.

El trayecto que puede considerarse más distintivo de la red española, Madrid-Barcelona, se halla separado del resto de puntos del gráfico, al igual que sucede con el caso anterior al relacionar masa con frecuencias. Así, es el enlace con unas frecuencias medias mayores (más de cincuenta trenes en ambos sentidos) que conecta nodos más alejados (664 kilómetros separan las dos ciudades).

Madrid-Sevilla se sitúa en la “periferia” de la nube de puntos, con una distancia menor al enlace anterior (471 kilómetros) y el número de *slots* también más reducido (cerca de cuarenta).

La conexión Córdoba-Sevilla se sitúa casi en el eje de ordenadas y es quizá el ejemplo más claro de enlace próximo y bien comunicado. La distancia existente es baja (127 kilómetros) y la frecuencia media diaria en ambos sentidos es de 54 trenes.

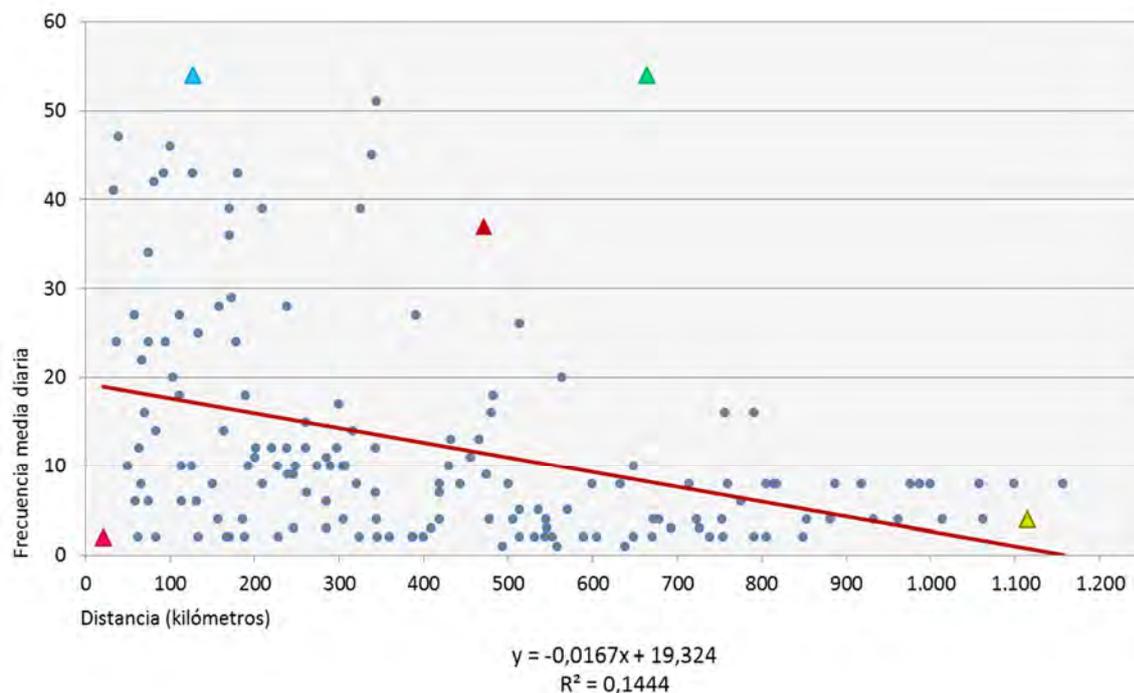
Sevilla-Barcelona, presenta una situación opuesta al enlace anterior, al igual que sucede en el gráfico de dispersión precedente. Si bien Córdoba-Sevilla es un ejemplo de enlace que ayuda a elevar la línea de tendencia en distancias cercanas, en este caso es un ejemplo claro de conexión a larga distancia y escaso número de *slots*. De hecho, la trayectoria de la línea de tendencia pasa justo por este punto. Es la segunda conexión más larga de toda la red (1.114 kilómetros).

Para finalizar, se hará referencia al trayecto Tardienta-Huesca. Este enlace es el más próximo de toda la red (21 kilómetros) y uno de los que presenta menores *slots*, con sólo un tren por sentido y día. De este modo, es el punto más cercano al origen de coordenadas ya que existen conexiones que, aunque una de las variables presente un valor muy similar, la otra es más elevada.

Por ejemplo, Gerona-Figueras o Ciudad Real-Puertollano están separados por una distancia equivalente (teniendo en cuenta que se trata de trenes de alta velocidad), pero la cifra de *slots* es notablemente superior. En estos casos, prevalece el criterio de masa demográfica sobre el de distancia para fijar las frecuencias medias diarias.

Al contrario, también existen conexiones con masa demográfica y frecuencias análogas pero no así la distancia. Es el caso de Puente Genil-Cuenca, Puertollano-Cuenca o Calatayud-Huesca. Estas conexiones están separadas por 553, 344 y 188 kilómetros respectivamente, y cubiertas por entre dos y cuatro *slots*.

Gráfico 27. Relación entre distancias y frecuencias medias diarias. Gráfico de dispersión



- ▲ Madrid-Barcelona
- ▲ Madrid-Sevilla
- ▲ Córdoba-Sevilla
- ▲ Sevilla-Barcelona
- ▲ Tardienta-Huesca
- Resto de enlaces

Fuente: Elaboración propia

5.2.3. Análisis de resultados de accesibilidad

El estudio de la accesibilidad comienza con la matriz de accesibilidad lineal (enlaces totales), que puede observarse en la Tabla número 50. Los valores son el resultado de la cuantificación de los arcos consecutivos necesarios para dirigirse de un nodo A a un nodo B. Es decir, no se cuentan los enlaces indirectos.

Por ejemplo, en el trayecto Madrid-Málaga, figura un valor de 7. Eso significa que hay que recorrer siete arcos consecutivos para ir de un nodo al otro, ya que es necesario cruzar los nodos intermedios de Ciudad Real, Puertollano, Villanueva de Córdoba, Córdoba, Puente Genil, Antequera más la propia Málaga.

Así, cuanto más excéntrico sea un nodo, más valores altos registrará, porque se situará lejano a un mayor número de nodos que si estuviera en el centro de la red. El hecho de que un nodo obtenga valores altos también puede significar que está conectado a otros situados a gran distancia. Es decir, no se trata de un nodo central pero sí de un nodo accesible.

Valladolid, por ejemplo, registra valores muy bajos y su posición es relativamente central, pero únicamente está conectado con Madrid y Segovia. Por el contrario, Málaga y Barcelona obtienen valores de hasta 12, pero es posible su comunicación entre ambas.

Para la segunda matriz incluida en este apartado de accesibilidad se han considerado únicamente los enlaces mínimos, siempre que sea posible. Corresponde a la Tabla número 51.

Por ejemplo para el caso anterior Madrid-Málaga, al rastrear la web de RENFE se comprueba que existen trenes AVE que realizan el trayecto directo, sin ninguna parada intermedia. Por tanto, para este par de nodos, en la matriz figura como valor un 1.

Una vez más el peso del nodo central de Madrid queda patente al proliferar valores 1 con diez nodos no consecutivos: Córdoba, Sevilla, Málaga, Calatayud, Zaragoza, Barcelona, Valladolid, Valencia, Albacete y Alicante. Otras ciudades que registran varias celdas de nodos no consecutivos con valor 1 son: Zaragoza (Madrid, Guadalajara, Tarragona, Barcelona y Ciudad Real), Córdoba (Madrid, Ciudad Real, Málaga y Guadalajara), Barcelona (Madrid, Zaragoza y Lérida), Ciudad Real (Córdoba, Zaragoza, Cuenca), etc.

De igual forma, todos esos datos pueden representarse cartográficamente. Observando el Mapa número 32 se identifican de modo esquemático las respectivas líneas de alta velocidad (coloreadas), así como otra serie de líneas rectas en tono gris y con menor grosor, que hacen referencia a los enlaces directos entre nodos no consecutivos.

Tabla 50. Matriz de medidas topológicas de accesibilidad (enlaces totales)

MATRIZ ENLACES TOTALES	MADRID	TOLEDO	CIUDAD REAL	PUERTOLLANO	VILL. CORDOBA	CÓRDOBA	SEVILLA	PUENTE GENIL	ANTEQUERA	MÁLAGA	GUADALAJARA	CALATAYUD	ZARAGOZA	LLEIDA	TARRAGONA	BARCELONA	GIRONA	FIGUERAS	TARDIENTA	HUESCA	SEGOVIA	VALLADOLID	CUENCA	REQUENA-UTIEL	VALENCIA	ALBACETE	VILLENA	ALICANTE	A CORUÑA	SANTIAGO	OURENSE																														
MADRID	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																														
TOLEDO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																														
CIUDAD REAL			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																													
PUERTOLLANO				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																												
VILL. CORDOBA					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																											
CÓRDOBA						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																										
SEVILLA							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																									
PUENTE GENIL								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																								
ANTEQUERA									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																							
MÁLAGA										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																						
GUADALAJARA											1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																					
CALATAYUD												1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																				
ZARAGOZA													1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																			
LLEIDA														1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																		
TARRAGONA															1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																	
BARCELONA																1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																
GIRONA																	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30															
FIGUERAS																		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30														
TARDIENTA																			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30													
HUESCA																				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30												
SEGOVIA																					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30											
VALLADOLID																						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30										
CUENCA																							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30									
REQUENA-UTIEL																								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30								
VALENCIA																									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30							
ALBACETE																										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30						
VILLENA																											1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					
ALICANTE																												1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
A CORUÑA																														1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
SANTIAGO																															1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
OURENSE																																1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

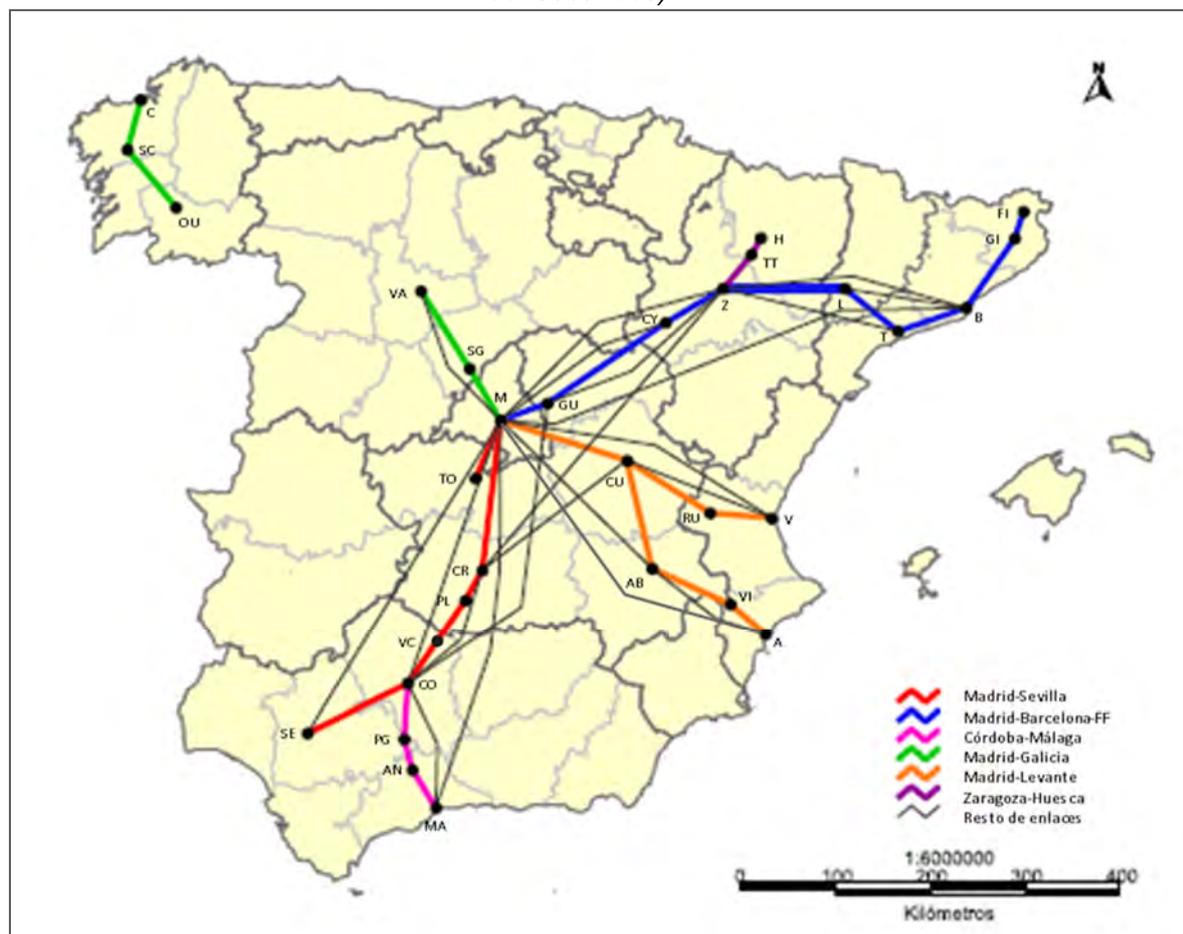
Fuente: Elaboración propia

Tabla 51. Matriz de medidas topológicas de accesibilidad (mínimos enlaces)

MATRIZ MÍNIMOS ENLACES	MADRID	TOLEDO	CIUDAD REAL	PUERTOLLANO	VILL. CORDOBA	CORDOBA	SEVILLA	PUENTE GENIL	ANTEQUERA	MÁLAGA	GUADALAJARA	CALATAYUD	ZARAGOZA	LLEIDA	TARRAGONA	BARCELONA	GIRONA	FIGUERAS	TARDIENTA	HUESCA	SEGOVIA	VALLADOLID	REQUENA-UTIEL	VALENCIA	ALBACETE	VILLENA	ALICANTE	A CORUÑA	SANTIAGO	OURENSE
MADRID	1	1	1	2	3	1	1	3	4	1	1	1	1	2	2	1	2	3	4	5	1	1	2	1	2	1				
TOLEDO	1	2	2	3	4	4	5	5	6	7																				
CIUDAD REAL	1	2	1	2	2	2	2	3	4														1	2						
PUERTOLLANO	2	3	1	1	1	2	2	3	4														2	3						
VILL. CORDOBA	3	4	2	1	1	2	2	3	4														3	4						
CORDOBA	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	3	4	5							3	4						
SEVILLA	1	4	2	2	2	1	1	2	3	4	2	3	3	4	5	6						4	5							
PUENTE GENIL	3	2	2	2	2	1	2	1	2													4	5							
ANTEQUERA	4	3	3	3	3	2	3	1	1													5	6							
MÁLAGA	1	4	4	4	4	1	4	2	1													6	7							
GUADALAJARA	1	1	1	2	2	1	2					1	1	2	2	3	5	6	3	4										
CALATAYUD	1	2	2	3	2	3	3				1	1	1	2	3	2	5	6	2	3										
ZARAGOZA	1	2	1	2	2	2	3	3	4	5	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2										
LLEIDA	2	2	2	3	3	4	4	4	5	6	2	2	1	1	1	1	2	3												
TARRAGONA	2	3	3	4	4	4	5	5	6	7	3	3	1	1	1	2	3													
BARCELONA	1	3	4	5	5	5	6	6	7	8	3	2	1	1	1	1	2													
GIRONA	2										5	5	2	2	2	1	1													
FIGUERAS	3										6	6	3	3	3	2	1													
TARDIENTA	4										3	2	1																	
HUESCA	5										4	3	2																	
SEGOVIA	1																					1								
VALLADOLID	1																					1								
REQUENA-UTIEL	1	1	1	2	3	4	4	4	5	6													1	1	1	2	3			
VALENCIA	1	2	2	3	4	4	5	5	6	7													1	1						
ALBACETE	1																													
VILLENA	2																													
ALACANT	1																													
A CORUÑA																														
SANTIAGO																														
OURENSE																														

Fuente: Elaboración propia

Mapa 32. Esquema de enlaces directos e indirectos (nodos consecutivos y no consecutivos)



Fuente: Elaboración propia

En el Mapa número 33 figuran todos los arcos que conforman la red (cincuenta). Los arcos consecutivos (representados según el color correspondiente a cada línea), suman un total de veintinueve, mientras que los nodos no consecutivos son veintiuno.

Una vez cuantificados el número de arcos y nodos, necesarios para la realización del análisis de conectividad, también se utilizan para la elaboración de los índices de König y Shimbel.

El índice de König ya ha sido incluido al representar las matrices de accesibilidad. El valor máximo es el número más alto que aparece en cada fila de la matriz de accesibilidad lineal, o sea, el valor más elevado que registra cada nodo tras cruzarlo con el resto de nodos con los que se conecta. Por su parte, el valor mínimo es idéntico al anterior pero referido en la matriz de mínimos enlaces.

Si el número máximo es mayor al mínimo, implica que existen trayectos que no realizan paradas intermedias, o no todas, entre dos nodos no consecutivos. Pero hay otros que registran los mismos valores para ambas columnas (Calatayud, Huesca, Segovia, etc.), lo que indica que todos los trenes que cubren ese servicio efectúan parada en todas las estaciones intermedias. Por ejemplo, el AVE Madrid-Huesca, realiza siempre parada en Guadalajara, Calatayud, Zaragoza y Tardienta. Dichos valores obtenidos para cada nodo se representan de modo sintético en la Tabla número 52, en las dos columnas reservadas para este índice.

El índice de Shimbel resulta de la suma de todos los arcos que separa a un nodo de los restantes por el camino más corto. Para ello se han empleado los valores de la matriz de accesibilidad con mínimos enlaces.

En principio, los valores más bajos son los más accesibles, pero es un hecho relativo porque en muchos casos se da la misma situación que sucede con las matrices de accesibilidad. Madrid tiene un valor de 98, más alto que muchos otros nodos, pero es más accesible porque posee más conexiones que Calatayud, por ejemplo, con un valor de 67. Por ello, los valores más elevados corresponden a la mayor parte de los nodos más excéntricos (Málaga, Antequera y Barcelona).

Para corroborar la afirmación anterior se ha añadido en esa misma tabla una columna que indica los valores medios del índice de Shimbél para cada nodo. Observando el nodo central, Madrid registra uno de los valores más bajos.

Los resultados del índice Omega muestran cambios debidos a que fundamentalmente existen nodos más conectados que otros, con independencia de su centralidad o perifericidad, unos con relativa posición central (geográfica), pero con menos conexiones que otros con una localización más periférica originando así ciertas distorsiones, con un número inferior en Segovia o Guadalajara que Sevilla o Barcelona.

Tabla 52. Resultados de los índices de accesibilidad

NODO	KÖNIG (máx.)	KÖNIG (mín.)	SHIMBEL	LONG. MEDIA	OMEGA
Madrid	8	5	98	1,8148148	74,015748
Toledo	8	7	79	3,4347826	59,055118
Ciudad Real	7	4	65	2,0312500	48,031496
Puertollano	8	5	81	2,5312500	60,629921
Vill. Córdoba	4	4	44	2,4444444	31,496063
Córdoba	9	5	72	2,1176471	53,543307
Sevilla	10	6	107	3,1470588	81,102362
Puente Genil	10	6	89	3,0689655	66,929134
Antequera	11	7	115	3,8333333	87,401575
Málaga	12	8	131	4,3666667	100,000000
Guadalajara	7	6	65	2,5000000	48,031496
Calatayud	6	6	67	2,5769231	49,606299
Zaragoza	9	5	72	2,0000000	53,543307
Lérida	10	6	85	2,7419355	63,779528
Tarragona	11	7	102	3,2903226	77,165354
Barcelona	12	8	114	3,5625000	86,614173
Gerona	7	5	40	2,5000000	28,346457
Figueras	8	6	54	3,3750000	39,370079
Tardienta	4	4	22	2,2000000	14,173228
Huesca	5	5	30	3,0000000	20,472441
Segovia	1	1	4	1,0000000	0,000000
Valladolid	2	1	4	1,0000000	0,000000

Cuenca	7	6	68	2,6153846	50,393701
Requena-Utiel	2	2	8	1,3333333	3,149606
Valencia	9	7	70	3,5000000	51,968504
Albacete	2	1	8	1,0000000	3,149606
Villena	3	2	12	1,5000000	6,299213
Alicante	4	3	14	1,7500000	6,299213
La Coruña	2	2	6	1,5000000	1,574803
Santiago	1	1	4	1,0000000	0,000000
Orense	2	2	6	1,5000000	1,574803
ÍNDICE DISPERSIÓN					1736,00
ÍNDICE ACCESIBILIDAD MEDIA					56,0

Fuente: Elaboración propia

Como ya se ha indicado, los valores más elevados en teoría son los de los nodos menos accesibles y a la vez más excéntricos. Pero para este análisis no es exactamente de ese modo en líneas generales. Es importante observar cómo los valores más altos corresponden con los nodos más excéntricos de la red (como Málaga y Barcelona), pero pertenecen al corredor principal de alta velocidad, por tanto, están comunicados con un mayor número de nodos que otros en principio más accesibles como Cuenca.

Nodos menos accesibles se encuentran por ejemplo en la línea Zaragoza-Huesca, ya que es un ramal sólo comunicado con la capital aragonesa. Igualmente, el ramal levantino hacia Alicante también posee valores muy bajos, por tanto también resulta poco accesible.

Para descartar valores menos relevantes a nivel de red, se han incluido los datos de los índices Shimbél y Omega del cuadro anterior, ordenados por la media, de menor a mayor y filtrando los nodos. Concretamente, se han descartado aquellos que tienen un número de enlaces menor o igual a diez, es decir, la mayor parte de los nodos no pertenecientes al corredor principal, exceptuando Cuenca y Valencia. Los resultados aparecen en la Tabla número 53.

Para el índice Shimbél nuevamente vuelve a aparecer Madrid como el núcleo vertebrador de la red, al ser el nodo que está comunicado con más de diez enlaces registrando una media menor para el índice de Shimbél. Es el único cuyo valor es menor de dos. En el extremo opuesto, se sitúan otra vez los nodos más periféricos: Málaga, Antequera y Barcelona.

Gerona y Figueras, pese a ser nodos más excéntricos que Barcelona, registran menor media que ésta porque están conectados a un número inferior de nodos. En este caso, no obstante, es más positivo el dato de Barcelona porque su accesibilidad es mayor, aunque la media de Shimbél registrada sea también superior.

Para el índice Omega la situación es similar a lo registrado por Gerona y Figueras en el índice Shimbél. Estos nodos, junto con Villanueva de Córdoba, son los tres que registran un valor más bajo (menos accesibles), al contrario que Málaga o Barcelona. Estos últimos, pese a su situación periférica, están comunicados con buena parte de la red. Eso implica un índice de Shimbél más alto, ya que tienen más enlaces; aunque su accesibilidad es mayor que por ejemplo Puertollano, con posición más central.

La situación del resto de corredores es menos positiva, siempre y cuando no entren en servicio los tramos pendientes, por ejemplo en la línea Madrid-Galicia. Segovia, por ejemplo, tiene unos índices muy bajos por su situación central, pero sólo tiene conexión

con Valladolid y Madrid. Es decir, es accesible por su situación central pero no por su capacidad de acceso a la totalidad de la red de alta velocidad.

Respecto al Índice de Dispersión, con un valor de 1.736, denota una escasa accesibilidad, en el sentido de que la interconexión entre nodos es pequeña, resaltando el papel de Madrid como nodo central. Aparte de ésta, sólo Cuenca, Córdoba y Zaragoza actúan como nodos que interconectan varios arcos.

En cuanto al IAM o Índice de Accesibilidad Media, cuyo valor es de 56, en principio los valores superiores poseen accesibilidad más baja que la media, y viceversa. Pero se vuelve a lo afirmado en casos anteriores. Por no poner siempre el ejemplo de Madrid, se puede analizar el de Tarragona. Esta ciudad registra un valor de 72, por tanto, se sitúa por encima del IAM, mientras que Segovia arroja una cifra mucho menor, 4. Pero no por ello es más accesible que la ciudad catalana. Sí lo es, por proximidad, respecto al nodo central; pero las opciones de conexión con el resto de la red son mucho más bajas.

Tabla 53. Valores de los índices Shimbél y Omega para nodos con más de diez enlaces

NODO	SHIMBEL	LONG. MEDIA	NODO	OMEGA
Madrid	98	1,81	Gerona	28,35
Zaragoza	72	2,00	Vill. Córdoba	31,50
Ciudad Real	65	2,03	Figueras	39,37
Córdoba	72	2,12	Ciudad Real	48,03
Vill. Córdoba	44	2,44	Guadalajara	48,03
Guadalajara	65	2,50	Calatayud	49,61
Gerona	40	2,50	Cuenca	50,39
Puertollano	81	2,53	Valencia	51,97
Calatayud	67	2,58	Zaragoza	53,54
Cuenca	68	2,62	Córdoba	53,54
Lérida	85	2,74	Toledo	59,06
Puente Genil	89	3,07	Puertollano	60,63
Sevilla	107	3,15	Lérida	63,78
Tarragona	102	3,29	Puente Genil	66,93
Figueras	54	3,38	Madrid	74,02
Toledo	79	3,43	Tarragona	77,17
Valencia	70	3,50	Sevilla	81,10
Barcelona	114	3,56	Barcelona	86,61
Antequera	115	3,83	Antequera	87,40
Málaga	131	4,37	Málaga	100,00

Fuente: Elaboración propia

A partir de esta tabla, se han seleccionado los valores referentes a la media del índice de Shimmel de cada nodo para su representación cartográfica. Como ya se indicó, dichas cifras hacen referencia al número medio de arcos que deben emplearse de media en un desplazamiento desde cada uno de los nodos al resto de aquellos con los que está conectado.

Descartando los nodos con un número de conexiones menor o igual a diez se logra una mayor precisión en la idea fundamental que pretende expresarse: el papel del nodo de Madrid como centro neurálgico de la red de alta velocidad ferroviaria. Concretamente, los nodos desechados para este análisis han sido: Segovia, Valladolid, Tardienta, Huesca, Toledo, Albacete, Requena-Utiel, Alicante, La Coruña, Santiago y Orense.

A la vista del Mapa número 33, se observa cómo los valores de los nodos más centrales son los que presentan una cifra media más reducida, y viceversa, en sentido general. El valor medio más bajo puede deberse a dos motivos: el primero, que dicho nodo esté conectado a un gran número de nodos. El segundo, aunque no es incompatible con el anterior, que las respectivas conexiones con las que cuenta ese determinado nodo son consecutivas o bien próximas aunque no seguidas.

De este modo, queda resaltada la preponderancia de la capital como centro de la red, y cómo el valor medio evoluciona ascendentemente según aumenta la perifericidad. Se trata por tanto de la misma idea señalada, para destacar el desequilibrio entre el centro de la red y los nodos más excéntricos.

Aunque ya se hizo referencia a ella en el análisis de conectividad, conviene señalar también la importancia de la frecuencia a la hora de valorar la accesibilidad.

La realización de matrices de frecuencias no es condición *sine qua non* para el análisis de accesibilidad, sin embargo aportan información complementaria de los servicios ofertados, de tal forma que existe una relación directamente proporcional entre las frecuencias ofertadas para un servicio A-B y su accesibilidad. Así pues, la matriz de frecuencias de alta velocidad, ya expuesta, lleva al objetivo de determinar la accesibilidad de cada nodo, teniendo en cuenta las frecuencias con las que está conectado al resto de nodos de la red.

Es importante señalar el papel de los enlaces con mayores frecuencias sobre los demás, al incrementar la accesibilidad de las ciudades con más masa demográfica, pudiendo satisfacer de esta forma las necesidades de transporte de una superior demanda potencial de viajeros.

En el Mapa número 34 se muestra gráficamente los datos representados en dicha matriz de frecuencias. La polarización de resultados que se representa en la matriz a través de la diferenciación cromática, equivale a la diferencia de grosor de las líneas azules de esta cartografía.

Se observa claramente la dominancia de *slots* en el eje central noreste-suroeste y dentro de éste, en torno a arcos o grupos de arcos más localizados: desde Madrid a Ciudad Real, Córdoba-Sevilla y Lérida-Figueras, con arcos intermedios de menor grosor, que representan frecuencias más bajas (nodos de Guadalajara, Calatayud, Villanueva de Córdoba, junto al corredor Zaragoza-Huesca).

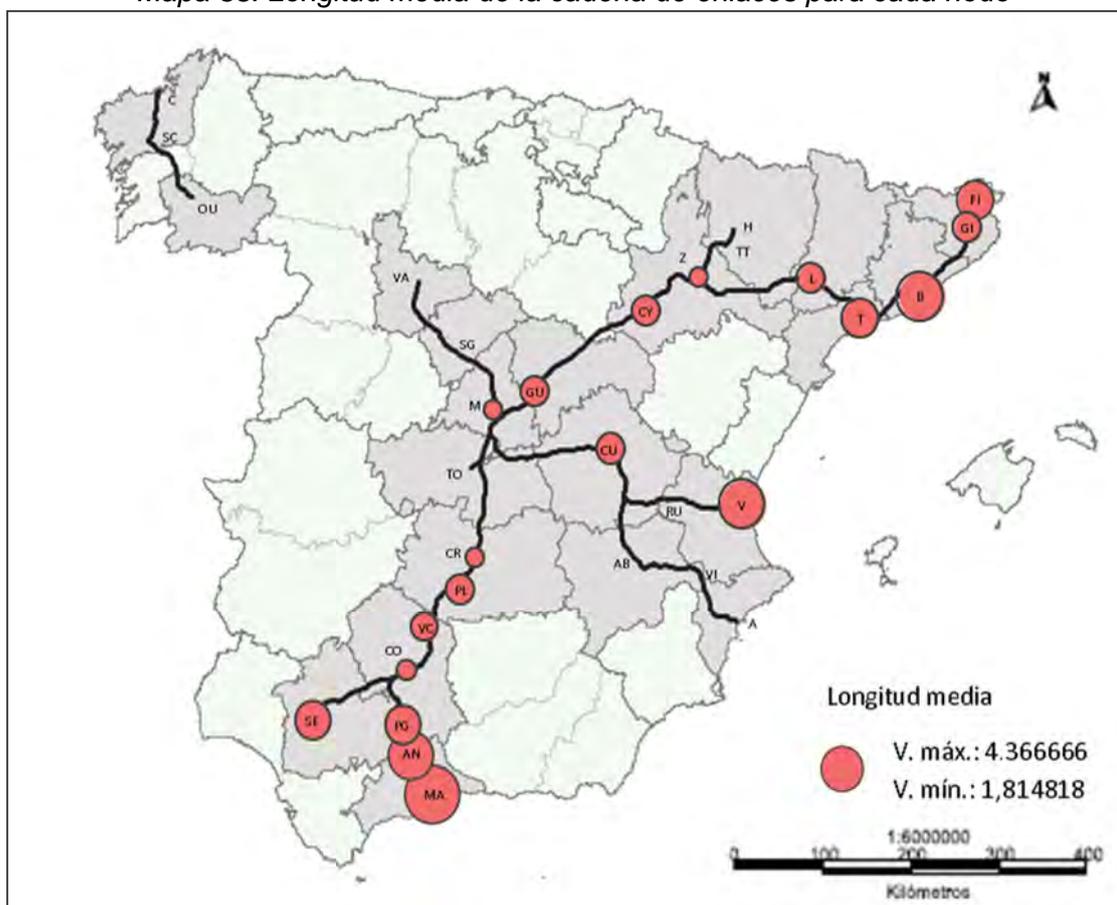
También poseen grosores inferiores los arcos de las líneas de alta velocidad Madrid-Levante y Madrid-Galicia, no tanto el corredor Madrid-Valladolid sino sobre todo el que discurre por la comunidad gallega.

Como causas posibles para la línea Madrid-Levante podrían entenderse la previsión de una demanda menor a la existente en el eje central o bien la consecución de un índice de ocupación superior al de otras líneas. Como se indicará en el capítulo 7, al analizar la demanda potencial de cada enlace en base a la aplicación de un modelo gravitatorio, el tráfico de la ruta Madrid-Valencia se sitúa en tercer lugar a nivel global de la red

española, mientras que el enlace Madrid-Alicante se halla en sexta posición, con unas cifras inferiores al millón de viajeros anuales. Se espera que el tráfico se consolide y las frecuencias puedan aumentar sin que ello disminuya el índice de ocupación, a través de la incentivación a la movilidad en alta velocidad a partir de la aplicación de una política tarifaria basada en el aumento de los descuentos y promociones especiales.

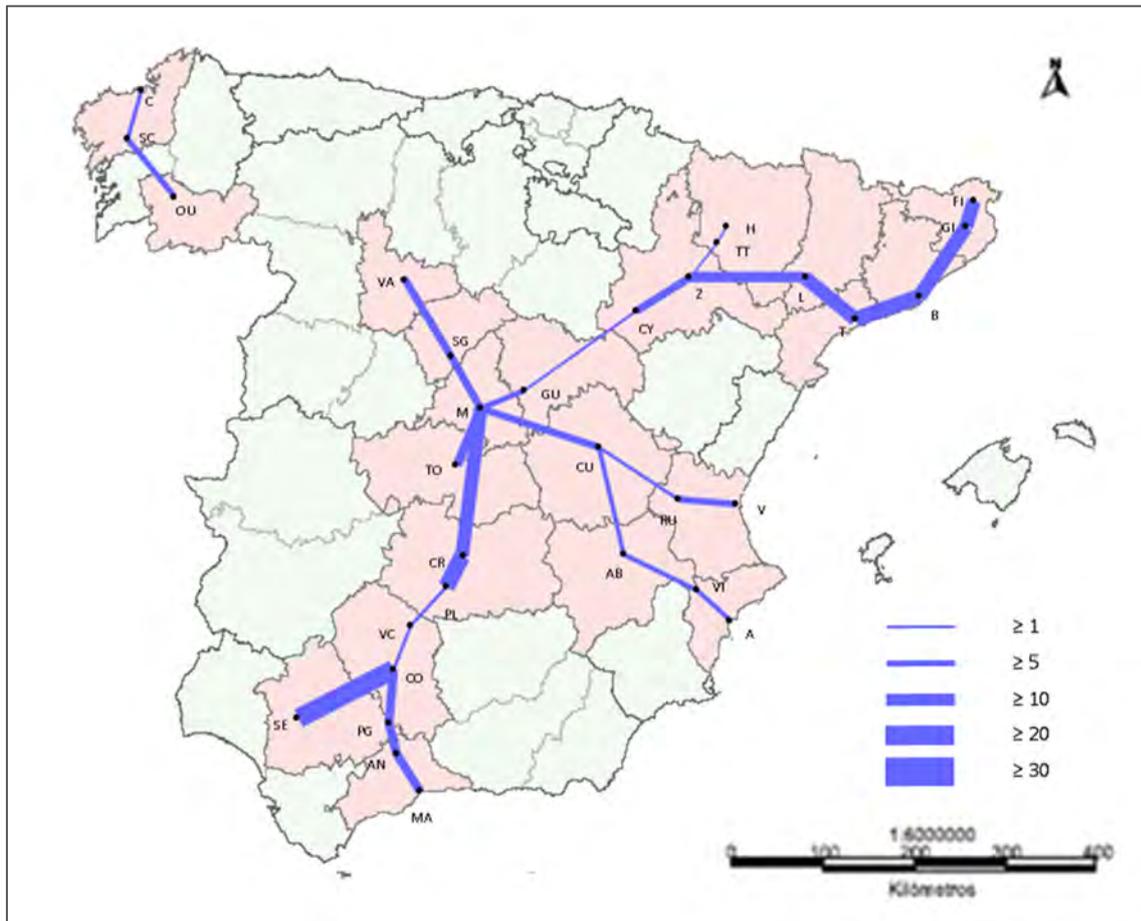
Respecto a la ruta gallega, al estar separada del resto de la red de alta velocidad española y la utilización de trenes convencionales para las conexiones con el centro peninsular, la duración del viaje es mayor (algo más de seis horas para el trayecto más rápido entre Madrid y La Coruña) que si se realizara íntegramente en alta velocidad. El corredor La Coruña-Orense posee de la misma forma escasa frecuencia porque la demanda real es baja, no apareciendo entre las principales rutas en el Observatorio del Ferrocarril 2013.

Mapa 33. Longitud media de la cadena de enlaces para cada nodo



Fuente: Elaboración propia

Mapa 34. Frecuencias medias en alta velocidad por corredores



Fuente: Elaboración propia

5.3. CONCLUSIONES

Un sistema de transporte puede entenderse como la suma de redes de transporte a distintas escalas. Se trata de un espacio transfronterizo, compacto, competitivo y heterogéneo.

Dichas redes poseen una gran influencia en la accesibilidad y la articulación de un determinado territorio. Son la expresión y consecuencia de las interrelaciones con los sistemas socioeconómicos, pero también con el poder político, la población, la cultura, la tecnología, el empleo, etc. De esta manera, se concentran en los grandes "archipiélagos metropolitanos" e incluso se prevé factible la inclusión a futuro en este grupo de India, Indonesia o países de Oriente Medio.

Las redes son heterogéneas en cuanto a su distribución y también en cuanto a sus características, de tal forma que no existe un modelo único y general, sino que presentan una configuración variable. Su estructura determinará la mayor o menor capacidad de generar sinergias. Las redes más desarrolladas son denominadas "sistemas en red", y hacen referencia a los modelos sectoriales de transporte (aéreo, marítimo, ferroviario, etc.)

Aparte de la red, y siguiendo a Antón, existen otros elementos conformantes de los sistemas de transporte, como son la infraestructura, el nodo o *hub*, el balance energético y la gestión.

El aumento de la influencia de los poderes económico y político ha ampliado las relaciones interterritoriales, lo que ha posibilitado el incremento exponencial de las redes

de transporte y en consecuencia la transformación del concepto de espacio.

En este escenario de crecimiento del transporte una infraestructura se convierte en el factor de atracción de industrias y servicios, y debe entenderse no a nivel individual sino como parte integrante y articuladora de este nuevo espacio: el espacio en red.

Respecto a los nodos, asumen un rol específico en una estructura jerarquizada e interdependiente. Resulta primordial su determinación, localización, tipo, gestión y el papel social que desempeñan, ya que estos factores influyen en la generación de modelos de localización espacial.

Un sistema jerárquico que puede destacarse es el *hub and spoke*, con relaciones de aporte y dispersión de flujos entre nodos secundarios a un nodo dominante o *hub*, desde donde se direcciona el flujo resultante a otro nodo dominante para finalmente dispersar este sumatorio de flujos en nodos secundarios de menor nivel. Otros tipos de redes señaladas son las denominadas “punto a punto”, las redes de ámbito regional y por último las mini-redes, en concreto las de distribución.

Entender el sistema de transporte como un “todo” global también debe aplicarse a los dos elementos restantes que lo conforman: el balance energético y la gestión.

Sobre el primero de ellos hay que considerar tanto los recursos como los materiales tangibles (por ejemplo el material móvil) e intangibles (caso de la imagen de marca y su valoración).

En cuanto a la gestión, el conjunto de factores que tienen influencia sobre ésta aumenta. Ya no sólo se trata de cuestiones relacionadas con la explotación o el mantenimiento, también hay que considerar los actores intervinientes a nivel económico, político y social. Las políticas que se lleven a cabo en este sentido pueden ocasionar diferentes impactos socioeconómicos y territoriales derivados de la toma de decisiones, con influencia en el grado de eficacia de la red de transporte.

Una forma muy útil de representar una realidad territorial es a través de la topología. Las unidades urbanas son elementos dinámicos que generan flujos de desplazamiento, los cuales se materializan en redes.

En este sentido la Teoría de Grafos resulta muy válida pues permite abstraer y representar simplificada la realidad de la red española de alta velocidad ferroviaria, con nodos y arcos, grafos y subgrafos. Se han aplicado índices para determinar sus características respecto a la conectividad y accesibilidad, además de posibilitar su comparación con otras redes análogas seleccionadas. Se han utilizado además matrices, gráficos de dispersión y cartografía, como técnicas para la expresión gráfica de los resultados.

El empleo de estos planteamientos teóricos se halla también muy relacionado con buena parte de las hipótesis planteadas en esta tesis, pues permiten estudiar la evolución de la red, la influencia de las diferentes administraciones en cuanto a la ubicación de arcos y nodos, la canalización y el dinamismo de los flujos, así como los efectos que puede producir su crecimiento respecto a los valores de conectividad y accesibilidad obtenidos.

Los resultados cosechados a nivel de conectividad para la red española, muestran que la importancia relativa de cada nodo desde una perspectiva jerárquica depende más del número de destinos al que esté enlazado, que de su situación geográfica dentro de la red.

Dentro de ésta existe un eje central suroeste-noreste, con diferentes ramales que configuran el grafo principal y existe por otro lado el subgrafo gallego, formado por tres estaciones conectadas entre sí de modo lineal.

El nodo rector es Madrid, ya que en él confluyen el factor centralidad junto a alta conectividad y accesibilidad. Madrid conecta con todos los nodos del grafo principal con frecuencias iguales o superiores a cinco trenes diarios por sentido en prácticamente la totalidad de enlaces.

Dentro del eje principal existen conexiones también entre nodos de diferentes líneas, con la construcción de los by-pass de Perales del Río y Torrejón de Velasco, que permiten evitar el paso por la capital para este tipo de desplazamientos.

Existen trayectos también directos entre nodos no consecutivos, sean de la misma línea o no, gracias a la puesta en servicio de dichos by-pass. De esta manera se incrementa el número de arcos de la red, enriqueciendo el grafo al no constar sólo de arcos entre nodos consecutivos.

Una dificultad que se ha encontrado se refiere a la propia dinámica de la red, donde tanto el número de enlaces como de frecuencias es cambiante. Respecto a las conexiones, caso paradigmático es el de Toledo. Al principio de su puesta en funcionamiento, sólo contaba con conexión a Madrid. Durante el periodo de rastreo (marzo-abril de 2014) presentaba conexión con un mayor número de enlaces, incluyendo comunicación con nodos de la línea Madrid-Barcelona-Frontera francesa. Posteriormente sus posibilidades de enlace fueron reducidas a la situación inicial debido a la baja demanda.

En cuanto a las frecuencias, son distintas según días, por tanto, se tomó la decisión de escoger varias semanas diferentes y hacer una media de los *s/ots* existentes.

Se ha comprobado que las mayores frecuencias se obtienen dentro del eje central del grafo. A nivel de nodos, las frecuencias más bajas son las más comunes, refiriéndose o bien a conexiones entre nodos cercanos, pero no consecutivos y con escasa población, o bien a otros enlaces donde la masa es mayor pero la distancia es muy notable, en determinados casos superior a los mil kilómetros.

La preponderancia de las frecuencias bajas también aparece reflejada en los gráficos de dispersión. Existe una gran independencia entre la frecuencia y las variables de masa demográfica y distancia, y una baja correlación debido a una distribución irregular de las frecuencias, pese al predominio de los valores reducidos. A este reparto irregular contribuyen precisamente parte de los enlaces más representativos de la red, como por ejemplo Madrid-Barcelona, que destaca claramente en los diagramas al localizarse en sectores de los gráficos donde no se ubica ningún otro enlace más.

Se ha realizado una comparación también con otras redes de alta velocidad a nivel de conectividad (Japón, Francia, Alemania, Italia y China), al ser el análisis más viable de efectuar en función del tipo y nivel de desagregación de la información disponible de estas otras redes.

Las redes italiana y japonesa son continuas, formando un único corredor con muy escasas ramificaciones, mientras que la alemana, francesa y española conforman diferentes subgrafos, que se conectan entre sí por vías convencionales y/o mixtas.

Según los resultados aportados por los índices, el grado de conectividad es reducido, existiendo en la mayor parte de los casos un solo camino para conectar cada par de nodos. Las redes más articuladas son las de China y España, coincidiendo con que son también las más extensas. En el país asiático es posible para algunos casos el enlace en alta velocidad entre dos nodos por varios arcos distintos. En España aún no, pero al observar que existen enlaces directos entre nodos no consecutivos, este hecho amplía el grado de conectividad de la red.

Se ha verificado también el análisis de accesibilidad de la red española en base a la aplicación de índices, y representando los resultados en tablas, matrices y cartografía tratando así de facilitar su mejor comprensión.

Un hecho que ha podido constatarse en reiteradas ocasiones, es la peculiaridad existente entre centralidad y perifericidad en cuanto al número de enlaces. Debe señalarse en este sentido la importancia de diferenciar entre centralidad y accesibilidad, ya que muchos nodos periféricos tienen mejores conexiones que nodos más centrales.

La excepción es Madrid que como ya se ha expuesto aglutina centralidad, conectividad y accesibilidad. Pero sí sirve como ejemplo la comparación entre Valladolid y Barcelona: se trata de un nodo relativamente central y con escasas conexiones debido a que actúa como fondo de saco hasta la inauguración completa de la línea Madrid-norte, y otro periférico pero con unas posibilidades de comunicación mucho mayores, lo que hace aumentar ostensiblemente sus condiciones de accesibilidad.

Como se ha mostrado en los índices, la posibilidad de conectar como enlace directo nodos que no son consecutivos dentro de la estructura de la red, hace que el nivel de accesibilidad aumente, al hacerlo el número de conexiones directas: por ejemplo Madrid-Barcelona, Albacete-Alicante o Ciudad Real-Cuenca, todos ellos sin paradas intermedias.

Las diferencias entre las conexiones realizadas con todas las paradas y las que no efectúan ninguna es mayor según aumenta la entidad demográfica del nodo y su situación geográfica dentro de la red. Por ejemplo en el caso de Madrid-Barcelona o Madrid-Málaga los trenes directos ahorran varias paradas intermedias, mientras que no es así en el caso de Albacete y Alicante ya que sólo se ahorra la parada en Villena por su ubicación entre ambas estaciones.

El enlace Madrid-Figueras podría ser el ejemplo en el cual fuese mayor el número de paradas ahorradas. Sin embargo no se produce tanto ahorro debido a la escasa masa del municipio gerundense, siendo necesaria la parada al menos en Barcelona y Gerona.

La relación entre frecuencia y accesibilidad es directa y proporcional. Hay más frecuencias en el eje central del grafo y dentro de éste, en los nodos más importantes y parte de sus consecutivos (Madrid, Zaragoza, Barcelona, Sevilla y Córdoba), con algunos tramos intermedios con *slots* mucho menores, por ejemplo los tramos Guadalajara-Calatayud o Puertollano-Córdoba. El resto de circuitos posee frecuencias menores y por tanto su accesibilidad es algo menor (Madrid-Levante, Madrid-Valladolid, Zaragoza-Huesca y La Coruña-Orense).

Hay que señalar también que debido a la propia dinámica de la red y de la distribución de enlaces, es necesaria una cuidada valoración de los resultados obtenidos, reales durante el proceso de búsqueda de datos, pero posiblemente variables hasta el momento presente para algunos de los enlaces.

Se ha echado en falta la posibilidad de acceder a una información más completa y desagregada sobre las frecuencias existentes para cada enlace, plazas ofertadas y tamaño medio de los convoyes (según periodo temporal, estacionalidad, etc.), que permitiera obtener un mayor número de claves sobre la distribución de las frecuencias en el tiempo y el espacio, pudiéndose determinar así un mayor grado de exactitud en la ponderación de su influencia a nivel topológico.

6. MODELIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRÁFICO A PARTIR DE UN MODELO GRAVITATORIO

Un modelo gravitatorio deriva teóricamente de la Ley de gravitación universal de Newton, que permite configurar, analizar y prever en la medida de lo posible dinámicas de flujos e interacciones.

Resulta de una gran utilidad desde un punto de vista geográfico ya que esta ley es clave para determinar las relaciones de los objetos en el espacio. Las aplicaciones son variadas, destacando el ámbito econométrico. Por ejemplo los estudios sobre flujos comerciales, turísticos, de demanda, así como otros análisis diversos sobre interacción en el espacio, y por último, los estudios sobre el transporte.

Según indica la ley, dos cuerpos se atraen en razón directa de su masa y en razón inversa del cuadrado de la distancia que los separa. A partir de ello, puede establecerse también que existe un mayor potencial gravitatorio entre dos núcleos con importantes masas demográficas y que dicho potencial puede resultar penalizado si ambos núcleos están muy alejados. En el campo de los transportes, la mayor o menor atracción gravitatoria entre dos puntos puede influir a la hora de prever el flujo potencial de viajeros o mercancías.

6.1. OBJETO Y MODELOS CONSIDERADOS

El objetivo de la aplicación de un modelo gravitatorio para este trabajo es el de determinar una aproximación al flujo potencial de viajeros que podría utilizar el servicio de alta velocidad, arrojando resultados por enlace directo entre aquellas conexiones en alta velocidad con al menos una frecuencia diaria.

El modelo gravitatorio sigue la tradicional formulación de la gravitación universal, si bien ha sido desarrollado en base a los modelos de Crampon y Tan (1966), Archer (1974) y Rico (2008), teniendo también proximidad conceptual con los de Martín y Nombela (2008), y el informe publicado por la compañía Atkins (2012), todos ellos referidos en el estado de la cuestión.

A su vez, se ha tenido en cuenta el planteamiento metodológico incluido en un trabajo previo de mi propia autoría en 2013, relativo del mismo modo al análisis de la red de alta velocidad mediante un modelo gravitatorio. En dicha publicación se toman como referencia de análisis los núcleos de población que cuentan con estación de alta velocidad, que realizan la función de nodos de la red y los enlaces entre ellos, representados como arcos. Respecto a las variables empleadas, se ha considerado la masa demográfica de los núcleos objeto de estudio y la distancia entre nodos.

Desde la publicación de dicho trabajo hasta el momento presente, se han producido cambios a nivel de red que han implicado la necesidad de actualizar los datos utilizados para su formulación. Estas modificaciones se refieren a la ampliación de la red de alta velocidad, lo que implica un mayor número de núcleos con estación y en consecuencia de nodos, y en segundo lugar cambios en las masas demográficas. Aunque no sean en ciertos casos variaciones muy significativas, se han recogido siempre los últimos datos disponibles para contar con la mayor actualidad. También se han producido cambios en la distancia, debido a que se cuantifican los enlaces mediante by-pass en los servicios entre diferentes líneas, infraestructuras que no se encontraban en funcionamiento durante la realización de la citada investigación.

Para la realización del modelo se han tenido en cuenta las treinta y una estaciones de alta velocidad en servicio existentes hasta la fecha, abril de 2015, que figuran al comienzo del Apartado 4.1. Las variables particulares que se han utilizado son las siguientes: población del año 2014, expresada en millones de habitantes (Factor de atracción). Es la variable explicativa o independiente, y la distancia entre nodos o

estaciones expresada en kilómetros, o sea, el factor de disuasión o de impedancia, considerado como la resistencia al movimiento de la red de transportes, como señalan Gutiérrez et al. (2014).

6.2. CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES

Las variables consideradas han sido la masa demográfica, expresada en millones de habitantes, y la distancia, definida en kilómetros. En las siguientes líneas se muestran los rasgos más significativos detectados para ambas en los núcleos conformantes de la red española de alta velocidad así como los corredores y tramos que la definen y conectan, es decir, son variables muy relacionadas con componentes principales de una estructura topológica: arcos y nodos.

6.2.1. *Base demográfica del ámbito de estudio*

Las cifras poblacionales han sido obtenidas a través del Padrón Municipal de Habitantes, en la web del Instituto Nacional de Estadística. El enlace concreto que se ha utilizado es el siguiente:

<http://www.ine.es/dynt3/inebase/es/index.html?padre=517&dh=1>

dentro del cual han sido escogidas las Tablas 5.1, 5.2, 5.9, 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 5.21, 5.23, 5.25, 5.28, 5.30, 5.31, 5.34, 5.41, 5.42, 5.44, 5.46, 5.47, 5.48 y 5.50, correspondientes a las tablas demográficas provinciales, desagregadas por municipios con fecha 1 de enero de 2014.

Para la tesis se ha considerado necesario realizar una caracterización del área de estudio. El objetivo es la obtención de claves identificativas de su realidad demográfica y relacionarlas con los corredores de alta velocidad existentes, los cuales conforman la base para la prestación de este tipo de servicios a dicha población.

En la Tabla número 54 se muestran los datos demográficos provinciales y municipales, ordenados no por valores (se hará más adelante) sino por líneas, comenzando por la línea Madrid-Sevilla, Córdoba-Málaga, Madrid-Barcelona-Frontera francesa, Zaragoza-Huesca, Madrid-Valladolid, Madrid-Levante y finalizando con Madrid-Galicia (tramo La Coruña-Orense). A partir de esta tabla se ha realizado el Mapa número 35, relativo a la distribución poblacional de las provincias y núcleos con estación de alta velocidad. Igualmente se incluye el Gráfico número 28, en el que quedan ordenados los valores porcentuales de población de cada núcleo, respecto al total provincial que corresponda en cada caso.

Tabla 54. Masas demográficas provinciales y municipales (millones de habitantes), 2014

CIUDAD	PROVINCIA	T.M.	%T.M./PROV
Madrid	6,388735	3,207247	50,20
Toledo	0,699871	0,083593	11,94
Ciudad Real	0,520632	0,074872	14,38
Puertollano	0,520632	0,051551	9,90
Vill. Córdoba	0,798905	0,009326	1,17
Córdoba	0,798905	0,328704	41,14
Sevilla	1,936603	0,700169	36,15
Puente Genil	0,798905	0,030244	3,79

Antequera	1,614460	0,041621	2,58
Málaga	1,614460	0,568479	35,21
Guadalajara	0,256181	0,084504	32,99
Calatayud	0,970156	0,020926	2,16
Zaragoza	0,970156	0,682004	70,30
Lérida	0,434394	0,139809	32,18
Tarragona	0,799254	0,133545	16,71
Barcelona	5,470512	1,611822	29,46
Gerona	0,747121	0,097292	13,02
Figueras	0,747121	0,045123	6,04
Tardienta	0,224045	0,000994	0,44
Huesca	0,224045	0,052418	23,40
Segovia	0,160387	0,054309	33,86
Valladolid	0,530451	0,309714	58,39
Cuenca	0,210052	0,056107	26,71
Requena-Utiel	2,535135	0,021066	0,83
Valencia	2,535135	0,792303	31,25
Albacete	0,397899	0,172693	43,40
Villena	1,852048	0,034834	1,88
Alicante	1,852048	0,335052	18,09
La Coruña	1,135678	0,245923	21,65
Santiago	1,135678	0,096041	8,46
Orense	0,323435	0,107542	33,25

Fuente: Elaboración propia a partir del Padrón Municipal de Habitantes, Instituto Nacional de Estadística, 2014

Como queda patente en el Mapa número 36, la supremacía de Madrid y Barcelona es abrumadora, tanto a nivel provincial como municipal. Madrid, con sus 6,3 millones de habitantes a nivel provincial y la mitad en la capital, se configura como el nodo central de comunicaciones en alta velocidad a nivel nacional.

También es una certeza que la mayor parte del espacio interior peninsular restante se halla mucho más vacío, pero hay excepciones. A nivel de núcleos, Zaragoza y Valladolid son las siguientes ciudades interiores por número de habitantes, con 680.000 y algo más de 300.000, por este orden. A nivel de provincias Zaragoza vuelve a emerger claramente como foco demográfico a destacar en el interior (970.000). Además de ésta

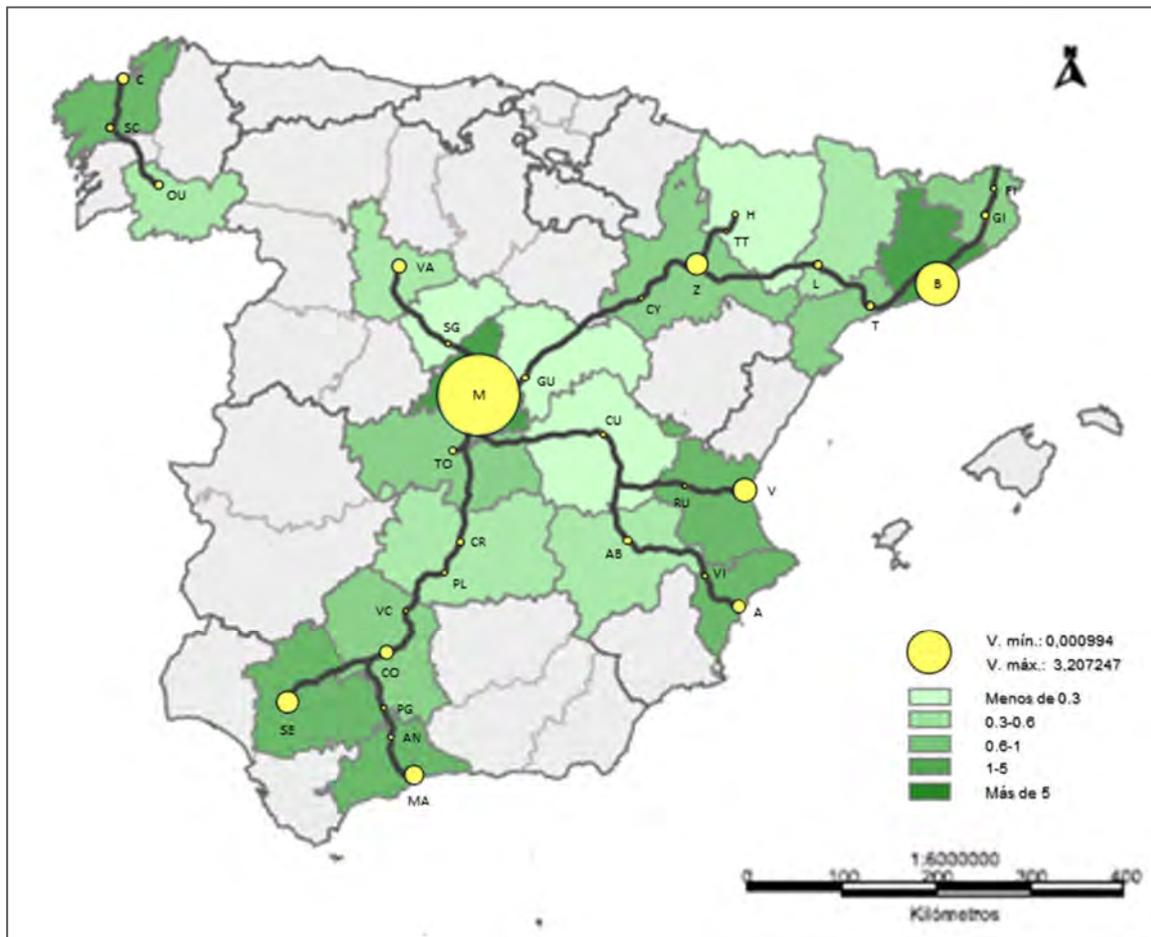
y superando a Valladolid se sitúan Córdoba y Toledo, que cuentan con 800.000 y 700.000 habitantes respectivamente.

En la mayor parte del sector litoral la masa demográfica es más elevada. Barcelona se halla a la cabeza, con 5,4 millones. Hay que destacar especialmente su volumen de población excluyendo a la Ciudad Condal (1,6 millones). Es decir, la ciudad de Barcelona posee sólo el 50 % de la masa con que cuenta Madrid, sin embargo, la del resto de la provincia es superior (3,8 frente a 3,1 millones). Además de Barcelona

y Sevilla, el tren de alta velocidad llega ya a ciudades del tamaño de Valencia, Málaga y Alicante. En todos estos casos y hasta la fecha de junio de 2015, se configuran como estaciones de fondo de saco en las líneas de Levante y Andalucía.

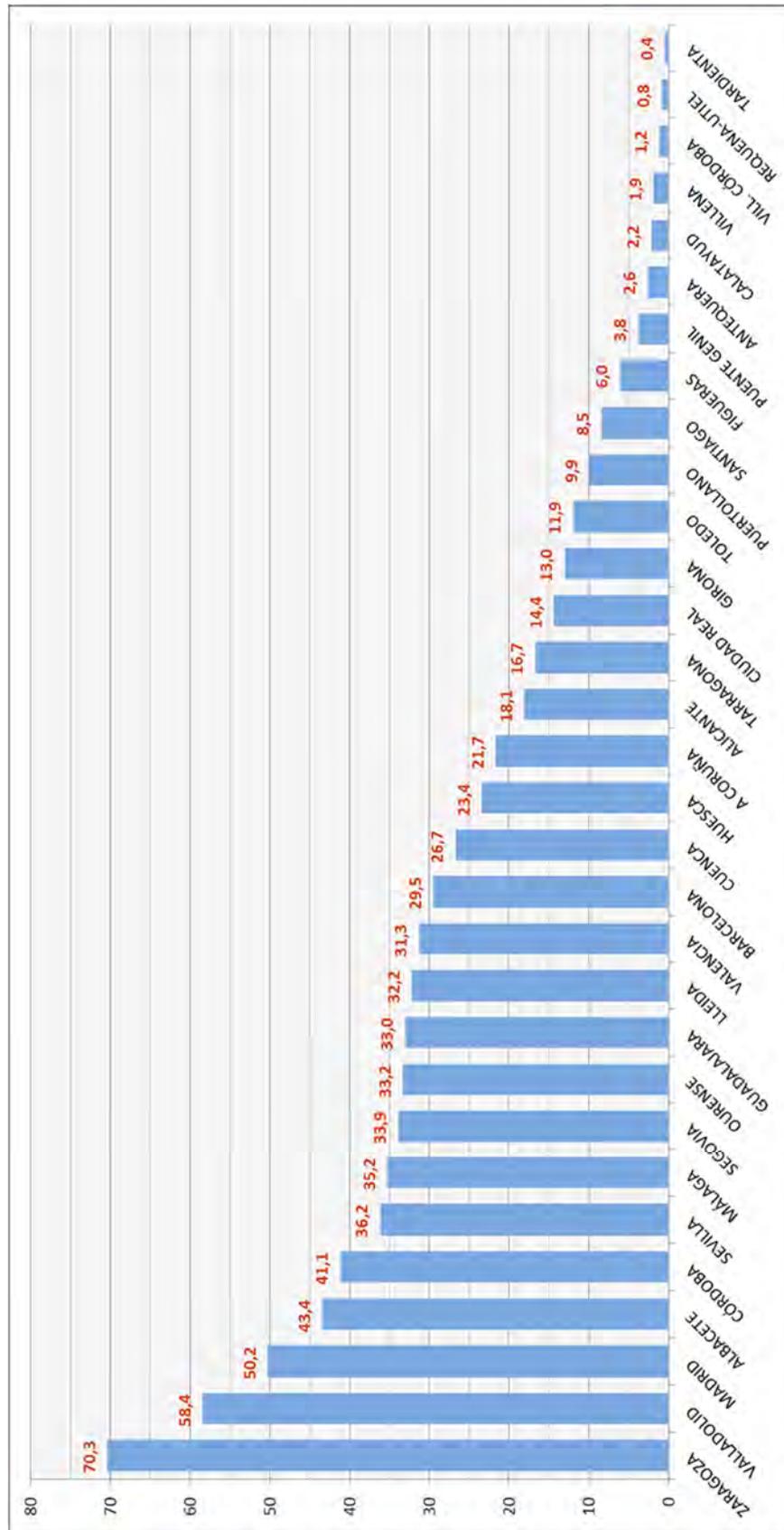
En el Gráfico número 28 se muestran los valores de población del núcleo con estación respecto al total de su provincia. Curiosamente, las proporciones mayores se producen en los núcleos interiores, tanto Madrid como Valladolid y, sobre todo, Zaragoza, lo que ha favorecido la proliferación de amplios espacios vacíos y concentración demográfica en escasas ciudades. La capital aragonesa, con un valor superior al 70 %, representa el ejemplo más claro de macrocefalia de todo el territorio objeto de análisis.

Mapa 35. Masas demográficas de las provincias y núcleos con alta velocidad (mil. hab.) (2014)



Fuente: Elaboración propia a partir del Padrón Municipal de Habitantes, Instituto Nacional de Estadística, 2014

Gráfico 28. Población de núcleos con alta velocidad. % sobre la provincia (2014)



Fuente: Elaboración propia a partir del Padrón Municipal de Habitantes, Instituto Nacional de Estadística, 2014

Caso opuesto es el de Gerona, Ciudad Real y Toledo. Todas estas provincias cuentan con estación de alta velocidad, bien sea en la capital homónima (todas ellas) o también en otros núcleos de cierta entidad (Figueras en el caso de Gerona y Puertollano en el caso de Ciudad Real). Por su parte, en Talavera de la Reina (Toledo), con mayor población que la capital provincial, se prevé la parada de este tren una vez que la línea de alta velocidad hacia Extremadura y la frontera lusa sea una realidad.

Conviene considerar por ello que las masas demográficas son muy heterogéneas, tanto a nivel de núcleos como a escala provincial, al igual que sucede a nivel nacional en general, con amplios desequilibrios interior-litoral, entre provincias y también lógicamente entre núcleos.

El ejemplo más evidente, como ya se indicó, es el de Zaragoza. La capital concentra al 70,3 % del total de población de la provincia, mientras que Calatayud, con 22.000 habitantes, tan sólo representa un 2,1 %.

La provincia de Ciudad Real presenta un poblamiento mucho más distribuido: Ciudad Real capital cuenta con cerca de 75.000 habitantes, lo que supone tan sólo un 14,3 % del total provincial. En Puertollano residen algo más de 51.000, un 9,9 %, es decir, sólo 4 puntos porcentuales por debajo de la capital. Ello posibilita que sea el núcleo no capital que representa una mayor cuantía demográfica de los que cuentan con estación de alta velocidad.

Un hecho similar sucede en las provincias de La Coruña y especialmente Gerona. Respecto a la ciudad catalana, hay que destacar que únicamente alberga al 13 % del total de masa demográfica gerundense, mientras que Figueras, el otro núcleo provincial con estación de alta velocidad representa el 6 %. Dentro de las provincias con dos estaciones, Gerona es aquella cuya capital registra un valor porcentual menor, mientras que La Coruña capital cuenta con 246.000 habitantes, un 21,6 % del total coruñés, en tanto que Santiago de Compostela, con 96.000, representa al 8,5 %, un valor cercano al de Puertollano.

Para completar la caracterización demográfica del ámbito de estudio, se incluye una categorización tanto de las provincias como de los núcleos por tamaño, así como un análisis temporal de su evolución para el periodo 2008-2014 (Tablas número 55 y 56, y Mapa número 36). El objetivo es comparar los cambios en la dinámica demográfica experimentados en cada provincia y núcleo desde 2008 (año al que corresponden los datos empleados en la presentación del trabajo de investigación para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados), hasta el último año con datos disponibles para la realización de la tesis: 2014.

Tabla 55. Dinámica demográfica de las provincias (millones de habitantes)

MASA	PROVINCIA	POB. 2008	POB. 2014	VARIACIÓN 08-14 (%)
> 5 MII.	Madrid	6,272109	6,388735	1,859438348
	Barcelona	5,416012	5,470512	1,006275466
1-5 MII.	Valencia	2,575362	2,535135	-1,561994003
	Sevilla	1,875462	1,936603	3,260050057
	Alicante	1,917012	1,852048	-3,388815511
	Málaga	1,563261	1,614460	3,275140875
	La Coruña	1,145488	1,135678	-0,856403559
0,6-1 MII.	Zaragoza	0,955323	0,970156	1,552668574

	Tarragona	0,789192	0,799254	1,274974911
	Córdoba	0,798822	0,798905	0,010390315
	Gerona	0,747782	0,747121	-0,088394746
	Toledo	0,670104	0,699871	4,442146294
0,3-0,6 MII.	Valladolid	0,529493	0,530451	0,180927793
	Ciudad Real	0,522343	0,520632	-0,32756254
	Lérida	0,427421	0,434394	1,631412589
	Albacete	0,400891	0,397899	-0,746337533
	Orense	0,335642	0,323435	-3,636910756
0,1-0,3 MII.	Guadalajara	0,238098	0,256181	7,594771901
	Huesca	0,225271	0,224045	-0,54423339
	Cuenca	0,217363	0,210052	-3,363497927
	Segovia	0,164341	0,160387	-2,405972946

Fuente: Elaboración propia a partir del Padrón Municipal de Habitantes, Instituto Nacional de Estadística, 2015

En el caso de estas dos tablas, los datos disponibles aparecen desagregados en más categorías en la tabla relativa a núcleos que en la de provincias. El motivo es que aunque la heterogeneidad de los datos es visible también a nivel provincial, producto del desequilibrio demográfico espacial característico de España, lo cierto es que a nivel de núcleos la desigualdad es aún mayor puesto que existen grandes urbes que superan ampliamente el millón de habitantes, mientras que el núcleo más pequeño no alcanza ni el millar.

Tabla 56. Dinámica demográfica de los núcleos base de los nodos de la red de alta velocidad (millones de habitantes)

MASA	PROVINCIA	POB. 2008	POB. 2014	VARIACIÓN 08-14 (%)
> 1 MII.	Madrid	3,213197	3,207247	-0,185173831
	Barcelona	1,615908	1,611822	-0,252860931
0,5-1 MII.	Valencia	0,814208	0,792303	-2,690344482
	Sevilla	0,699759	0,700169	0,058591601
	Zaragoza	0,666129	0,682004	2,383172028
0,25-0,5 MII.	Málaga	0,566447	0,568479	0,358727295
	Alicante	0,334757	0,335052	0,088123624
	Córdoba	0,325453	0,328704	0,998915358
	Valladolid	0,318561	0,309714	-2,777176114
0,1-0,25 MII.	La Coruña	0,246056	0,245923	-0,054052736

	Albacete	0,169716	0,172693	1,754106861
	Lérida	0,131731	0,139809	6,132193637
	Tarragona	0,137536	0,133545	-2,901785714
	Orense	0,107742	0,107542	-0,185628631
0,05-0,1 MII.	Gerona	0,096188	0,097292	1,147752318
	Santiago	0,095092	0,096041	0,997980903
	Guadalajara	0,081221	0,084504	4,042058088
	Toledo	0,080810	0,083593	3,443880708
	Ciudad Real	0,072208	0,074872	3,689341901
	Cuenca	0,055866	0,056107	0,431389396
	Segovia	0,056858	0,054309	-4,483098245
	Huesca	0,051117	0,052418	2,545141538
	Puertollano	0,051305	0,051551	0,479485431
0,025-0,05 MII.	Figueras	0,043330	0,045123	4,138010616
	Antequera	0,045037	0,041621	-7,584874659
	Villena	0,035222	0,034834	-1,101584237
	Puente Genil	0,029503	0,030244	2,511608989
<0,025 MII.	Requena-Utiel	0,021278	0,021066	-0,996334242
	Calatayud	0,021905	0,020926	-4,469299247
	Vill. Córdoba	0,009729	0,009326	-4,142255114
	Tardienta	0,001043	0,000994	-4,697986577

Fuente: Elaboración propia a partir del Padrón Municipal de Habitantes, Instituto Nacional de Estadística, 2015

Sólo hay una excepción: Santiago de Compostela. Es capital pero no provincial sino autonómica, por tanto para este trabajo actúa como un núcleo más, ya que la capital provincial es La Coruña. El resto de núcleos poseen valores inferiores a los de las capitales provinciales, comenzando por Puertollano (con cifras muy próximas a Huesca capital, aunque inferiores) y finalizando en Tardienta.

El Mapa número 36 muestra la expresión cartográfica de los datos anteriores. En círculos proporcionales se representan los valores de los núcleos, mientras que las coropletas corresponden a los datos de las provincias. Los intervalos provinciales varían entre el 3 % y el -3 %, mientras que los municipales se sitúan entre el 7 % y -7 % aproximadamente. Por tanto, la variabilidad de datos no es amplia ya que hay que tener en cuenta el reducido periodo temporal considerado (sexenio 2008-2014). Aun así no es desdeñable, puesto que existen ciertas diferencias que es preciso valorar.

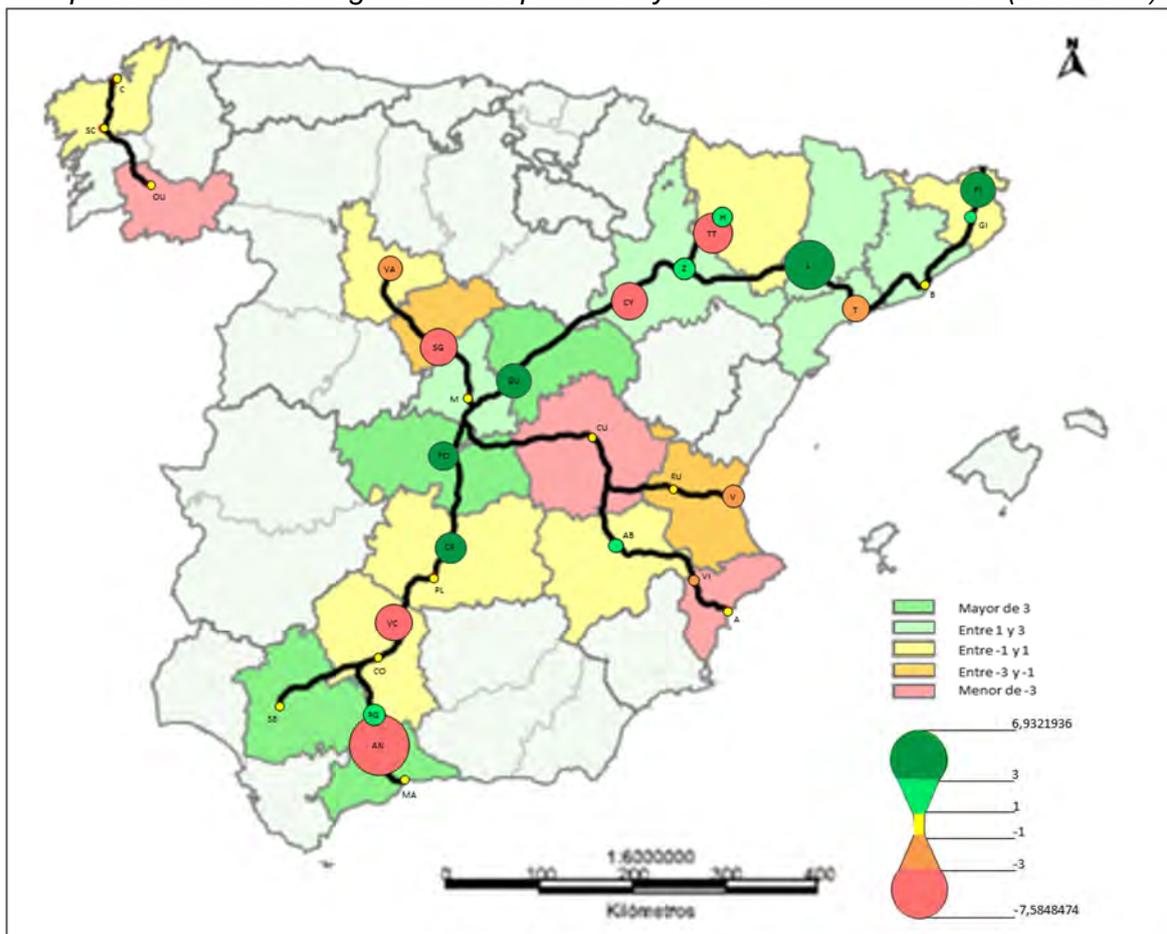
A nivel general la evolución demográfica de la provincia registra valores menos favorables que los de la respectiva capital, por ejemplo: Cuenca, Ciudad Real, Lérida, Gerona, Orense, Albacete, Alicante. Grandes ciudades como Madrid, Barcelona, Sevilla

y Málaga presentan sin embargo valores estables para la capital (dentro del umbral ± 1) y más positivos para el resto de la provincia. Esto puede explicarse por la posible saturación de suelo en los espacios urbanos de mayor densidad, que proyecta la expansión demográfica hacia otros núcleos más o menos próximos, aumentando así la masa demográfica provincial y no tanto la de su capital.

En aquellas provincias que cuentan con dos estaciones, la evolución del municipio menos poblado es en la mayor parte de los casos, más negativa que la de la capital provincial. Es el caso de Antequera respecto a Málaga, Villanueva de Córdoba respecto a Córdoba, Puertollano respecto a Ciudad Real, Villena respecto a Alicante, Calatayud respecto a Zaragoza y Tardienta respecto a Huesca. Las excepciones son Puento Genil, Requena y Figueras, que poseen datos más favorables que Córdoba, Valencia y Gerona. Por último, Santiago de Compostela registra cifras muy similares a la capital provincial, La Coruña. Así, en la mayor parte de estos casos se produce un efecto de succión demográfica de muchos municipios de una provincia determinada hacia su capital (incluyendo aquellos con estación de alta velocidad).

Puede observarse que la influencia de Madrid sobrepasa claramente los límites autonómicos. La masificación demográfica de la capital, provoca que la expansión urbana, económica y también poblacional se extienda hacia la provincia (generando valores de crecimiento de población positivo), así como hacia las provincias limítrofes castellano-manchegas de Toledo y Guadalajara, registrando sus capitales homónimas unos de los valores más positivos de toda la serie.

Mapa 36. Dinámica demográfica de las provincias y núcleos con alta velocidad (2008-2014)



Fuente: Elaboración propia a partir del Padrón Municipal de Habitantes, Instituto Nacional de Estadística

Si se relacionan dichos datos con la red de alta velocidad, hay que decir que en todo el corredor principal suroeste-noreste, es decir, las líneas Madrid-Sevilla, Córdoba-Málaga y Madrid-Barcelona-Frontera francesa, los datos provinciales son en general más positivos que en el resto de líneas. De entre las capitales provinciales, únicamente Tarragona registra valores notablemente negativos (casi un 3 % de decrecimiento). Sí presentan valores negativos mayores del 3 % muchos de los núcleos pequeños con estación localizados en este corredor: Antequera, Villanueva de Córdoba y Calatayud, junto con Tardienta. En el otro extremo, los valores más positivos de toda la red también se encuentran en estas líneas: Lérida (casi un 7 % de crecimiento), Figueras, Guadalajara, Toledo y Ciudad Real.

El resto de líneas como Madrid-Levante y Madrid-Galicia presentan resultados menos favorables. En la primera de ellas, Albacete (la ciudad más poblada de toda Castilla-La Mancha) es la única con crecimiento mayor del 1 %. Cuenca y Alicante experimentan crecimientos muy leves, mientras que los respectivos valores provinciales son negativos. En el caso de Valencia, son negativos los dos (-1,56 % la provincia y -2,69 % la capital). Respecto al segundo caso, únicamente la ciudad de Santiago de Compostela y la provincia de Valladolid registran datos positivos, aunque siempre menores al 1 %. Todas las capitales provinciales presentan declive demográfico, especialmente notorio en Segovia y Valladolid (-4,48 % y -2,77 % respectivamente). Es curioso sobre todo el dato de Segovia, ya que es fronteriza con Madrid; sin embargo, no se ha visto beneficiada por la expansión de los efectos de difusión urbana de Madrid, al contrario que los ya comentados casos de Toledo y Guadalajara (y también Ciudad Real).

6.2.2. *Distancias kilométricas en el ámbito de estudio*

Además de la población, en este modelo gravitatorio es clave considerar la distancia. Esta variable representa el esfuerzo requerido para superar el espacio geográfico y desplazarse del nodo “i” al nodo “j”¹¹¹. Al ser una distancia aplicada al transporte terrestre, es vectorial y no ortodrómica, siendo expresada en kilómetros lineales.

También es necesario indicar que en este modelo la distancia tiene un papel preponderante respecto al tiempo. Teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de la alta velocidad, se ha considerado homogénea toda la red respecto a las pendientes, ya que el modelo se aplica únicamente al ferrocarril de alta velocidad y no al convencional. De este modo, a la hora de aplicar el modelo, el tiempo de viaje depende especialmente de la distancia entre nodos¹¹².

Para la representación de la distancia, se ha utilizado una matriz Origen-Destino (OD), estructura ya utilizada para el análisis topológico, así como para el cálculo y presentación de los resultados posteriores.

¹¹¹ Otras variables utilizadas frecuentemente para estimar el esfuerzo son el costo de transporte, tiempo de viaje, consumo de combustible (Rico, 2006); e incluso, como indican Potrykowski y Taylor (1984) alguna variable más sofisticada de “distancia social”.

¹¹² Obviamente, en el tiempo de viaje también influye el hecho de que la velocidad sufre fluctuaciones a lo largo de una conexión determinada, porque las características de la vía también varían a lo largo del recorrido (sobre todo debido al paso por túneles, viaductos, desaceleraciones y aceleraciones en las proximidades de las estaciones, etc.; más que por la existencia de tramos con orografía difícil). En esos casos, como la alta velocidad no permite radios pequeños en curvas, proliferan las obras públicas antes indicadas. En general, es necesaria la disminución de velocidad (y, por consiguiente, el aumento del tiempo de viaje); pero esta disminución no es tan notable como a la hora de circular por curvas de radio reducido, lo que sí aumenta ostensiblemente dicho tiempo.

Los datos de distancias han sido extraídos de la página web del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), concretamente a partir del enlace que se muestra a continuación: http://www.adifaltavelocidad.es/es_ES/infraestructuras/lineas_de_alta_velocidad/lineas_de_alta_velocidad.shtml, así como de información tabular procedente de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, incluida en el anexo número 6. Ha sido necesario también realizar cálculos propios, como por ejemplo para determinar la distancia entre ciertos nodos consecutivos, o bien entre otros que pertenecen a diferentes líneas pero que cuentan con conexión directa.

En el caso de la matriz de distancias (Tabla número 57), aparecen representados los valores kilométricos de las conexiones entre nodos con estación de alta velocidad. Respecto al cálculo de los datos en sí, hay que considerar las siguientes cuestiones:

Madrid cuenta con dos estaciones de alta velocidad: Puerta de Atocha y Chamartín, aunque se consideran constituyentes de un único nodo porque ambas actúan como estaciones de cabecera o final de línea, o sea, no existe línea que realice parada en ambas estaciones¹¹³.

El punto kilométrico (pk) 0 de cada línea se ha establecido en la estación de alta velocidad que preste servicio en cada caso. Por ejemplo, para la línea de alta velocidad a Galicia (Madrid-Valladolid), la cuantificación kilométrica ha comenzado en Chamartín, al ser la estación cabecera de la línea. Para el resto de corredores, la cabecera es Puerta de Atocha, por tanto el pk 0 se encuentra en dicha estación.

¹¹³ A la espera de la puesta en servicio del túnel en ancho estándar entre ambas estaciones.

Tabla 57. Matriz de distancias (kilómetros)

MATRIZ DE DISTANCIAS S (KM)	MADRID	TOLEDO	CIUDAD REAL	PUERTOLLANO	VILL. CORDOBA	CORDOBA	SEVILLA	PUNTE GENIL	ANTEQUERA	MÁLAGA	GUADALAJARA	CALATAYUD	ZARAGOZA	LLEIDA	TARRAGONA	BARCELONA	GIRONA	FIGUERAS	TARDIENTA	HUESCA	SEGOVIA	VALLADOLID	CUENCA	REQUENA-UTIEL	VALENCIA	ALBACETE	VILLENA	ALICANTE	A CORUÑA	SANTIAGO	OURENSE		
MADRID																																	
TOLEDO	75																																
CIUDAD REAL	171	246																															
PUERTOLLANO	210	285	39																														
VILL. CORDOBA	285	360	114	75																													
CORDOBA	344	419	173	134	59																												
SEVILLA	471	546	300	261	186	127																											
PUNTE GENIL	419	-	248	209	134	75	202																										
ANTEQUERA	456	531	285	246	171	112	239	37																									
MÁLAGA	514	589	343	304	229	170	297	95	58																								
GUADALAJARA	64	-	214	253	-	387	514	-	-	-	-	157	261	419	500	600	693	727	324	345	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
CALATAYUD	221	-	371	410	-	544	671	-	-	-	157	104	262	343	443	536	570	167	188	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
ZARAGOZA	325	400	475	514	-	848	775	723	760	818	261	104	262	343	443	536	570	167	188	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LLEIDA	483	-	633	672	-	806	933	881	918	976	419	262	158	158	239	339	432	466	63	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TARRAGONA	584	-	714	753	-	887	1014	962	999	1057	500	343	239	81	100	193	227	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BARCELONA	664	739	814	853	-	987	1114	1062	1099	1157	600	443	339	81	100	193	227	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
GIRONA	757	-	-	-	-	-	-	-	-	-	693	536	432	274	193	93	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FIGUERAS	791	-	-	-	-	-	-	-	-	-	727	570	466	308	227	127	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TARDIENTA	388	-	-	-	-	-	-	-	-	-	324	167	63	-	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
HUESCA	409	-	-	-	-	-	-	-	-	-	345	188	84	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SEGOVIA	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VALLADOLID	178	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CUENCA	190	-	305	344	-	478	605	553	590	648	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	131	201	126	240	290	-	-	-	-	-	
REQUENA-UTIEL	321	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	131	201	126	240	290	-	-	-	-	-	
VALENCIA	391	-	506	545	-	679	806	754	791	849	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	201	70	-	-	-	-	-	-	-	-	
ALBACETE	316	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VILLENA	430	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ALICANTE	480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A CORUÑA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	164	50	-	-	-	-	-	
SANTIAGO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	164	50	-	-	-	-	-	66
OURENSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84	84

Fuente: Elaboración propia a partir del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, Fundación de los Ferrocarriles Españoles y cálculos propios

Se han tenido en cuenta la existencia de los by-pass de Perales del Río y de Torrejón de Velasco, con objeto de no llegar hasta Madrid en las conexiones entre dos líneas distintas. El primero de ellos supone el ahorro de 21 kilómetros en la conexión entre los corredores de Madrid-Sevilla y Madrid-Barcelona-Frontera francesa. Por su parte, el segundo by-pass eleva este valor hasta los 56 kilómetros, en el enlace entre las líneas de Madrid-Sevilla y Madrid-Levante.

A partir de dicha matriz puede extraerse información adicional relativa a cálculos de distancias totales, medias y máximas a diferentes niveles. Estos datos aparecen reflejados en las Tablas número 58 y 59:

Tabla 58. Distancias de la red de alta velocidad nacional: totales y medias (kilómetros), marzo de 2015

Distancia total	66.920
Total de relaciones (A-B + B-A)	323
Total de nodos	31
Distancia mínima absoluta entre nodos	21
Distancia máxima absoluta entre nodos	1.157
Distancia media total entre nodos ¹¹⁴	207,181
Distancia media entre nodos consecutivos	87,771

Fuente: Elaboración propia a partir del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, Fundación de los Ferrocarriles Españoles (Tabla Pks) y cálculos propios, en base a los datos recogidos

Tabla 59. Distancias medias de la red de alta velocidad nacional entre nodos consecutivos: segregación por líneas (kilómetros), marzo de 2015

LÍNEA	DISTANCIAS		
	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA
Madrid-Sevilla	78,500	171	39
Madrid-Barcelona-Frontera francesa	110,667	158	34
Córdoba-Málaga	56,667	75	37
Madrid-Levante	125,166	190	50
Madrid-Valencia	130,333	190	70
Madrid-Alicante	120,000	190	50
Madrid-Valladolid	89,000	111	67
Zaragoza-Huesca	42,000	63	21
La Coruña-Orense	75,000	84	66

Fuente: Elaboración propia a partir del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, Fundación de los Ferrocarriles Españoles (Tabla Pks) y cálculos propios, en base a los datos recogidos

¹¹⁴ Este dato comprende la totalidad de nodos, tanto los consecutivos como los no consecutivos, pertenecientes a la misma o a diferente corredor. Únicamente se exige que exista conexión entre ambos en tren de alta velocidad.

De ambas son especialmente interesantes los datos relativos a las distancias medias entre nodos consecutivos. Como se observa en la primera de ellas, este dato se sitúa en unos escasos 87 kilómetros, una cifra reducida como para aprovechar al máximo las ventajas que puede proporcionar alcanzar una velocidad superior a la del ferrocarril convencional y al transporte terrestre. De igual forma es perjudicial frente al transporte aéreo, ya que al ser un valor tan bajo, el número de paradas aumentan y los periodos de aceleración y desaceleración también, si se le unen además las características técnicas de cada tramo de un trazado determinado, donde lo más usual es que la velocidad máxima comercial del corredor sólo sea factible en un pequeño porcentaje del recorrido.

Todo ello hace que el tiempo de viaje aumente y disminuya la competitividad frente al avión. La competencia entre modos será tratada con mayor detalle más adelante.

Según líneas los resultados no se alejan demasiado de ese valor medio de 87 kilómetros. El corredor donde las distancias entre nodos consecutivos son mayores es en el levantino, con una media de 125 kilómetros. Por esta razón, es también la línea con una distancia máxima entre nodos superior, concretamente 190 kilómetros (Madrid-Cuenca), así como la línea con una distancia mínima entre nodos consecutivos también superior, 70 kilómetros, entre Requena/Utiel y Valencia.

Las cifras para todos los tipos de distancia van disminuyendo en el resto de líneas, especialmente en aquellas inacabadas o ramales como Madrid-Valladolid, La Coruña-Orense o Zaragoza-Huesca. Éste último corredor posee el récord de distancia mínima, con 21 kilómetros, en el tramo Tardienta-Huesca.

Se pone de manifiesto que el modelo de red que se ha adoptado en España, no prima tanto el sistema de transporte punto a punto sino más bien intenta conectar más núcleos de población, desaprovechando las ventajas intrínsecas de la alta velocidad, ya sea con pequeños corredores y/o proliferación de paradas intermedias. No hay que olvidar que el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte apuntaba que el umbral de distancia mínimo para ser competitivo debe ser de 300 kilómetros.

6.3. FORMULACIÓN

La primera de las fórmulas empleadas tiene como objeto calcular los coeficientes de gravitación de cada par de nodos “i” y “j”, considerando las respectivas masas demográficas y la distancia existente entre ellos. Se representa en la Figura número 12:

Figura 12. Ecuación para la medición de Coeficiente Gravitatorio (CG) en el ámbito de estudio

$$CG_{ij} = K \cdot \frac{P_i \cdot P_j}{D_{ij}^2} \cdot 1.000.000$$

Fuente: Aplicación a partir de los modelos de Crampon y Tan (1966), Archer (1974) y Rico (2008)

Siendo:

CG_{ij} : Coeficiente Gravitatorio para cada enlace ij

P_i y P_j : Población de los nodos “i” y “j” (millones de habitantes)

D_{ij} : Distancia entre los nodos “i” y “j” (kilómetros)

K: Constante empírica de ajuste (valor de 0,66)

Con los resultados obtenidos, se valoran los efectos de las masas demográficas (a mayor masa mayor atracción teórica de flujo) y de la distancia (a priori como factor disuasorio, puesto que a mayor distancia, menor capacidad potencial de flujo). Finalmente se le aplica el multiplicador para mejorar la legibilidad del resultado final.

Una vez obtenidos los coeficientes gravitatorios, el siguiente paso es el cálculo de la demanda potencial de viajeros también para cada par de nodos. Los resultados para la totalidad de la red se presentan en forma de matriz, para cada celda.

La aproximación hacia unos valores más acordes y reales a los datos disponibles ha sido progresiva. Se han probado numerosas formulaciones para lograr la mayor precisión posible, y los resultados obtenidos han sido variados. Principalmente, han sido probadas tres ecuaciones, que se detallan a continuación.

La primera fórmula empleada se basa en la utilización directa de los coeficientes gravitatorios para cada enlace, junto a las respectivas masas demográficas de los nodos "i" y "j", y referida en la Figura número 13:

Figura 13. Ecuación para la medición de pasajeros potenciales (I)

$$T_{ij} = K \cdot (P_i \cdot P_j) \cdot CG_{ij}$$

Fuente: Aplicación a partir de los modelos de Crampon y Tan (1966), Archer (1974) y Rico (2008)

Siendo:

T_{ij} : Pasajeros potenciales para cada par de nodos "i" y "j" (millones)

P_i y P_j : Población de los nodos "i" y "j" (millones de habitantes)

CG_{ij} : Coeficiente Gravitatorio entre nodos "i" y "j"

K: Constante empírica de ajuste (valor de 0,66)

En la segunda ecuación (Figura número 14) se considera masas demográficas y los coeficientes gravitatorios son sustituidos por la distancia. Por otro lado, además de considerar las masas de cada nodo también se tiene en cuenta la población total del ámbito de estudio, es decir, el sumatorio de todas las masas demográficas consideradas. De igual forma, junto a la distancia kilométrica existente entre cada par de nodos, se utiliza el dato del enlace con la distancia mayor de toda la red. Obviamente, este dato pertenece a la conexión entre dos nodos no consecutivos. La población total considerada y la distancia máxima actúan como denominadores.

Figura 14. Ecuación para la medición de pasajeros potenciales (II)

$$T_{ij} = K \cdot \frac{P_i \cdot P_j}{P_t} \cdot \frac{D_{ij}}{D_m} \cdot 1.000.000$$

Fuente: Aplicación a partir de los modelos de Crampon y Tan (1966), Archer (1974) y Rico (2008)

Siendo:

T_{ij} : Pasajeros potenciales anuales para cada par de nodos ij

P_i y P_j : Población de los nodos "i" y "j" (millones de habitantes)

P_t : Población total considerada (millones de habitantes)

D_{ij} : Distancia entre nodos "i" y "j" (kilómetros)

D_m : Distancia máxima posible entre los puntos más alejados de la red (kilómetros)

K: Constante empírica de ajuste (valor de 0,66019)

En esta formulación hay que señalar que tanto la población como la distancia, actúan como variables independientes. Se valoran tanto las masas como la distancia de cada par de nodos sobre sus máximos de población y distancia. Finalmente se aplica el multiplicador para que el dato obtenido quede expresado en número de pasajeros y se eliminan decimales, puesto que en este caso resultan innecesarios y penalizan la legibilidad del resultado, tal como señalan también Marradi et al. (2007).

Figura 15. Ecuación para la medición de pasajeros potenciales (III)

$$T_{ij} = \alpha \cdot (P_i)^\beta \cdot (P_j)^\varphi \cdot D_{ij}^\delta$$

Fuente: Aplicación a partir de los modelos de Crampon y Tan (1966), Archer (1974) y Rico (2008)

Siendo:

T_{ij} : Pasajeros potenciales anuales para cada par de nodos ij (millones de viajeros)

P_i y P_j : Población de los nodos "i" y "j" (millones de habitantes)

D_{ij} : Distancia entre nodos "i" y "j" (kilómetros)

α : Constante empírica de ajuste (valor de 0,66019)

β : Constante empírica de ajuste (valor de 0,62747)

φ : Constante empírica de ajuste (valor de 0,62696)

δ : Constante empírica de ajuste (valor de -0,02027)

En la tercera ecuación (Figura número 15) se consideran las variables de masa demográfica y distancia entre los nodos, añadiendo cuatro constantes de ajuste. Dichas constantes han sido determinadas por calibración y extraídas a partir de los trabajos de Rico (2008) y Martín (2013), con objeto de corregir distorsiones y por tanto mejorar la precisión de los resultados. Respecto a los datos de masas y distancia, vuelven a considerarse únicamente los valores de cada par de nodos, se desechan entonces los relativos a población total y distancia máxima. El dato resultante se representa en millones de viajeros potenciales anuales.

6.4. TIPOLOGÍAS OBTENIDAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta la formulación del modelo gravitatorio y la caracterización anterior, se plantean diferentes dificultades implicando una mayor complejidad a la hora de aplicar de forma más lógica y real el modelo.

Estas dificultades se refieren básicamente a la masa demográfica que debe considerarse en cada uno de los tramos analizados, hecho derivado a su vez de las diferencias entre las estaciones de alta velocidad y la cuantía poblacional a la que ofrece servicio cada una de éstas.

Concretamente, el emplazamiento de cada una de estas estaciones es vital para poder establecer una modelización respecto a qué tráfico de viajeros puede potencialmente servir.

Por poner un ejemplo en detalle, no ofrecen la misma oferta potencial de servicio Barcelona-Sants que Guadalajara-Yebes. Pero tienen un rasgo identificativo común, ambas son la única estación de alta velocidad de las respectivas provincias a las que pertenecen.

Otro ejemplo diferente es el caso de Ciudad Real y Puertollano. Las diferencias en relación a sus respectivas masas demográficas son pequeñas. Además de ello ambas estaciones se encuentran a escasa distancia y en la misma provincia. Sin hacerlo mucho más complejo, dado que los flujos de viajeros no tienen por qué regirse exactamente por criterios político-administrativos, hay que señalar que la provincia de Ciudad Real cuenta con dos estaciones, con lo cual puede repartirse la demanda de tráfico.

Como es natural, una estación de alta velocidad debe captar no sólo viajeros que habitan en el propio núcleo en el que se emplaza la estación, sino también de otros núcleos más o menos próximos.

Por ello la determinación del área de captación de viajeros de cada estación, es una tarea extraordinariamente compleja y delicada.

Para establecer una primera categorización en cada par de nodos respecto a la masa demográfica, se ha elaborado un pequeño cuadro con cinco tipos de caso. A partir de esta tabla se pretende conseguir una primera aproximación lo suficientemente exacta de la realidad como para poder avanzar datos que definan en cierta manera el modelo de alta velocidad español y en concreto los corredores de mayor tráfico, cómo influyen la población y la distancia, etc. El cuadro referido es el siguiente:

Tabla 60. Tipología de tramos de la red de alta velocidad

TIPO DE CASO	EJEMPLO	DATO NECESARIO					
		NODO A			NODO B		
		Ciudad	Provincia	Otro	Ciudad	Provincia	Otro
1	Madrid-Toledo		*			*	
2	Ciudad Real-Puertollano			*	*		
3	Valencia-Cuenca			*		*	
4	Guadalajara-Calatayud		*		*		
5	Puente Genil-Antequera	*			*		

Fuente: Elaboración propia a partir de Instituto Nacional de Estadística

Esta clasificación se basa fundamentalmente en las diferentes masas demográficas consideradas. De esta manera, para cada tipo se han tomado unos umbrales poblacionales diferenciados. Concretamente estos:

Tramos de tipo 1

Para estos tramos sirven como referencia las poblaciones a nivel provincial de ambos nodos, por ejemplo Madrid y Toledo. Se trata de dos provincias con una única estación de alta velocidad, con lo cual se entiende que por proximidad la mayor parte de la población utilizará la correspondiente estación de su provincia para desplazarse en alta velocidad. Como ya se ha señalado, aunque Madrid tiene dos estaciones de estas características, ninguna de las líneas realiza parada en ambas, es decir, o bien Puerta de Atocha o bien Chamartín actúan como cabeceras o final de línea. Este primer caso puede considerarse como el menos complejo a la hora de aplicar el modelo, debido a que la demanda de un único nodo no se reparte entre estaciones de una misma provincia, sino que todo el flujo recae en una sola.

Tramos de tipo 2

Para los tramos clasificados como tipo 2, ha resultado compleja la determinación de las masas demográficas a utilizar por varias razones.

La primera de ellas es que se trata de nodos pertenecientes a provincias que cuentan con al menos dos estaciones de alta velocidad. Puede coincidir o no que se trate de dos nodos pertenecientes a la misma provincia, lo que implica la existencia de una gran proximidad entre ambas, y por consiguiente, un reparto de la demanda provincial.

En ese caso el criterio político-administrativo no rige irrevocablemente las pautas de desplazamiento de la población. Por ejemplo, un viajero que resida en un municipio de Málaga, pero cercano a su límite con Córdoba, puede que le interese más embarcar en Puente Genil (Córdoba) que no en Antequera (Málaga), con lo cual Puente Genil puede captar demanda de municipios cercanos aunque no sean cordobeses. Por este hecho, la demanda no se ajustaría por completo a los límites provinciales.

Partiendo de la hipótesis de que sí se ajuste a dichos límites, es decir, que la demanda potencial que capten las estaciones de los dos núcleos en cuestión sea la totalidad de la masa demográfica de la provincia, surge una segunda dificultad: cómo delimitar el área de influencia de cada estación dentro de la provincia.

En esta línea se ha decidido otorgarle la mayor parte del peso provincial a la capital de la misma, captando todo el tráfico de viajeros provinciales excepto los de los residentes en el otro núcleo con estación. Por ello en la Tabla número 60 figura un “*” en la casilla “Otro”, correspondiente al nodo de la capital provincial, ejemplo de Ciudad Real-Puertollano. El dato para Ciudad Real (capital), es el resultado de restarle al total de la población provincial la masa del núcleo no capital (Puertollano).

Ello implica que los resultados en provincias como la de la propia Ciudad Real o Gerona pueden quedar algo distorsionados. También debe afirmarse que la capital provincial tiene un punto a su favor respecto a Puertollano o Figueras, y es que se encuentran más cercanas a los dos grandes núcleos de población del país. Así, en el binomio Ciudad Real-Puertollano, la capital provincial se sitúa más cercana a Madrid y, aunque Puertollano está más próximo a Córdoba y Sevilla, debe considerarse a otro nivel el poder de atracción de flujos de la capital nacional. En la comparativa entre Gerona y Figueras, también Gerona se sitúa más cerca de la aglomeración barcelonesa. Hay que tener en cuenta el hecho de que superada la frontera, no hay un núcleo próximo con una masa equivalente a Barcelona: Montpellier (en torno a 252.000 habitantes), Perpignan (117.000), etc.

Existen otros casos también englobados en esta categoría, que son los enlaces entre un nodo no capital provincial con estación y una capital de provincia (diferente e incluso no limítrofe con el del anterior), por ejemplo Puente Genil-Zaragoza. En ese caso, se utiliza la población del municipio cordobés y la de la totalidad de la provincia de Zaragoza excepto la de Calatayud, es decir, la del otro nodo con estación de la provincia aragonesa.

Tramos de tipo 3

Se engloban los enlaces entre nodos capitales de provincia. La diferencia con el tipo 1 es que al menos uno de ellos pertenece a una provincia con dos estaciones en nodos diferentes. Es el caso de Guadalajara-Huesca. Para este enlace se ha escogido el dato de población provincial de la capital alcarreña y el dato de la masa de la provincia aragonesa restando la población de Tardienta.

Tramos de tipo 4

En este tipo se encuadran los enlaces en los que uno de los nodos es el único con estación de la provincia y el otro es un municipio con estación y que no es capital. Por tanto, no se aplica a dos nodos pertenecientes a la misma provincia. Un ejemplo es el enlace Madrid-Villena, para cuyo cálculo se elige la población provincial de Madrid y la del municipio alicantino.

Tramos de tipo 5

En la tipología 5 se incluyen aquellos pares de nodos compuestos por dos núcleos no capitales de provincia. Estos pares corresponden a nodos de provincias distintas (límitrofes o no), ya que todas excepto una cuentan con un único núcleo con estación y que además no es capital de provincia (Santiago de Compostela en La Coruña, Figueras en Gerona, Tardienta en Huesca, etc.)

La excepción es Córdoba, que alberga a Villanueva de Córdoba y Puente Genil. Como no son consecutivos, los enlaces que tienen se realizan con otro núcleo de provincia limítrofe (Puertollano en el caso de Villanueva de Córdoba y Antequera en el caso de Puente Genil). Ambos enlaces son ejemplos evidentes de tramos de tipo 5.

La distribución del número de enlaces según la tipología no es homogénea. Son más comunes los casos en los que un nodo provincial - aquel que alberga la única estación de alta velocidad de la provincia- se comunica o bien con otro nodo capital provincial (pero no el único nodo de acceso a la red de su provincia), denominado "Otro", o bien con un nodo no capital de provincia, denominado "Ciudad". La suma de las tipologías 3 y 4 conforma el 60 % de todas las relaciones, como puede comprobarse en la Tabla número 61, mientras que en la Tabla número 62 se representa toda la casuística discriminando por colores.

Tabla 61. Número de relaciones según tipología de casos

TIPOLOGÍA	Nº DE RELACIONES	%/TOTAL
1	52	16,10
2	59	18,27
3	110	34,06
4	85	26,32
5	17	5,26
TOTAL	323	100,00

Fuente: Elaboración propia

Los enlaces de tipo 2, aquellos que comunican en su mayor parte dos nodos de una misma provincia, alcanzan el 18 %. Es un porcentaje similar al del tipo más "clásico", esto es, el número 1, los que comunican un nodo único de una provincia con otro de iguales características.

La quinta tipología es minoritaria y congrega la mayor parte de las relaciones en el corredor Madrid-Sevilla y Córdoba-Málaga, puesto que existen un buen número de nodos no capitales de provincia que se comunican entre sí en alta velocidad, por ejemplo, Puertollano, Villanueva de Córdoba, Puente Genil y Antequera.

Tabla 62. Matriz de tipos de casos

Matriz Tipos de Caso	MADRID	TOLEDO	CIUDAD REAL	PUERTOLLANO	VILL. CORDOBA	CORDOBA	SEVILLA	PUNTE GENIL	ANTEQUERA	MÁLAGA	GUADALAJARA	CALATAYUD	ZARAGOZA	LLEIDA	TARRAGONA	BARCELONA	GIJONA	FIGUERAS	TARDIENTA	HUESCA	SEGOVIA	VALLADOLID	CUENCA	REQUENA-UTIEL	VALENCIA	ALBACETE	VILLENA	ALICANTE	A CORUÑA	SANTIAGO	DURENSE
CASO 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASO 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASO 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASO 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASO 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Provincia-Provincia
 Otro-Ciudad, Ciudad-Otro
 Provincia-Otro, Otro-Provincia, Otro-Otro
 Provincia-Ciudad, Ciudad-Provincia
 Ciudad-Ciudad

Fuente: Elaboración propia

Para el resto de tipologías la distribución a lo largo de la matriz y de la red, puede decirse que es uniforme a la vez que heterogénea. No es un hecho antitético, a lo que se refiere es a la existencia de varias tipologías de enlace en todos los nodos. No obstante, en todos éstos no puede haber enlaces de todos los tipos, puesto que existen discriminaciones: por poner un caso, Madrid no puede tener enlaces de tipo 2 con ningún nodo, puesto que en dicho tipo no se relacionan provincias. Dicha afirmación debe extenderse al resto de nodos cuya estación representa la única de alta velocidad de su provincia.

A partir de la tipología anterior, en la Tabla número 63 se representan los valores resultantes de la aplicación de la fórmula indicada en la Figura número 12. Estos valores son analizados posteriormente en este mismo apartado.

Además de la clasificación según tipología de enlace, se ha realizado otra categorización en la cual intervienen directamente las variables sobre las que se apoya la formulación para la determinación de pasajeros potenciales, esto es, la masa demográfica y la distancia kilométrica entre cada par de nodos.

Tabla 63. Matriz de Coeficientes Gravitatorios (CG) según tipos de casos

Matriz CG (tipo de enlace)	MADRID	TOLEDO	CIUDAD REAL	FUERTOLLANO	VILL. CORDOBA	CORDOBA	SEVILLA	PUNTE GENIL	ANTEQUERA	MÁLAGA	GUADALAJARA	CALATAYUD	ZARAGOZA	LLEIDA	TARRAGONA	BARCELONA	GIRONA	FIGUERAS	HUESCA	SEGOVIA	VALLADOLID	CUENCA	REQUENA-UTIEL	VALENCIA	ALBACETE	VILLENA	ALICANTE	A CORUÑA	SANTIAGO	DURENSE						
MADRID	524,6	67,6	4,93	0,48	27,1	36,8	0,73	0,84	25,1	263,7	1,81	37,3	7,85	10,6	52,3	5,17	0,30	0,03	5,62	150,7	70,6	24,5	0,86	63,3	16,8	0,79	33,3	-	-	-	-					
TOLEDO	524,6	3,58	0,29	0,03	0,48	2,00	3,00	0,07	2,09	-	-	2,74	0,64	0,30	4,63	-	-	-	-	-	-	0,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
CIUDAD REAL	67,6	3,58	10,5	0,22	2,85	6,66	0,15	0,16	4,14	-	-	1,30	0,34	0,43	2,56	-	-	-	-	-	0,06	-	3,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
FUERTOLLANO	4,93	0,29	10,5	0,06	1,44	0,97	0,02	0,02	0,56	-	-	0,12	0,03	0,05	0,26	-	-	-	-	-	0,70	-	0,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
VILL. CORDOBA	0,48	0,03	0,22	0,06	-	1,34	0,34	0,01	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
CORDOBA	27,1	2,00	1,85	1,44	1,34	60,2	2,63	1,66	27,3	0,86	0,04	1,13	0,34	0,51	2,81	-	-	-	-	-	0,46	-	2,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
SEVILLA	36,8	3,00	6,66	0,37	0,34	60,2	-	0,95	0,93	22,8	1,24	0,06	2,02	0,64	0,93	5,63	-	-	-	-	0,73	-	4,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
PUNTE GENIL	0,73	0,15	0,02	0,01	2,63	0,35	0,35	0,61	3,48	-	-	-	0,04	0,01	0,02	0,10	-	-	-	-	0,01	-	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
ANTEQUERA	0,84	0,07	0,16	0,02	0,01	1,66	0,93	0,61	12,8	-	-	-	0,05	0,01	0,02	0,12	-	-	-	-	0,02	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
MÁLAGA	25,1	2,09	4,14	0,58	0,18	27,3	22,8	3,48	12,8	-	-	-	1,47	0,47	0,74	4,24	-	-	-	-	0,52	-	3,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
GUADALAJARA	263,7	-	3,00	3,00	-	0,86	1,24	-	-	-	0,14	2,36	0,42	0,54	2,57	0,25	0,01	0,00	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CALATAYUD	1,81	-	2,00	4,00	-	0,04	0,06	-	-	0,14	1,21	0,09	0,09	0,38	0,03	0,00	0,00	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ZARAGOZA	37,3	2,74	1,30	0,12	-	1,13	2,02	0,04	0,05	1,47	2,36	1,21	10,3	8,77	23,8	2,36	0,13	0,16	19,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LLEIDA	7,85	-	0,34	0,03	-	0,34	0,64	0,01	0,01	0,47	0,42	0,09	10,30	-	34,3	47,3	2,68	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TARRAGONA	10,6	-	0,43	0,05	-	0,51	0,93	0,02	0,02	0,74	0,54	0,09	8,77	34,3	288,6	3,94	0,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BARCELONA	52,3	4,63	2,56	0,26	-	2,81	5,63	0,10	0,12	4,24	2,57	0,38	29,8	47,3	288,6	293,1	10,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
GIRONA	5,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,03	2,36	2,68	3,94	293,1	18,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FIGUERAS	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,00	0,13	0,14	0,46	10,10	18,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TARDIENTA	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
HUESCA	5,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,32	0,09	19,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SEGOVIA	150,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VALLADOLID	70,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CUENCA	24,5	-	0,70	0,06	-	0,46	0,73	0,01	0,02	0,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	8,63	3,47	0,08	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
REQUENA-UTIEL	0,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	7,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VALENCIA	63,3	-	3,04	0,29	-	2,73	4,95	0,09	0,11	3,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,63	7,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ALBACETE	16,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70	17,7	-	-	-	-	-	-	-		
VILLENA	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70	16,7	-	-	-	-	-	-	-	-		
ALICANTE	33,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,7	16,7	-	-	-	-	-	-	-	-		
A CORUÑA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
SANTIAGO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DURENSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CASO 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CASO 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CASO 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CASO 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CASO 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Provincia-Provincia
Otro-Ciudad, Ciudad-Otro
Provincia-Otro, Otro-Provincia, Otro-Otro
Provincia-Ciudad, Ciudad-Provincia
Ciudad-Ciudad

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a dichos criterios las 323 relaciones existentes se han subdividido en cuatro grupos. Los umbrales para la clasificación han sido el millón de habitantes en el caso de la masa demográfica y los 300 kilómetros lineales para la distancia.

Se ha considerado el millón de habitantes como cifra redonda, puesto que existe un importante número de enlaces tanto que superan como que se quedan por debajo de dicha cifra. De este modo, se valora el millón de habitantes tanto para cada nodo a nivel individual, como para cada enlace. Respecto a la masa, registran más de un millón de habitantes por ejemplo el enlace Madrid-Figueras, obviamente, gracias a la capital, y también por el enlace Ciudad Real-Tarragona, puesto que ambos, en conjunto, superan el millón de habitantes.

Respecto a la distancia, se ha fijado el umbral de 300 kilómetros al ser el que, según la Union Internationale des Chemins de Fer, marca el límite entre media distancia y larga distancia. La combinación de ambos umbrales da lugar a cuatro grupos de enlaces, los cuales se representan en la Tabla número 64:

Tabla 64. Relación de grupos de enlaces según criterios de masa demográfica y distancia kilométrica lineal

GRUPO	MASA	DISTANCIA	EJEMPLO
1	Mayor o igual a 1 millón de habitantes	Mayor o igual a 300 kilómetros	Madrid-Barcelona
2	Mayor o igual a 1 millón de habitantes	Menor de 300 kilómetros	Córdoba-Málaga
3	Menor a 1 millón de habitantes	Menor de 300 kilómetros	Calatayud-Tardienta
4	Menor a 1 millón de habitantes	Mayor o igual a 300 kilómetros	Guadalajara-Figueras

Fuente: Elaboración propia

La pormenorización de todos los enlaces, en base a estos criterios, se representa en la Tabla número 65, mientras que su distribución según los grupos se refleja en la Tabla número 66.

Tabla 65. Matriz de grupos de enlaces a partir de la clasificación por masa y proximidad

Matriz Grupos según Masa y Proximidad	MADRID		TOLEDO	CIUDAD REAL	PUERTOLLANO	VILL. CORDOBA	CORDOBA	SEVILLA	PUENTE GENIL	ANTEQUERA	MÁLAGA	GUADALAJARA	CALATAYUD	ZARAGOZA	LLEIDA	TARRAGONA	BARCELONA	GIRONA	FIGUERAS	TARDIENTA	HUESCA	SEGOVIA	VALLADOLID	CUENCA	REQUENA-UTIEL	VALENCIA	ALBACETE	VILLENA	ALICANTE	A CORUÑA	SANTIAGO	OURENSE		
	GRUPO	MASA	DISTANCIA		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3			
1	≥ 1Mill. Hab.	2	≥ 300 km	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
2	≥ 1Mill. Hab.	2	< 300 km	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
3	< 1Mill. Hab.	2	< 300 km	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
4	< 1Mill. Hab.	2	> 300 km	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse la mayor parte de los enlaces cuentan con una masa superior al millón de habitantes (el 65,64 % del total), de los cuales el 40,87 % corresponde a aquellos situados a distancias superiores a los 300 kilómetros.

Resultan llamativos los grupos 3 y 4. El 34,36 % de los enlaces se dan entre nodos que no reúnen el millón de habitantes, suponiendo un porcentaje alto. Si a ello se añade que de las 212 relaciones que superan el millón de habitantes, 86 corresponden a Madrid y Barcelona (el 40,6 % de éstas y el 26,6 % del total), se deja entrever el desequilibrio demográfico existente entre ambas urbes y el resto.

Pese a ello estos últimos porcentajes han disminuido respecto a la década anterior al extenderse la red hacia el Levante, de tal forma que el número de enlaces de este tipo ha aumentado y ya no tanto gracias a Madrid o Barcelona, sino también al aumento de conexiones de otras provincias que superan el millón de habitantes como Valencia, Sevilla, Málaga o Alicante, o bien, de otras con cifras inferiores pero cuya suma sí alcanza el millón (Córdoba-Lérida, por ejemplo).

Tabla 66. Distribución de relaciones según grupos

GRUPO	Nº DE RELACIONES	%/TOTAL
1	132	40,87
2	80	24,77
3	60	18,58
4	51	15,79
TOTAL	323	100,00

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo con los grupos 3 y 4, hay que destacar la existencia de 60 relaciones entre nodos “ceranos” (a distancia inferior a los 300 kilómetros), y sobre todo, las 51 relaciones entre aquellos con masa inferior al millón de habitantes y separados por más de 300 kilómetros.

Ambos grupos son la muestra de la planificación de transporte llevada a cabo desde comienzos del siglo XXI: extensión del tren de alta velocidad a todas las provincias, con independencia de la masa demográfica y posibilidades de rentabilidad.

Tabla 67. Matriz de Coeficientes Gravitatorios (CG) según grupos a partir de la clasificación por masa y proximidad

Matriz CG (según masa y proximidad)	MADRID		TOLEDO		CIUDAD REAL		PUERTOLLANO		VILL. CORDOBA		CORDOBA		SEVILLA		PUENTE GENIL		ANTEQUERA		MÁLAGA		GUADALAJARA		CALATAYUD		ZARAGOZA		LLEIDA		TARRAGONA		BARCELONA		GIRONA		FIGUERAS		TARDIENTA		HUESCA		SEGOVIA		VALLADOLID		CUENCA		REQUENA-UTIEL		VALENCIA		ALBACETE		VILLENA		ALICANTE		A CORUÑA		SANTIAGO		OURENSE	
	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA	GRUPO	MASA	DISTANCIA								
1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km	1	≥ 1Mill. Hab.	≥ 300 km									
2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km	2	≥ 1Mill. Hab.	< 300 km						
3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km	3	< 1Mill. Hab.	< 300 km			
4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km	4	< 1Mill. Hab.	≥ 300 km						

Fuente: Elaboración propia

Los valores resultantes, expuesto en la Tabla número 67, han sido clasificados en cuatro cuadros (uno por cada grupo), para su ulterior análisis. Se ha decidido agrupar sólo esta última clasificación, puesto que los rasgos identificativos que podían obtenerse de la diferenciación por tipo de enlace son muy similares a ésta. Aparte de ello, cabe destacar que toman mayor consideración los criterios de masa y distancia, que son los empleados para la formulación del modelo.

En las Tablas número 68, 69, 70 y 71 se representan los valores de cada enlace, ordenados primero por grupo (del 1 al 4) y dentro de cada uno, de mayor a menor coeficiente gravitatorio. De igual forma, se incluyen los códigos de cada nodo/estación, la población utilizada para cada uno de ellos (millones de habitantes, año 2014) y la distancia en kilómetros lineales.

En cada tabla están incluidos la mayor parte de los resultados pertenecientes a cada grupo. Se han discriminado según un valor de corte para cada una de ellas, puesto que las cifras muy bajas son poco representativas, indicando únicamente una gravitación muy pequeña para el enlace en cuestión. Los valores de corte son los siguientes:

- Grupo 1: Menor de 5
- Grupo 2: Menor de 5
- Grupo 3: Menor de 1
- Grupo 4: Menor de 0,1

Tabla 68. Coeficientes Gravitatorios (CG). Resultados para Grupo 1

ENLACE	CÓD.	POB.	DIST.	CG
Madrid-Valencia	M	6,388735	391	69,3397845670286
	V	2,514069		
Madrid-Barcelona	M	6,388735	664	52,3179388752250
	B	5,470512		
Madrid-Zaragoza	M	6,388735	325	37,8933973005728
	Z	0,949230		
Madrid-Sevilla	M	6,388735	471	36,8093031601701
	SE	1,936603		
Madrid-Alicante	M	6,388735	480	33,2569493560391
	A	1,817214		
Barcelona-Zaragoza	B	5,470512	339	29,8224946685253
	Z	0,949230		
Madrid-Córdoba	M	6,388735	344	27,0567321880789
	CO	0,759335		

Madrid-Málaga	M	6,388735	514	25,1024922228910
	MA	1,572839		
Madrid-Albacete	M	6,388735	316	16,8018650529252
	AB	0,397899		
Madrid-Tarragona	M	6,388735	564	10,5946208768277
	T	0,799254		
Madrid-Lérida	M	6,388735	483	7,8514228276918
	L	0,434394		
Ciudad Real-Sevilla	CR	0,469081	300	6,6617735935153
	SE	1,936603		
Barcelona-Sevilla	B	5,470512	1.114	5,6343280457679
	SE	1,936603		
Madrid-Huesca	M	6,388735	409	5,6223304626353
	H	0,223051		
Madrid-Gerona	M	6,388735	757	5,1653877191476
	GI	0,701998		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Coeficientes Gravitatorios (CG). Resultados para Grupo 2

ENLACE	CÓD.	POB.	DIST.	CG
Madrid-Toledo	M	6,388735	75	524,6314014403730
	TO	0,699871		
Barcelona-Gerona	B	5,470512	93	293,0501096964000
	GI	0,701998		
Barcelona-Tarragona	B	5,470512	100	288,5736874711680
	T	0,799254		
Madrid-Guadalajara	M	6,388735	64	263,7216464558350
	GU	0,256181		

Madrid-Segovia	M	6,388735	67	150,6532026495210
	SG	0,160387		
Madrid-Valladolid	M	6,388735	178	70,5933964733020
	VA	0,530451		
Madrid-Ciudad Real	M	6,388735	171	67,6416871404227
	CR	0,469081		
Córdoba-Sevilla	CO	0,759335	127	60,1742259125364
	SE	1,936603		
Barcelona-Lérida	B	5,470512	181	47,8738747053045
	L	0,434394		
Lérida-Tarragona	L	0,434394	81	34,9254921155556
	T	0,799254		
Córdoba-Málaga	CO	0,759335	170	27,2749385246678
	MA	1,572839		
Madrid-Cuenca	M	6,388735	190	24,5345687641330
	CU	0,210052		
Sevilla-Málaga	SE	1,936603	297	22,7906077509690
	MA	1,572839		
Zaragoza-Huesca	Z	0,949230	84	19,8043682655612
	H	0,223051		
Albacete-Alicante	AB	0,397899	164	17,7433312773186
	A	1,817214		
Villena-Alicante	VI	0,034834	50	16,7114197736640
	A	1,817214		
La Coruña-Santiago	C	1,039637	66	15,1284510783333
	SC	0,096041		

Antequera-Málaga	AN	0,041621	58	12,8435395756659
	MA	1,572839		
Zaragoza-Lérida	Z	0,949230	158	10,9014692745233
	L	0,434394		
Barcelona-Figueras	B	5,470512	127	10,1009549608878
	FI	0,045123		
Tarragona-Gerona	T	0,799254	193	9,9414563683514
	GI	0,701998		
La Coruña-Orense	C	1,039637	150	9,8634797974533
	OU	0,323435		
Zaragoza-Tarragona	Z	0,949230	239	8,7660593672590
	T	0,799254		
Cuenca-Valencia	CU	0,210052	201	8,6269212704656
	V	2,514069		
Ciudad Real-Córdoba	CR	0,469081	173	7,8547612666344
	CO	0,759335		
Requena-Valencia	RU	0,021066	70	7,1335733031918
	V	2,514069		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70. Coeficientes Gravitatorios (CG). Resultados para Grupo 3

ENLACE	CÓD.	POB.	DIST.	CG
Ciudad Real-Puertollano	CR	0,469081	39	10,4929996426430
	PT	0,051551		
Gerona-Figueras	GI	0,701998	34	10,3241129864889
	FI	0,045123		
Segovia-Valladolid	SG	0,160387	111	4,5573503282542
	VA	0,530451		
Cuenca-Albacete	CU	0,210052	126	3,4745815881633
	AB	0,397899		
Santiago-Orense	SC	0,096041	84	2,9055546699405
	OU	0,323435		
Córdoba-Puente Genil	CO	0,759335	75	2,6945984548267
	PG	0,030244		
Córdoba-Antequera	CO	0,759335	112	1,6628528494181
	AN	0,041621		
Vill. de Córdoba-Córdoba	VC	0,009326	59	1,3426683190463
	CO	0,759335		
Calatayud-Zaragoza	CY	0,020926	104	1,2120901818417
	Z	0,949230		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71. Coeficientes Gravitatorios (CG). Resultados para Grupo 4

ENLACE	CÓD.	POB.	DIST.	CG
Ciudad Real-Cuenca	CR	0,469081	305	0,6990671911843
	CU	0,210052		
Córdoba-Cuenca	CO	0,759335	478	0,4607320047671
	CU	0,210052		
Guadalajara-Lérida	GU	0,256181	419	0,4183565993999
	L	0,434394		

Ciudad Real-Lérida	CR	0,469081	633	0,3356357211285
	L	0,434394		
Guadalajara-Huesca	GU	0,256181	345	0,3168522800459
	H	0,223051		
Guadalajara-Gerona	GU	0,256181	693	0,2471497967952
	GI	0,701998		
Lérida-Figueras	L	0,434394	308	0,1363717100789
	FI	0,045123		

Fuente: Elaboración propia

En el grupo 1 se muestra que el enlace con un coeficiente gravitatorio más elevado es Madrid-Valencia (Tabla número 68). Parece un resultado lógico puesto que, entre ambas provincias, conforman la conexión con la segunda masa demográfica de la red y del país.

Entre ambos nodos alcanzan prácticamente los 9 millones de habitantes. Si a este hecho se le une que se trata de un enlace con una distancia no muy elevada (391 kilómetros), todo ello favorece que sea la conexión con un coeficiente mayor.

El segundo valor más alto del grupo lo constituye el de Madrid-Barcelona. Son las dos masas más altas del país, pero no ocupan el primer lugar debido a la distancia, que penaliza el coeficiente de gravedad final. Este enlace es claramente uno de los corredores más factibles a la hora de aprovechar las ventajas de la alta velocidad y disponer de un transporte competitivo frente al automóvil y al avión.

Confluyen dos factores clave: demanda potencial relevante (cerca de 12 millones de habitantes y en torno a 5 si se cuantifica únicamente la de los respectivos términos municipales), junto a distancia comprendida entre 300 y 700 kilómetros. Con estos datos, a priori puede resultar un enlace con posibilidades de captar tráfico proveniente del transporte privado y también del transporte aéreo.

Madrid-Zaragoza es el tercer enlace por valor de coeficiente. Según se indica en el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte, se sitúa en el umbral mínimo a partir del cual el tren de alta velocidad puede ser rentable y competitivo, ya que ambas ciudades se encuentran a poco más de 300 kilómetros¹¹⁵. Hay que considerar la relevancia de Madrid para todos los enlaces analizados como nodo de primera magnitud en cuanto a masa demográfica y centralidad, lo que genera la mayor capacidad de gravitación de toda la red.

El enlace Madrid-Sevilla, cabecera y final de la primera línea de alta velocidad del país, registra un valor muy cercano al de Madrid-Zaragoza (36,8). Al igual que sucede con el caso anterior, resulta clara la influencia demográfica de Madrid. Sevilla pese a tener una mayor masa municipal y provincial que Zaragoza, registra un valor menor en su conexión con la capital debido al factor disuasorio de la distancia (146 kilómetros mayor).

El enlace Madrid-Alicante presenta unas características muy similares al anterior. La masa demográfica de la provincia levantina es levemente inferior a la de la andaluza, con 9 kilómetros más de distancia, registrando así un coeficiente de 33,2.

¹¹⁵ No obstante, no existe acuerdo entre umbrales mínimos y máximos de rentabilidad del tren de alta velocidad, como se expondrá en el capítulo 7.

Cuatro de los cinco primeros enlaces del grupo corresponden a conexiones de Madrid con nodos que, en muchos casos, son finales de línea (Valencia, Alicante y Sevilla) o bien lo han sido (Barcelona), si bien desde este nodo hacia la frontera las masas demográficas son mucho menos relevantes. Es lógico, por un lado, que sean finales puesto que en este grupo (y haciendo referencia sólo a la distancia), se incluyen enlaces con nodos separados entre sí al menos 300 kilómetros. Pero también es cierto que se pone de relieve una vez más la dicotomía existente centro-periferia en el territorio nacional, o mejor, interior y litoral, configurándose Madrid como el nodo rector de la red, rodeado de un gran vacío demográfico a excepción de Zaragoza y Valladolid, y concentrándose buena parte del resto de la población en la periferia costera.

Siguiendo con los resultados del grupo 1, Barcelona-Zaragoza posee un coeficiente similar al de Madrid-Zaragoza, aunque menor (29,8 frente a 37,8). Al estar Zaragoza emplazada en posición equidistante de Madrid y Barcelona, en este caso la menor masa demográfica de la capital catalana es la que penaliza en cierta medida el resultado final.

Los siguientes tramos hacen referencia en su gran mayoría a conexiones con Madrid de enlaces que o bien no son finales de línea, o bien su masa demográfica es mucho más baja que la de casos ya analizados.

El tramo Madrid-Córdoba se encuadra cerca del umbral mínimo de distancia espacial (344 kilómetros). Gracias a la construcción del corredor andaluz de alta velocidad hasta Málaga, en la actualidad Córdoba es un nodo de gran importancia porque a partir de éste la red se bifurca hacia el sur (dirección Málaga) y suroeste (dirección Sevilla). El coeficiente obtenido es más reducido, puesto que la masa demográfica de Córdoba penaliza el valor final.

Caso inverso es el de Madrid-Málaga, donde es la distancia la que actúa como factor de disuasión de la gravitación, ya que tanto la ciudad de Málaga como el conjunto de la provincia registran cifras demográficas superiores a las de Córdoba.

Madrid-Albacete posee un coeficiente bajo (16,8), penalizado por la masa demográfica de la provincia manchega más que por la distancia, al ser uno de los valores más pequeños incluidos para este grupo.

El resto de valores representados en la tabla son menores o iguales a 10, lo que implica una gravitación muy baja. Hacen referencia a enlaces entre Madrid y nodos situados entre ésta y Barcelona, junto con los enlaces a Huesca y Gerona. Se incluyen además dos conexiones a Sevilla, con coeficiente similar pero características opuestas:

Por un lado, Ciudad Real-Sevilla, con menor masa demográfica pero favorecida por una distancia también reducida. De hecho, son 300 kilómetros exactos, la cifra mínima de distancia para incluir a un enlace en el grupo 1.

Por otro, Sevilla-Barcelona. Es una de las conexiones de mayor longitud de la red (1.114 kilómetros), por tanto el factor disuasorio de la distancia es muy alto. Sin embargo, la población barcelonesa (5,4 millones) actúa como factor compensatorio.

En la Tabla del grupo 2 la distancia entre nodos es siempre inferior a 300 kilómetros. Por tanto, la capacidad de disuasión de dicha variable es baja, y de este modo los valores son más altos que los del grupo 1 prácticamente en todos los casos señalados. En consecuencia, las cifras de la masa demográfica de cada par de nodos resultan clave para obtener un mayor coeficiente de gravitación.

Esto no significa que los servicios de transporte prestados en este grupo tengan mayor éxito *per se*, sino que se trata de una tautología. La cifra resultante es engañosa porque depende mucho de la distancia a la que se encuentren los nodos. Se entiende que a mayor proximidad, se da un mayor coeficiente y mayor nivel de éxito, cuando en realidad no es así: los umbrales fijados por el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte y por otros autores como por ejemplo Santos Preciado (2006), Sanfeliu (2010) y Albalade

y Bel (2011) muestran que el tren de alta velocidad no debe considerarse como un transporte ferroviario de cercanías, sino que se debe pensar en su competitividad a partir de unos cientos de kilómetros.

Los tramos que parten desde Madrid o Barcelona son los más representativos. Analizando por casos concretos, el valor más alto corresponde al enlace Madrid-Toledo. El coeficiente obtenido es muy alto (524,6), prácticamente el doble a la cifra del segundo enlace. Se pone de manifiesto el gran poder de atracción potencial de la masa poblacional madrileña, a lo que hay que unir los escasos 75 kilómetros que separan un nodo de otro.

Tras éste se sitúan dos nodos consecutivos con Barcelona, con cifras de población cercanas aunque menores y distancias levemente superiores, lo que genera unos valores de coeficiente todavía muy altos pero ya bastante inferiores de 293,0 (Barcelona-Gerona) y 288,5 (Barcelona-Tarragona).

Madrid-Guadalajara y Madrid-Segovia poseen unas cifras de distancias similares a las de Madrid-Toledo, incluso menores, pero sus escasas masas demográficas actúan como factor de disuasión y penalizan el valor de coeficiente gravitatorio, especialmente en el caso de la provincia castellano-leonesa ya que Segovia ostenta el dato más bajo de masa provincial de todo el conjunto.

Guadalajara ha experimentado un crecimiento demográfico importante, al igual que Toledo. Sin embargo la base de partida es más baja, de tal modo que se puede seguir valorando la característica de que se trata de un tramo que conecta una gran ciudad como Madrid con otra pequeña muy próxima e influenciada por ésta, que está experimentando un gran repunte poblacional como consecuencia de la expansión de las funciones urbanas de la capital hacia provincias limítrofes.

El coeficiente de Madrid-Valladolid es de 70,5, similar al de Madrid-Valencia aunque presentan pocas semejanzas al estar en grupos diferentes. La distancia entre los dos primeros es mucho menor (178 kilómetros frente a 391) así como la masa demográfica (0,5 frente a 2,5 millones).

Valladolid, por el momento, actúa como final de línea, a la espera de la conexión desde este nodo hasta Orense y enlazar con el subgrafo gallego por Medina del Campo, junto con la ampliación Valladolid-Venta de Baños (Palencia) y su posterior bifurcación hacia Asturias, Cantabria y el País Vasco, para completar así el corredor de alta velocidad Madrid-norte.

Los siguientes enlaces siguen haciendo referencia a conexiones entre Madrid o Barcelona con nodos relativamente poblados y no muy distantes, incluso consecutivos, a éstos. Por ejemplo, Madrid-Ciudad Real o Barcelona-Lérida.

En la comunidad andaluza deben destacarse los enlaces entre Córdoba y Sevilla (60,1) y en menor medida Córdoba-Málaga (27,2) y Sevilla-Málaga (22,7). En el primero de los casos se deja entrever el potencial gravitatorio de Sevilla, con casi 2 millones de habitantes en la provincia, y una distancia espacial reducida (127 kilómetros). En el segundo caso, el valor de coeficiente es menor debido a que la masa de Málaga es sensiblemente inferior a la sevillana pero sobre todo por el aumento de la distancia (191 kilómetros), que penaliza la capacidad de gravitación positiva. En el tercer caso se aglutinan las dos masas más importantes de la red andaluza, lo que acentúa la capacidad de aumentar el potencial de gravitación, sin embargo al estar más distantes, casi 300 kilómetros, se obtiene un coeficiente de sólo 22,7.

Lérida-Tarragona registra un valor de 34,9. Las masas demográficas son inferiores a las de Sevilla, Málaga y Córdoba (esta última sólo en el caso de Lérida). Pero al ser una distancia inferior (81 kilómetros), el valor de gravitación resultante es mayor.

Madrid-Cuenca se configura como el enlace entre la capital del país con otro nodo que registra un coeficiente más bajo, hecho lógico ya que tanto la escasa masa demográfica de la provincia castellano-manchega como la distancia existente (190 kilómetros), actúan como variables disuasorias.

Entre tanto, el ramal Zaragoza-Huesca obtiene un coeficiente de 19,8, debido a que el conjunto de ambos nodos apenas supera el millón de habitantes, pese a que la distancia entre ambos es muy pequeña (84 kilómetros).

El resto de enlaces incluidos en la Tabla del grupo 2 poseen valores menores, pudiendo ser nodos consecutivos, como por ejemplo Albacete-Alicante, o no, como el caso de Barcelona-Figueras. Dentro del tramo gallego también se incluyen en este grupo con coeficientes similares, las conexiones La Coruña-Santiago de Compostela y La Coruña-Orense (15,1 y 9,8 respectivamente). También hay que destacar que buena parte de los enlaces en la línea de Levante registran valores bajos: aparte de la ya mencionada Albacete-Alicante, hay que incluir a Villena-Alicante, Cuenca-Valencia y Requena/Utiel-Valencia.

En el grupo 3 los coeficientes gravitatorios resultantes son más bajos que los de conjuntos precedentes en la gran mayoría de los casos. De hecho, los valores máximos registrados son prácticamente semejantes a los mínimos incluidos en las Tablas de los grupos 1 y 2. En este caso, hacen referencia a nodos con escasa masa demográfica (siempre por debajo del millón de habitantes cada par de nodos) y próximos entre sí (a una distancia inferior a los 300 kilómetros). Muchos de ellos son nodos consecutivos.

Hay dos que conviene señalar respecto a los demás: Ciudad Real-Puertollano y Gerona-Figueras, con 10,4 y 10,3. El coeficiente debe destacarse respecto al resto puesto que el tercero más alto es de sólo 4,5. Esta diferencia se debe a que la distancia actúa como factor de atracción. Concretamente, tras el enlace Tardienta-Huesca (21 kilómetros), los siguientes nodos más próximos entre sí son Gerona-Figueras y Ciudad Real-Puertollano, por este orden, estando separados por únicamente 34 y 39 kilómetros.

El enlace oscense, pese a estar tan próximos sus nodos, no refleja un coeficiente considerable. De hecho, no está incluido en la tabla sino únicamente en la matriz, al ser un valor inferior a la unidad (0,33). Esto es debido a la reducida masa demográfica de Tardienta, que no alcanza ni el millar de habitantes y alberga estación de alta velocidad. Resulta sorprendente la existencia de dos paradas de alta velocidad en 84 kilómetros de recorrido, y una intermedia en un municipio con esta masa. Por otra parte, al no contemplarse hasta la fecha (marzo de 2015) la construcción de la TCP o Travesía Central de los Pirineos, Huesca seguirá siendo fondo de saco del ramal con Zaragoza, por lo que no se prevén aumentos ostensibles de tráfico, al menos provocados por un proyecto de desarrollo de la red hacia el norte.

El resto de conexiones del grupo 3 incluidas en la tabla poseen un valor de 4 o inferior, con enlaces entre nodos capitales de provincia con escasa masa y núcleos no capitales, en muchos casos consecutivos: Cuenca-Albacete, Córdoba-Puente Genil, Calatayud-Zaragoza, etc. Otro enlace que debe mencionarse, aunque no figure en la tabla, es Puente Genil-Antequera, y debe hacerse precisamente por ese motivo, su escaso coeficiente (0,33). En la línea de alta velocidad Córdoba-Málaga se planteó la construcción de ambas estaciones partiendo de una visión geoestratégica: Puente Genil es el centro geográfico de Andalucía y Antequera es la capital interior de Málaga, situada a una hora de cuatro aeropuertos y receptora de importantes inversiones en materia logística, por ejemplo el Centro Logístico de Antequera (CLA), la compañía logística ACOTRAL o el futuro puerto seco.

Por último, se hará referencia al grupo 4. Todos los coeficientes obtenidos para los enlaces clasificados en este grupo son menores a la unidad, lo que implica que el potencial de gravitación es prácticamente nulo. Esto se debe a que dichas conexiones enlazan nodos con masa demográfica inferior al millón de habitantes y distantes al menos 300 kilómetros. El valor mínimo incluido en la tabla es de 0,13 (Lérida-Figueras), aunque existen valores inferiores.

Los dos valores más altos de este último grupo corresponden con enlaces entre nodos pertenecientes a líneas diferentes. Concretamente son Ciudad Real-Cuenca (0,69) y Córdoba-Cuenca (0,46), conectando las líneas de alta velocidad Madrid-Sevilla y Madrid-Levante respectivamente. Tras Guadalajara-Lérida, que se sitúa en tercer lugar

con 0,41 y con estaciones pertenecientes al mismo corredor (Madrid-Barcelona-Frontera francesa), se encuentra otro enlace que une nodos de diferentes líneas, en este caso Ciudad Real-Lérida, con 0,33 como coeficiente.

Para computar globalmente los valores de coeficiente gravitatorio, en el Gráfico número 29 se representa el sumatorio de todos los valores de cada nodo. Dicho gráfico resume buena parte de las características extraídas de las matrices y tablas de grupos anteriores.

Parece lógico que Madrid registre el valor más alto, debido a que obtiene los coeficientes más elevados y a que está conectada con un mayor número de nodos que el resto. Su papel de nodo rector de la red queda así reflejado y reforzado.

En segundo lugar se sitúa Barcelona, ya con la mitad de coeficiente que Madrid. Al aparecer estas dos grandes aglomeraciones en los dos primeros lugares, resulta clarificador y ajustado a la realidad. Las dos ciudades con mayor masa demográfica y que pueden recibir y aportar un mayor número de pasajeros potenciales, son las dos con un mayor potencial de gravitación. El valor sensiblemente menor de la Ciudad Condal resulta de su localización excéntrica dentro de la red de alta velocidad, que condiciona los valores de distancia para las conexiones con el resto de nodos y en consecuencia su coeficiente.

Los siguientes cinco valores corresponden a nodos consecutivos a estas dos grandes ciudades. Por tanto, se hallan muy condicionados por su proximidad: Tarragona, Gerona, Toledo, Guadalajara y Segovia.

Sevilla se configura como una estación fin de línea, pero gracias a su masa y a su importante número de conexiones es el nodo con el siguiente coeficiente mayor (148,9), casi a la par que el de Segovia.

Córdoba y Zaragoza presentan las mismas características y similares cifras. Son nodos a partir de los cuales el corredor principal se bifurca en dos ramales. Las masas demográficas son relativamente análogas, aunque mayor la de la capital aragonesa, y el papel de la distancia también es similar, puesto que son dos nodos con una centralidad de segundo nivel.

Málaga, como posición periférica, posee los mismos rasgos que Sevilla. El valor que posee es más bajo, porque registra menor masa y mayores distancias respecto al resto de nodos con los que se conecta.

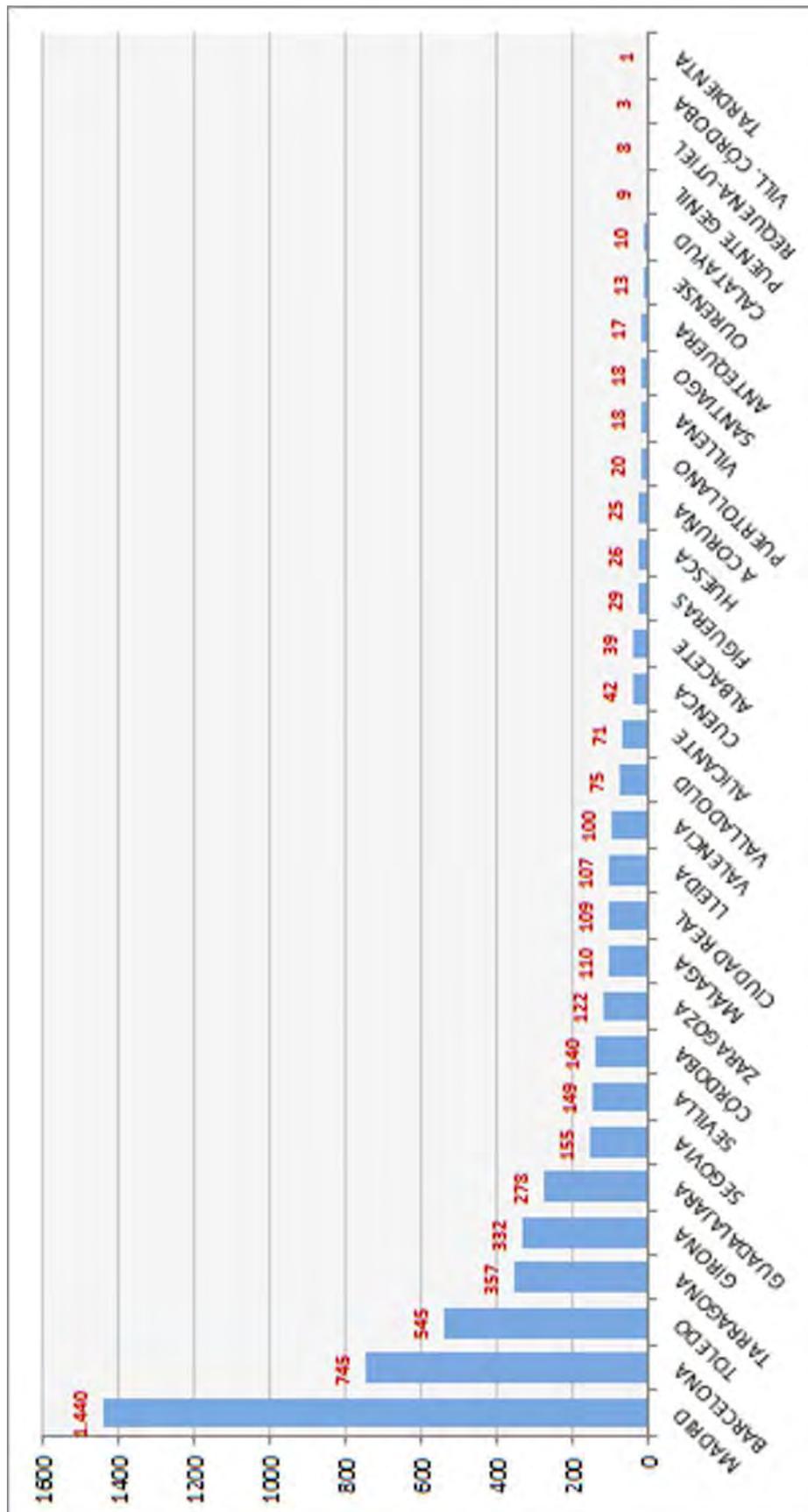
Valencia registra un valor similar al de Málaga. Es también un fondo de saco, pero con distancias menores a los nodos con los que está conectado. De todos modos el valor es menor porque el número de enlaces con los que cuenta también lo es. Málaga, geográficamente, se localiza en una posición más periférica, pero desde un punto de vista topológico está mejor conectada que la capital levantina.

Alicante registra un valor de 70,7. El motivo de ello no es tanto la distancia kilométrica existente al resto de nodos con los que conecta, ni mucho menos su masa demográfica (casi 2 millones de habitantes provinciales), sino la escasa conectividad que posee.

Las capitales de provincia con valores más bajos son por un lado, Huesca, como fondo de saco del ramal con Zaragoza y por extensión del corredor principal noreste-suroeste y, por otro, La Coruña y Orense, situadas en el corredor gallego, no conectado al resto de la red.

Los valores más bajos de la red se dan en la mayor parte de los núcleos no capitales de provincia, hecho razonable si se tiene en cuenta que la masa considerada es muy pequeña, suficiente para que actúe como elemento disuasorio para obtener un buen coeficiente de gravitación. Si aparte de esto, se le añade el hecho de que poseen una menor conectividad en muchos casos, los valores bajos están más que justificados. Destaca de todos ellos Tardienta, el nodo con menor masa demográfica de toda la red, que cuenta con un coeficiente gravitatorio total inferior a la unidad: 0,5.

Gráfico 29. Sumatorio de los Coeficientes Gravitatorios para cada nodo



Fuente: Elaboración propia

La determinación del coeficiente de gravitación para cada enlace y el sumatorio de dicho coeficiente para cada nodo permite obtener rasgos identificativos de la red de alta velocidad española, poniendo de manifiesto la situación central de Madrid, la destacada aportación gravitatoria de grandes aglomeraciones urbanas como Barcelona, Sevilla o Málaga, la influencia de las dos grandes urbes sobre nodos consecutivos de menor entidad y finalmente el escaso poder gravitatorio de muchos núcleos no capitales de provincia, con un escaso número de conexiones respecto al resto de nodos de la red.

Una vez realizado el cálculo del coeficiente gravitatorio para cada nodo y su posterior categorización, el siguiente paso es determinar el número de pasajeros potenciales para cada enlace, de acuerdo con:

$$T_{ij} = K \cdot (P_i \cdot P_j) \cdot CG_{ij}$$

La formulación utilizada en primer lugar aparece en la Figura número 13 así como sobre estas líneas, y consiste en el producto de la masa demográfica considerada para cada par de nodos (P_{ij}) por su coeficiente gravitatorio correspondiente (CG_{ij}), todo ello multiplicado por la constante de ajuste (K).

Los valores registrados para la matriz de pasajeros I (Tabla número 72) han resultado ser muy elevados. Con la última fórmula aplicada los datos obtenidos han provocado una tautología en el modelo, de tal forma que, a mayor coeficiente de gravitación, mayor intensidad potencial de flujo, pero con valores exacerbados respecto a la formulación anterior para el cálculo del coeficiente. El supuesto de “a mayor coeficiente, mayor intensidad de flujo real” no se cumple en la mayor parte de los casos, de tal modo que es conveniente emplear otra fórmula derivada de las variables de masa demográfica y distancia.

La ecuación que se muestra a continuación es la que se aplicó y aparece en la Figura número 14:

$$T_{ij} = K \cdot \frac{P_i \cdot P_j}{P_t} \cdot \frac{D_{ij}}{D_m} \cdot 1.000.000$$

El potencial de viajeros para cada par de nodos es resultado de multiplicar las masas demográficas de cada par de nodos (P_{ij}), dividiendo dicho producto por la población total de la red (P_t), y después dividiendo la distancia entre ambos nodos (D_{ij}) por la distancia máxima calculada para la red (D_m). Dichos cocientes resultantes se multiplican entre sí por la constante de ajuste (K), y finalmente por el multiplicador de millón ya que los resultados “brutos” aparecen expresados en millones de viajeros.

Los resultados otorgados por esta segunda fórmula corresponden a valores más reales que los de la tabla precedente, como se muestra en esta matriz (Tabla número 73).

La utilización de ambas variables (masas demográfica y distancia), permite obtener de esta manera una mayor aproximación a la demanda que pueda existir en cada enlace, si bien los resultados relativos a coeficientes gravitatorios aportan información complementaria sobre las características de la red de alta velocidad, tal como se ha indicado.

Volviendo a los datos aportados tras la aplicación de la segunda fórmula, es cierto que se obtienen valores más cercanos a la realidad que en la primera ecuación utilizada. Pero eso no significa que el modelo no pueda precisarse más. De hecho se ha trabajado para lograr un mayor ajuste de éste, teniendo en cuenta que los resultados que ofrece la segunda fórmula son relativamente bajos aunque más coherentes.

Esta mayor coherencia se demuestra si se presta atención a algunos ejemplos de enlaces. Por ejemplo, para el caso Madrid-Barcelona la cifra que resulta es de 472.684 pasajeros anuales (para ambos sentidos). Otros enlaces con la capital como Madrid-Sevilla, Madrid-Valencia o Madrid-Alicante arrojan resultados algo superiores a los 100.000 viajeros anuales.

Otros enlaces más alejados como Sevilla-Barcelona o Málaga-Barcelona ofrecen datos mayores a los de los tres enlaces anteriores. Concretamente, el dato de Sevilla-Barcelona es de 240.389 viajeros, mientras que para Málaga-Barcelona es de 202.771.

Si bien en el enlace Madrid-Barcelona se pone de manifiesto el peso de ambas masas demográficas, para las conexiones Sevilla-Barcelona y Málaga-Barcelona es la distancia la que actúa como factor promotor de viajes, más que la masa. En el caso de Madrid-Sevilla, Madrid-Valencia o Madrid-Alicante es también la distancia la variable más influyente a la hora de analizar el resultado, ya que la masa demográfica de Madrid se ve en cierta medida penalizada por una distancia no excesivamente alta.

De todas formas es evidente que el modelo necesita un mayor ajuste para lograr una aproximación más cercana a los datos reales a los cuales se ha tenido acceso. Estas cifras, reales, son sensiblemente superiores a las aportadas por esta segunda ecuación.

Dicho lo cual, para obtener una mayor aproximación a valores potenciales de pasajeros lo más cercanos posibles a la realidad presente y/o futura, se ha considerado la siguiente fórmula, ya expuesta en la Figura número 15:

$$T_{ij} = \alpha \cdot (P_i)^\beta \cdot (P_j)^\varphi \cdot D_{ij}^\delta$$

En este caso la matriz se ha categorizado en los cuatro tipos utilizados para la determinación de los coeficientes gravitatorios. Es decir, discriminando por masa demográfica (1 millón de habitantes) y distancia (300 kilómetros).

El motivo de esta categorización se debe a que se trata de la formulación y los datos resultantes que serán comparados posteriormente con las cifras reales disponibles. De este modo puede dirimirse cuál o cuáles son los tipos de enlaces que mejor se ajustan con el modelo propuesto, y por tanto con las cifras reales.

En cuanto al modo de expresar los datos en la matriz se indica el valor potencial en millones para cada celda, con tres decimales, dada la escasa disponibilidad de espacio existente (ver Tabla número 74). Para lograr una mayor legibilidad y aproximación de los resultados, a continuación se representan los resultados de la matriz anterior organizados por las cuatro tipologías consideradas, con seis decimales (al estar expresados en millones) y ordenados de mayor a menor volumen potencial de demanda. Los enlaces incluidos son los mismos a aquellos considerados para el análisis del coeficiente gravitatorio. Son las Tablas número 75, 76, 77 y 78.

Tabla 75. Volumen potencial de pasajeros (millones). Resultados para Grupo 1

ENLACE	PASAJEROS POTENCIALES
Madrid-Barcelona	5,377139
Madrid-Valencia	3,338256
Madrid-Sevilla	2,823732
Madrid-Alicante	2,712259
Barcelona-Sevilla	2,516124
Madrid-Málaga	2,474028
Madrid-Zaragoza	1,819448
Barcelona-Zaragoza	1,647772
Madrid-Tarragona	1,615331
Madrid-Córdoba	1,580022
Madrid-Gerona	1,480274
Barcelona-Toledo	1,339643
Madrid-Lérida	1,105622
Madrid-Albacete	1,055474
Madrid-Huesca	0,730430

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76. Volumen potencial de pasajeros (millones). Resultados para Grupo 2

ENLACE	PASAJEROS POTENCIALES
Madrid-Toledo	1,548345
Barcelona-Tarragona	1,516284
Barcelona-Gerona	1,401254
Madrid-Valladolid	1,278763
Madrid-Ciudad Real	1,184855
Sevilla-Málaga	1,182956
Barcelona-Lérida	1,021887
Madrid-Guadalajara	0,827206
Córdoba-Sevilla	0,762015
Madrid-Cuenca	0,714461
Córdoba-Málaga	0,664885
Madrid-Segovia	0,616171
Ciudad Real-Sevilla	0,553527
Zaragoza-Tarragona	0,496875
Albacete-Alicante	0,485602
Tarragona-Gerona	0,412988
Cuenca-Valencia	0,396994
Zaragoza-Lérida	0,341878
Ciudad Real-Córdoba	0,311213
Lérida-Tarragona	0,310996
La Coruña-Orense	0,301168
Barcelona-Figueras	0,249159
Zaragoza-Huesca	0,228003
La Coruña-Santiago	0,143028
Antequera-Málaga	0,109875
Villena-Alicante	0,107899
Requena-Valencia	0,095805

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77. Volumen potencial de pasajeros (millones). Resultados para Grupo 3

ENLACE	PASAJEROS POTENCIALES
Segovia-Valladolid	0,127891
Cuenca-Albacete	0,126168
Gerona-Figueras	0,070561
Córdoba-Antequera	0,068781
Santiago-Orense	0,068366
Ciudad Real-Puertollano	0,059396
Córdoba-Puente Genil	0,056762
Calatayud-Zaragoza	0,051390
Vill. Córdoba-Córdoba	0,027218

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78. Volumen potencial de pasajeros (millones). Resultados para Grupo 4

ENLACE	PASAJEROS POTENCIALES
Ciudad Real-Lérida	0,213585
Guadalajara-Gerona	0,197073
Córdoba-Cuenca	0,184272
Guadalajara-Lérida	0,147355
Ciudad Real-Cuenca	0,137454
Guadalajara-Huesca	0,097406
Lérida-Figueras	0,049931

Fuente: Elaboración propia

El grupo 1 está formado por todos aquellos enlaces que conectan nodos cuya suma de masa demográfica es mayor o igual al millón de habitantes, estando separados por una distancia mínima de 300 kilómetros.

Este grupo en principio hace referencia al conjunto de conexiones que pretenden ajustarse más a las características del transporte en alta velocidad, así como generar un mayor número de claves sobre las opciones de enlace que pueden tener un aporte de viajeros potenciales más sustancial sobre el conjunto de la red.

Comenzando por Madrid-Barcelona, es el enlace que registra el valor potencial más alto de todas las relaciones, hecho lógico si se tiene en cuenta la masa demográfica de ambos, que totalizan prácticamente doce millones de habitantes. La distancia, que en principio actúa como factor de disuasión, no representa una fuerte penalización a la vista del valor obtenido (dos millones más de pasajeros potenciales que el segundo resultado

más alto). Así pues, es la conexión que debería erigirse como la más importante de toda la red, debido tanto a su gran masa demográfica como a una distancia entre nodos que también puede considerarse como favorable.

El segundo valor más alto del grupo corresponde a la conexión Madrid-Valencia, con 3,3 millones de viajeros potenciales al año. En este caso, la masa demográfica es también considerable (8,9 millones de habitantes). Del mismo modo hay que destacar el papel de la distancia. Esta variable, al ser más contenida que en el Madrid-Barcelona, contribuye a favorecer la atracción entre ambos nodos y con ello el volumen potencial de viajeros.

Los dos siguientes enlaces poseen un comportamiento similar. Madrid-Sevilla y Madrid-Alicante registran poblaciones similares. La diferencia demográfica es de 120.000 habitantes, un valor relativamente bajo. La distancia a la que se encuentran ambas conexiones también es muy pareja (471 kilómetros en el caso de Madrid-Sevilla y 480 en el enlace con la capital mediterránea). De este modo, los valores potenciales de demanda son similares: 2,82 millones para el primero de los casos y 2,71 para el segundo.

En quinto lugar se halla el primer enlace que no conecta con Madrid: Barcelona-Sevilla, con una cifra en torno a los 2,5 millones de pasajeros anuales potenciales. La masa demográfica es muy relevante (7,4 millones) y en este caso la gran distancia existente actúa como factor disuasorio. De hecho, se trata de una de las mayores distancias del ámbito de estudio (1.114 kilómetros)¹¹⁶.

El último enlace que supera los dos millones potenciales de viajeros es Madrid-Málaga, con distancia menor al enlace anterior y masas algo superiores. No obstante, la diferencia a favor de Barcelona-Sevilla estriba en la mayor masa de Sevilla respecto a la malacitana (23 %), ya que el lapso entre las dos grandes capitales es menor (Madrid provincia presenta un 16 % más de población que Barcelona provincia), lo que explica esa pequeña diferencia.

Los siguientes dos enlaces conectan a Madrid y Barcelona con Zaragoza. La conexión entre la capital nacional y la aragonesa registra un valor de 1,8 millones, algo superior a la del enlace con Barcelona (1,64). Ello es debido a la mayor masa de Madrid respecto a la de Barcelona. La distancia, en este caso, no es un factor relevante ya que Zaragoza se encuentra prácticamente equidistante de ambas ciudades.

Madrid-Tarragona, Madrid-Córdoba y Madrid-Gerona presentan datos similares (en torno a 1,5-1,6 millones de viajeros potenciales anuales). Las diferencias a favor del primero de los enlaces se deben a la mayor masa de Tarragona respecto a Córdoba y Gerona. Madrid-Córdoba, pese a registrar una distancia menor, no compensa la menor masa cordobesa. Por último, para Madrid-Gerona corresponde el valor más bajo debido tanto por la menor población de la provincia catalana como por la mayor distancia existente entre ambos nodos.

Barcelona-Toledo cuenta con 1,33 millones de viajeros potenciales. La cifra es menor a Madrid-Gerona, pero las características son similares en cuanto a la masa demográfica del segundo nodo (Toledo y Gerona) y la distancia (739 y 757 kilómetros). Únicamente el valor inferior se debe a la diferencia poblacional entre la capital nacional y la catalana.

Por último, se han considerado enlaces entre Madrid y otras provincias con valores de población más bajos (Lérida, Albacete y Huesca). Los datos resultantes se sitúan en torno al millón, excepto en el enlace con la provincia aragonesa, de poco más de 700.000 viajeros, debido a una masa sensiblemente menor respecto a las otras dos provincias.

Los enlaces con nodos no capitales de provincia registran valores mucho más bajos que los ya analizados. Son los casos de las conexiones de Madrid con Puente Genil,

¹¹⁶ En este dato ya están descontados los kilómetros ahorrados tras la construcción del by-pass en Perales del Río (Getafe, Madrid).

Antequera, Figueras, Tardienta y Requena-Utiel, Barcelona con Puertollano, Puente Genil, Antequera, Calatayud, sobre todo.

Siguiendo el mismo esquema que para el análisis de los coeficientes gravitatorios, en el grupo 2 aparecen aquellos enlaces con masa demográfica igual o superior al millón de habitantes y distancia menor de 300 kilómetros.

Debido al sistema territorial del país, con grandes contrastes demográficos entre el centro y el litoral, los valores resultantes son menores a los registrados en el grupo 1. Pese a que en buena parte de los enlaces considerados aparecen Madrid o Barcelona, las conexiones son realizadas con poblaciones de menor entidad. En total, únicamente siete conexiones poseen un resultado igual o superior al millón de pasajeros potenciales.

De este modo, las cifras más altas corresponden a tres de los nodos que se encuentran consecutivos a Madrid y Barcelona: Madrid-Toledo y Barcelona-Tarragona, con 1,5 millones. A continuación se halla Barcelona-Gerona, con masa algo inferior y distancia algo superior, lo que explica también un valor levemente inferior (1,4 millones).

También con más de un millón de pasajeros potenciales se encuentran Madrid-Valladolid (que es el enlace entre nodos no consecutivos con valor más alto dentro del grupo) y Madrid-Ciudad Real, que sí se trata de una conexión entre nodos correlativos. Por su parte, Barcelona-Lérida es una conexión con las mismas características que Madrid-Valladolid, en el sentido de tratarse de un enlace “cercano” (menor de 300 kilómetros) pero entre nodos no consecutivos. El menor valor de Barcelona-Lérida (1,02 millones frente a 1,27 del Madrid-Valladolid) se debe a las inferiores masas demográficas, tanto de Barcelona respecto a Madrid como de Lérida respecto a Valladolid, ya que la distancia es prácticamente idéntica.

El único enlace que sobrepasa el millón de viajeros potenciales y que no considera a ninguna de las dos masas demográficas más importantes del país es el Sevilla-Málaga (1,18 millones). Es la conexión más importante (a efectos demográficos) dentro del subsistema andaluz de alta velocidad.

El resto de enlaces poseen valores inferiores al millón incluidos algunos que conectan con Madrid o Barcelona. Por ejemplo: Madrid-Guadalajara, Madrid-Cuenca, Madrid-Segovia o Barcelona-Figueras. A medida que el valor disminuye, la presencia de estas provincias también, tratándose sobre todo de enlaces (consecutivos o no) entre nodos con menores masas demográficas. Es éste por tanto el factor más relevante para la determinación del resultado final, más que la distancia. En este sentido, debe tenerse presente que se refieren a enlaces situados a menos de 300 kilómetros.

El grupo 3 comprende aquellos enlaces con masa demográfica menor al millón y distancia también inferior a los 300 kilómetros. Se trata de conexiones entre capitales de provincia con masa contenida y nodos no capitales, si bien existen también otros enlaces donde ninguno de los dos nodos considerados en cada caso es capital de provincia.

Con estos rasgos, los valores obtenidos son muy reducidos. Las dos cifras más altas corresponden a conexiones entre dos capitales de provincia del interior peninsular: Segovia-Valladolid y Cuenca-Albacete, con 127.000 y 126.000 pasajeros potenciales anuales respectivamente.

En el resto de los enlaces se considera al menos un nodo no capital de provincia, en la mayor parte de los casos con escasa masa demográfica, a excepción de la conexión Santiago-Orense, donde la capital autonómica (Santiago de Compostela) se acerca a los 100.000 habitantes, mientras que la capital provincial (Orense) indica una cifra levemente superior (107.000). No obstante, como se ha indicado a la hora de explicar la metodología, al ser esta última la única estación de la provincia de Orense, el dato de referencia para este segundo nodo es el de la masa provincial (323.000 habitantes).

El grupo 4 hace referencia a los nodos con masa demográfica inferior al millón de habitantes y distancia superior a los 300 kilómetros. Las cifras resultantes son bajas al igual que en el caso anterior, ya que como se observa el factor preponderante en la

fórmula es la masa demográfica, aunque la distancia también puede erigirse como factor más explicativo en determinados casos.

De igual forma, es el grupo menos numeroso puesto que no existen demasiados enlaces que conecten nodos de escasa población y separados por una distancia importante.

Los que presentan un valor mayor conectan capitales de provincia. En este sentido, Ciudad Real-Lérida es el único enlace con una cifra que rebasa los 200.000 viajeros (213.000 concretamente), mientras que Guadalajara-Gerona se sitúa en segundo lugar con 197.000. La suma demográfica de cada par de nodos es similar, sin embargo la distancia es ligeramente mayor en el segundo de los casos, lo que explica esa diferencia.

Existen otros tres enlaces que rebasan los 100.000 viajeros potenciales anuales (Córdoba-Cuenca, Guadalajara-Lérida y Ciudad Real-Cuenca).

El resto de conexiones poseen cifras menores, incluso en determinados casos el dato resultante es menor a 10.000, tratándose de conexiones entre nodos muy poco poblados y alejados. Estos son los enlaces para los que se espera una demanda potencial de pasajeros más baja.

Una vez realizada esta última matriz de demanda potencial de viajeros, el siguiente paso ha sido comparar sus resultados con los datos reales a los que se ha tenido acceso.

Los datos que aparecen en la Tabla número 79 son los que han podido ser comparados con datos reales, ofrecidos por el Observatorio del Ferrocarril 2013, procedentes a su vez de RENFE Viajeros. En este sentido debe señalarse que no ha sido posible la comparación de tráfico potencial-real a nivel matricial, es decir, considerando todas las relaciones, puesto que en la documentación oficial consultada únicamente se incluyen las rutas principales.

Tabla 79. Comparación de resultados de demanda de tráfico potencial con datos reales para diferentes enlaces en alta velocidad

ENLACE	POB. 2014 (Mill.)	DIST. (km)	DEMANDA DE TRÁFICO		
			REAL	POTENCIAL	% R/P
Madrid-Barcelona	11,859247	664	3,070184	5,375592	57,1
Madrid-Valencia	8,902804	391	1,858436	3,337296	55,7
Madrid-Sevilla	8,325338	471	2,175808	2,822919	77,1
Madrid-Alicante	8,205949	480	0,880356	2,711478	32,5
Madrid-Málaga	7,961574	514	1,533363	2,473316	62,0
Madrid-Zaragoza	7,337965	325	1,176841	1,818924	64,7
Barcelona-Zaragoza	6,419742	339	0,623555	1,647298	37,9
Madrid-Tarragona	7,187989	564	0,300918	1,614866	18,6
Madrid-Córdoba	7,148070	344	0,757673	1,579567	48,0
Madrid-Valladolid	6,919186	178	0,383618	1,278395	30,0
Madrid-Lérida	6,823129	483	0,231582	1,105304	21,0
Madrid-Albacete	6,786634	316	0,238495	1,055170	22,6
MEDIA	7,823136	422,4	1,102569	2,235010	43,92

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Padrón Municipal de Habitantes, Instituto Nacional de Estadística y Observatorio del Ferrocarril 2013

Nota: Los datos de tráfico real corresponden a 2013

Con objeto de enriquecer el análisis y alcanzar un mayor nivel de desagregación, se remitió a RENFE Viajeros una comunicación solicitando información estadística al respecto. Para posibilitar esta comparación, los datos solicitados a la compañía fueron los siguientes:

1. Ocupación de cada línea y tramos desagregados, del conjunto de la red de alta velocidad, en cifras brutas de pasajeros (2009-2013)
2. Ocupación de cada línea y tramos desagregados, del conjunto de la red de alta velocidad, por índice de ocupación (2009-2013)

De esta manera, el estudio comparativo se ha centrado en los datos incluidos en el Observatorio del Ferrocarril 2013, en la Tabla 2.1.11 “Tráfico de viajeros de larga distancia y AVE en las principales rutas origen-destino”.

Las rutas de larga distancia publicadas en dicho documento, han tenido que ser discriminadas para el análisis de su tráfico en dos categorías: las que son ofertadas por servicios de alta velocidad (AVE, Avant y AV City) y el resto de rutas. Estas últimas han sido desechadas al no formar parte de la red de alta velocidad. De igual modo se debe tener en cuenta que en el Observatorio el volumen de tráfico en cada ruta, integra tanto los pasajeros que se han desplazado en servicios de alta velocidad como otros que lo han hecho en larga distancia convencional.

Respecto a la información contenida en la Tabla número 79 deben señalarse una serie de consideraciones. En primer lugar, se incluyen datos relativos a la masa demográfica de la suma de ambos nodos, es decir, del enlace. En segundo lugar, se detalla la distancia kilométrica existente entre ambos. En tercer lugar, los valores de demanda real extraídos del Observatorio del Ferrocarril 2013, en la correspondiente Tabla 2.1.11 antes mencionada. Y en cuarto lugar, las cifras resultantes de la aplicación del modelo gravitatorio.

En la última fila se incluyen los valores medios calculados para cada variable y volumen de tráfico, lo que permite aportar una idea general del enlace “tipo” analizado y los resultados que ha obtenido. Finalmente, se ha incluido una columna a la derecha que muestra la proporción de la cuantía de viajeros reales respecto a los potenciales.

Los enlaces están ordenados de mayor a menor valor según el volumen de demanda potencial obtenida de la formulación, para así observar la mayor o menor concordancia respecto a los valores reales.

Partiendo de estos criterios se ha pasado a analizar los datos de las doce conexiones incluidas en la tabla anterior, referidas a enlaces con trayecto exclusivo en red de alta velocidad.

Exceptuando la conexión Madrid-Valladolid, el resto de enlaces se encuadran dentro de la primera categoría grupal definida anteriormente, es decir, enlaces con masa demográfica mayor al millón de habitantes y separados por una distancia superior a los 300 kilómetros, lo que corrobora la afirmación de que se trata del conjunto de enlaces más aptos a priori para la red de alta ferroviaria en España.

A la vista de tales datos, las cifras de tráfico potencial resultantes son mayores a las del tráfico real en todos los casos, hecho positivo dado que, considerando las variables utilizadas, la demanda potencial debe ser entendida como la demanda máxima posible de viajeros que puede existir para una determinada ruta. Todas las cifras obtenidas de demanda potencial son pues resultados máximos.

La metodología seguida para la elaboración de los datos de tráfico real por parte del Observatorio, indica que los valores obtenidos se refieren a pasajeros anuales que han utilizado para cada ruta trenes únicamente de larga distancia y en ambos sentidos.

Se detecta sin embargo una cierta ambigüedad en el sentido de si las rutas hacen referencia a enlaces directos o no. Si un viajero realiza la ruta Madrid-Barcelona existe la posibilidad de que dicho viaje quede cuantificado también para rutas de estaciones intermedias (Zaragoza, Tarragona, etc.), aunque no pare en éstas. Se entiende por tanto que deberían computarse únicamente aquellos viajeros entre estaciones consecutivas

o bien con enlaces directos entre aquellas que no lo son. En el caso anterior, se trataría de contar sólo los viajeros que se dirijan estrictamente de Madrid a Barcelona mediante un enlace directo.

Una vez indicada esta apreciación, se ha realizado el análisis de ambos conjuntos de resultados según las rutas.

Comenzando por Madrid-Barcelona, es evidente que se constituye como la ruta con más tráfico, tanto a nivel potencial como real. La diferencia respecto al segundo enlace con mayor afluencia es de dos millones para los resultados propios y casi uno para los datos reales. La cuantía de viajeros reales calculada es del 57 % frente a los potenciales, un resultado por encima de la media del conjunto (43 %).

Como ya se ha indicado, el segundo valor más alto a nivel potencial es el de Madrid-Valencia. Sin embargo, en cuanto a datos reales se halla en la tercera posición, con cerca de dos millones de pasajeros anuales, lo que representa una cuantía del 55 % respecto al volumen potencial calculado, una cuota porcentual similar a la aportada por Madrid-Barcelona.

Madrid-Sevilla ha obtenido 2,823 millones de pasajeros anuales potenciales, cifra más cercana al dato real publicado (2,175). Es el enlace con una cuota de viajeros reales respecto a los potenciales más elevada del conjunto de datos comparables, con un 77,1 %. Esto se debe a que, pese a ser el tercer valor por tráfico potencial es el segundo por tráfico real, superando a Madrid-Valencia. Esta cuantía también puede indicar que se trata de la conexión en la que existen menores posibilidades de crecimiento, teniendo en cuenta claro está únicamente las variables de masa demográfica y distancia.

El siguiente enlace por tráfico potencial es Madrid-Alicante. Las cifras obtenidas son similares a las de Madrid-Sevilla, tanto respecto a la suma de masas demográficas como a la distancia entre los nodos. El presente tráfico real es sensiblemente menor. Debe señalarse que el dato publicado es de 2013, año en que se inauguró el servicio en alta velocidad hasta la ciudad levantina.

Según se observa en los datos del Observatorio, en 2012 dicha ruta registró un tráfico anual de 663.000 viajeros, mientras que en 2013 se elevó hasta los 880.000, con la puesta en marcha del nuevo tren en junio. Pese a ello, el incremento es de un 32 %, sensiblemente inferior al producido en otros servicios tras la llegada del tren de alta velocidad, como por ejemplo Madrid-Barcelona (tráfico tres veces superior), Madrid-Málaga (dos veces superior) o Madrid-Valencia (dos veces y media superior), aunque el servicio fuera puesto en marcha ya a mitad del año.

Respecto a Madrid-Málaga, registra un valor potencial ligeramente inferior a Madrid-Alicante, si bien los datos reales son notablemente superiores (más de millón y medio de pasajeros), lo que supone una cuantía porcentual del 62 % frente al tráfico potencial, uno de los valores más altos de la serie.

Madrid-Zaragoza obtiene un volumen potencial menor, ya por debajo de los dos millones y también es inferior el tráfico real (1,17 millones anuales). Aunque es uno de los enlaces con nodos más próximos (325 kilómetros) cuenta con la segunda mayor proporción de viajeros reales respecto a los potenciales (64,7 %), considerando sólo masas demográficas y distancia. Por tanto desde una aproximación apriorística, es uno de los enlaces con menor capacidad de aumento de volumen.

La otra ruta que incluye Zaragoza conecta con Barcelona. Este enlace registra poco más de 600.000 viajeros anuales en 2013, lo que implica un porcentaje respecto al valor potencial algo inferior a la media, concretamente del 37,9 %.

Por su parte, Madrid-Córdoba es el último de los enlaces que registra un porcentaje superior a la media, prácticamente del 50 % del tráfico real respecto al potencial. Concretamente los valores son de 0,757 millones de viajeros reales en 2013 frente a 1,579 millones de pasajeros potenciales.

El resto de enlaces incluidos conectan Madrid con Tarragona, Valladolid, Lérida y Albacete. Los datos de tráfico publicados por el Observatorio para estos enlaces son

mucho menores a los calculados a nivel potencial. De hecho, son las conexiones en las que existe mayor diferencia entre ambos.

En general las cuantías porcentuales son mayores para los enlaces que conectan Madrid con finales de línea o grandes aglomeraciones urbanas de las cuales parten otros corredores: Madrid-Sevilla, Madrid-Zaragoza, Madrid-Málaga, Madrid-Valencia, y en menor medida, Madrid-Córdoba.

De igual forma debe destacarse la conexión Madrid-Barcelona, donde esta última ejercía de final de línea hasta 2013, cuando se amplió hacia la frontera francesa. En la mayor parte de los casos se trata de rutas a larga distancia, que permiten aprovechar mejor las ventajas de la alta velocidad.

Las conexiones con nodos intermedios o interiores presentan unos valores más bajos. Madrid-Valencia obtiene una cuantía del 55 %, y Madrid-Alicante un 32 %, mientras que Madrid-Albacete desciende hasta el 22 %.

Otro ejemplo es el del corredor que conecta Madrid con el sur peninsular: Madrid-Sevilla registra un 77 % y Madrid-Málaga un 61 %, mientras que Madrid-Córdoba alcanza un 48 %.

En cuanto al corredor noreste, Madrid-Barcelona llega al 57 % mientras que Zaragoza-Barcelona se queda en un 37 %, Madrid-Lérida en un 20 % y Madrid-Tarragona en un 18 %. En este último caso la única excepción es Madrid-Zaragoza (64 %).

Debe destacarse también el caso de Madrid-Valladolid, pero no de forma muy positiva. Hasta la fecha (junio de 2015) Valladolid es un fondo de saco de la línea Madrid-norte. Los valores que obtiene de tráfico real son muy bajos comparados con los previsibles como máximo a nivel potencial, y teniendo en cuenta los datos arrojados por otros nodos finales de línea como Valencia, Sevilla, Málaga o incluso Alicante. Utilizando la terminología anterior, es una ruta perteneciente al grupo 2, con masas mayores al millón de habitantes y distancia inferior a 300 kilómetros. Es la única ruta de este grupo de la que se han podido extraer datos.

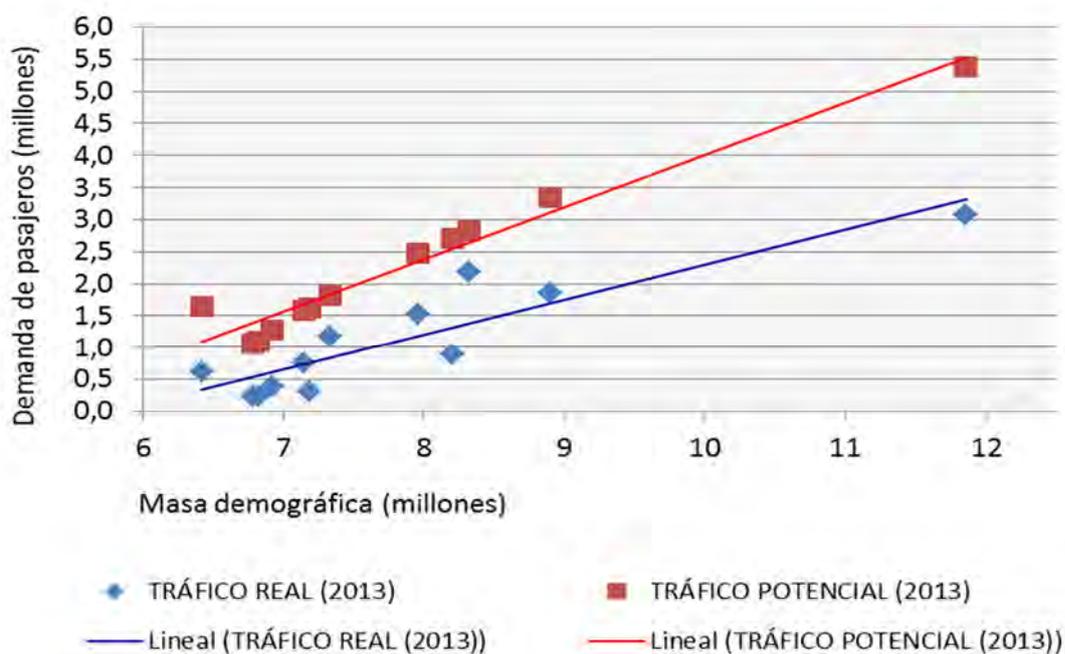
Si se tiene en cuenta la evolución previa del tráfico en alta velocidad entre la capital y dicha ciudad castellano-leonesa hay que señalar que la inauguración del servicio en alta velocidad supuso un incremento de tráfico de 8,7 veces respecto al año precedente (2007). Sin embargo, de los 806.000 viajeros registrados en 2008 se ha pasado a 350.000 en 2012, un 57 % más bajo. En 2013 ha vuelto a aumentar, hasta los 383.000 viajeros, cifra muy baja de todas maneras respecto a los 1,27 millones calculados a nivel potencial. Es la ruta que presenta una evolución más negativa.

Como complemento a lo anterior, se incluyen dos gráficas de dispersión, que relacionan volumen de pasajeros con la masa demográfica (Gráfico número 30) y con la distancia (Gráfico número 31), respectivamente. En ambos gráficos se representan también las correspondientes ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación resultantes.

La mayor o menor cuantía del valor de tráfico real respecto al potencial también queda reflejado en el gráfico, teniendo en cuenta la mayor o menor distancia entre cada par de puntos (azul y rojo) sobre el eje de abscisas.

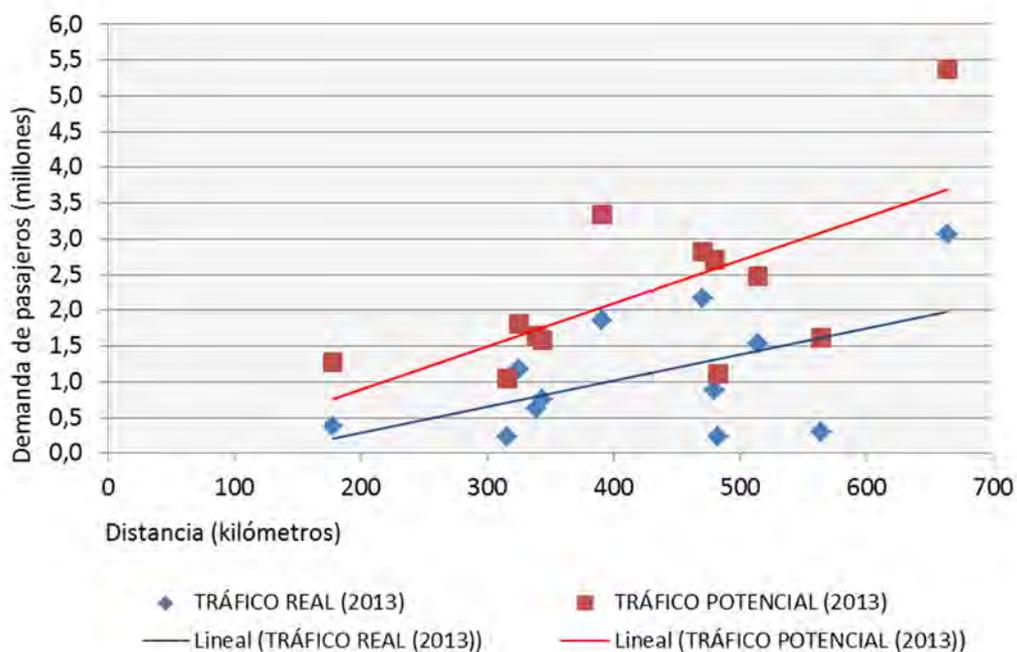
Respecto al gráfico de dispersión que relaciona el volumen de pasajeros con la distancia entre los nodos, debe decirse que la dependencia entre ambas variables es mucho menor que la referente a la de masa demográfica y tráfico, donde los valores del coeficiente R^2 se hallan muy próximos a 1, sobre todo en el dato de tráfico potencial. Esto significa que existe una notable interrelación entre masa y volumen de viajeros, como puede observarse en la Tabla número 80. En el caso de la distancia, la interrelación es menor (0,28 y 0,41), y nuevamente el valor de tráfico potencial es superior al real. Al ser menor la interrelación, la independencia es mayor, lo que genera mayor dispersión de los valores respecto a cada línea de tendencia, al contrario de lo que sucede en el Gráfico número 30.

Gráfico 30. Relación masa demográfica-volumen de pasajeros. Gráfico de dispersión



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 31. Relación distancia-volumen de pasajeros. Gráfico de dispersión



Fuente: Elaboración propia

Tabla 80. Valores obtenidos en los gráficos de dispersión para las relaciones entre variables y tipo de tráfico

RELACIÓN MASA DEMOGRÁFICA -PASAJEROS	TRÁFICO REAL	TRÁFICO POTENCIAL
Ecuación de regresión	$y = 0,5483x - 3,1869$	$y = 0,8165x - 4,1527$
Coefficiente de determinación R^2	0,8097	0,9557
RELACIÓN DISTANCIA -PASAJEROS	TRÁFICO REAL	TRÁFICO POTENCIAL
Ecuación de regresión	$y = 0,0036x - 0,4286$	$y = 0,006x - 0,3022$
Coefficiente de determinación R^2	0,2833	0,4141

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos, el aumento de la masa demográfica puede implicar en un 80% el aumento de la demanda de viajeros real, y un 95% la potencial, mientras que el aumento de la distancia sólo implica un aumento de la demanda de viajeros en un 28 % (real) y un 41 % (potencial).

En el Gráfico número 31 aparecen varios enlaces con tráfico bajo (menos de 0,5 millones de viajeros anuales) y separados por distancias muy diferentes (desde los 178 kilómetros del Madrid-Valladolid a los 564 del Madrid-Tarragona).

En el caso contrario, las conexiones Madrid-Barcelona y Madrid-Sevilla se sitúan claramente por encima de ambas líneas de tendencia, tanto a nivel potencial como real. Son los valores que más aportan a la hora de producir mayor dispersión en dicho gráfico.

6.5. CONCLUSIONES

Los modelos de gravitación son una técnica de análisis ampliamente utilizada en diferentes ámbitos, uno de ellos es el del transporte.

La determinación del flujo de viajeros entre dos puntos puede considerarse como uno de los estudios empíricos en los que la utilización de dichos modelos puede ser más idónea, pues permite detectar de forma relativamente simple los flujos de tráfico de mayor y de menor entidad. Puede establecerse con ello un gradiente de los mismos e identificar los corredores o enlaces con mayor y menor volumen de pasajeros.

En la tesis se ha aplicado un modelo de gravitación para determinar el flujo potencial de viajeros en cada enlace, para toda la red de alta velocidad española.

Las variables empleadas para su implementación han sido la masa demográfica y la distancia. Sobre ambas se ha realizado una caracterización que permite obtener claves respecto a la dinámica de la red y el territorio sobre el que ésta se asienta.

El modelo demográfico español presenta un claro desequilibrio centro-periferia, con una única urbe central que supera el millón de habitantes (Madrid), mientras el resto del interior se halla mucho menos poblado, reseñando únicamente las excepciones de Zaragoza y Valladolid. La periferia presenta un volumen poblacional mayor destacando Barcelona aunque siempre por debajo de la capital, junto a Valencia, Alicante, Sevilla y Málaga, considerando las ciudades que cuentan con conexión en alta velocidad.

Pero los contrastes de población también se observan en otras facetas. En la provincia de Zaragoza, la capital presenta la mayor macrocefalia existente en el país a nivel provincial, con un 70 % del total de población. El otro nodo provincial con estación, Calatayud, presenta un volumen ínfimo en comparación con la capital provincial y autonómica. Pero existen otros ejemplos donde destaca el caso contrario dentro de la misma provincia: la paridad demográfica entre el nodo capital y el otro nodo que también cuenta con estación, es el caso de Ciudad Real y Puertollano.

Las mayores desigualdades de población se detectan analizando todos los núcleos con estación de alta velocidad, de tal forma que se encuentran nodos como Madrid, con más de tres millones de habitantes, y otros como el municipio oscense de Tardienta, cuya población no alcanza el millar.

Desde una perspectiva diacrónica la evolución de población resulta más positiva en líneas generales, a nivel de la capital provincial que respecto al resto de municipios de cada provincia. Si se tienen en cuenta las diferentes líneas de alta velocidad, los datos provinciales son más positivos en el eje principal, Sevilla/Málaga-Córdoba-Madrid-Barcelona-Frontera francesa, que en el resto de la red.

Su gran masa demográfica junto con un idóneo emplazamiento, permiten que Madrid se configure como el nodo rector de la red de alta velocidad ferroviaria. Es aquel que aporta y recibe más pasajeros y el que está ubicado a menos distancia de todos los demás, por su posición central. Los efectos de difusión de la actividad económica se transmiten a provincias limítrofes, sobre todo Toledo y Guadalajara, así como Ciudad Real, que no es geográficamente limítrofe pero sí lo es a nivel de red.

Pero este proceso de difusión no resulta tan notable en otras provincias fronterizas como Segovia o Cuenca, aunque cuenten también con conexión en alta velocidad, debido a una desigual distribución de los parques industriales y de servicios entre estas provincias (la comarca de La Sagra y el corredor del Henares poseen una gran importancia en este sentido, más que Segovia o Cuenca capital, con una actividad industrial y de servicios menos acusada).

Respecto a la distancia, corresponde señalar el escaso valor medio existente entre estaciones, o sea, la distancia media entre nodos. Concretamente es de 207,1 kilómetros considerando todas las relaciones, y de 87,7 kilómetros teniendo en cuenta sólo los nodos consecutivos. Se trata de cifras más bien bajas como para aprovechar óptimamente las características intrínsecas del transporte en alta velocidad, aunque este es en realidad el modelo de red adoptado en España.

Tras la caracterización de variables, el cálculo del coeficiente de gravitación no hace sino corroborar lo afirmado con anterioridad: la consolidación de Madrid como nodo central de la red, frente al resto de un interior poco habitado con muy baja gravitación y una periferia con gravitación superior pero penalizada por la distancia respecto a este nodo central.

Dentro de esta periferia puede incluirse, por un lado, Barcelona (como antiguo final de línea) y su gravitación respecto a Tarragona y Gerona, junto a Valencia y Alicante, que sí son nodos finales; por otro el subsistema de alta velocidad andaluz que también posee unos niveles de gravitación destacados, aunque siempre en segundo plano respecto a los valores de la aglomeración barcelonesa y sobre todo de la madrileña.

Un último rasgo identificador extraíble tras el cálculo del coeficiente gravitatorio es el del escaso papel "potenciador" de flujo de los nodos no capitales, de los periféricos y de los que presentan una masa demográfica muy baja. Se advierte que un alto valor en el coeficiente de gravitación, no implica por sí mismo un mayor éxito en cuanto a flujo de transporte para un determinado enlace.

La generación y aplicación del modelo para calcular la demanda potencial de viajeros y posibilitar su comparación con datos reales ha resultado ser una tarea compleja, siendo necesaria una aproximación progresiva en base a la aplicación de diferentes formulaciones.

Existen ciertas limitaciones intrínsecas a los modelos gravitatorios: la falta de base teórica amplia, al tratarse de fórmulas de probabilidad generalizadas y un cierto carácter estático, al no tener en cuenta la evolución de la estructura del sistema espacial ni el origen de los fenómenos que generan los flujos.

Estas carencias se han paliado con el análisis diacrónico de la evolución poblacional, del contexto territorial en el que se inserta la red y de las relaciones existentes entre las variables utilizadas y el volumen de demanda potencial y real de cada nodo.

En cuanto a la masa demográfica hay que señalar la conveniencia de determinar qué dato utilizar (el referido a nivel provincial, a nivel municipal u otro), según el número de estaciones en cada provincia y la diversidad de casuísticas. Ello implica la necesidad de establecer una tipología según la población considerada y posteriormente otra discriminando a partir de los umbrales fijados para cada una de las variables, un millón de habitantes y 300 kilómetros de distancia vectorial.

De los cuatro grupos resultantes, el primero de ellos comprende los enlaces cuya suma de masas demográficas es superior al millón de habitantes y la distancia que separa los nodos es de al menos 300 kilómetros. Este grupo ha sido el más fácilmente comparable debido a diversas razones: la disponibilidad de datos reales respecto a los demás tipos de conexiones, características de masa y distancia más ajustadas para un transporte eficiente en alta velocidad y niveles de demanda potencial superiores, por tanto son los que han podido ser comparados al existir datos reales para esos mismos enlaces.

Antes de su comparación con los datos, es preciso realizar otra consideración respecto al coeficiente gravitatorio de este grupo. No se trata de los enlaces con un mayor coeficiente de toda la red, ya que los valores más altos corresponden a las conexiones entre las dos grandes aglomeraciones urbanas del país con sus respectivos nodos consecutivos (Madrid-Toledo, Barcelona-Gerona, Barcelona-Tarragona y Madrid-Guadalajara), es decir, enlaces pertenecientes al grupo 2, con masa demográfica superior al millón de habitantes y distancia inferior a los 300 kilómetros. Se refiere por el contrario a aquellos con una cifra mayor dentro del grupo 1 (Madrid-Valencia, Madrid-Barcelona, Madrid-Sevilla, etc.)

Respecto al cotejo con los datos reales, debe señalarse que ha sido posible la comparación de doce enlaces. El fin primero era la comparación a nivel matricial, de todas las posibles relaciones en alta velocidad existentes en la actualidad en España. A este respecto se realizó la correspondiente petición de información a RENFE de los datos para el quinquenio 2009-2013. Si bien es cierto que por motivos comerciales no se facilitan datos relativos a la actividad comercial de la empresa, la petición realizada correspondía también a años previos a la entrada en vigor del Real Decreto-Ley 4/2013, de medidas de apoyo al emprendedor y de estímulo de crecimiento y de creación de empleo, por lo que no se entiende la negativa a dar dicha información del periodo anterior a la aplicación del Real Decreto-Ley.

Por este motivo, el análisis comparativo se reduce a los doce enlaces siguientes: Madrid-Barcelona, Madrid-Valencia, Madrid-Sevilla, Madrid-Alicante, Madrid-Málaga, Madrid-Zaragoza, Barcelona-Zaragoza, Madrid-Tarragona, Madrid-Córdoba, Madrid-Valladolid, Madrid-Lérida y Madrid-Albacete. Como puede observarse en todos ellos al menos uno de los nodos es Madrid o Barcelona, por tanto es muy significativa la preponderancia de ambas ciudades como aportadoras y/o receptoras de potenciales viajeros dentro de la red.

La demanda potencial obtenida resulta superior a la real pero en diferente proporción según el caso considerado. Los enlaces entre Madrid y los nodos finales de línea (junto con Barcelona), son los que presentan una proporción de demanda real respecto a la potencial superior. De todos ellos, la cuantía más alta corresponde a Madrid-Sevilla, con un 77,1 % del valor de demanda real frente a la potencial. Cabe la posibilidad de que esté relacionado con una mayor consolidación del servicio, al ser el que lleva más años en funcionamiento.

Por el contrario, la mayor diferencia porcentual entre ambos datos se registra en ciertos enlaces entre nodos intermedios, como es el caso de Madrid-Albacete, Madrid-Lérida o Madrid-Tarragona.

Cabe preguntarse si los datos publicados en el Observatorio del Ferrocarril 2013 para tráfico de larga distancia aparecieran desagregados, según fueran de alta velocidad o de larga distancia convencional, probablemente los valores podrían ser más homogéneos al menos desde un punto de vista teórico.

También hay que considerar si dichos datos reales corresponden al flujo entre enlaces directos exclusivamente, puesto que puede haberse cuantificado más de una vez un mismo viaje al hacer referencia a nodos no consecutivos.

Aparece algún enlace en el que la implantación de la alta velocidad no ha supuesto un fuerte crecimiento de su demanda real o bien ha experimentado un comportamiento irregular, con importantes descensos del flujo de viajeros posteriormente a su inauguración.

Madrid-Alicante registra un aumento del flujo de viajeros bastante inferior al producido en otras ciudades como Barcelona, Málaga o Valencia tras la inauguración de sus respectivas conexiones con la capital, probablemente debido a su mayor cercanía a Madrid y a su más elevada masa demográfica.

Los peores resultados se refieren al corredor Madrid-Valladolid, en el que se produjo un aumento del flujo tras la entrada en servicio del nuevo tren en 2007, si bien desde entonces y hasta 2013 el descenso de la demanda es continuado. De cara al futuro, deben plantearse posibles cambios en el corredor Madrid-norte (o incluso en la totalidad de la red) que supongan la puesta en servicio al completo de toda la línea hacia Galicia, afectando tanto al nivel de demanda como al de cuota de mercado del ferrocarril. Hay que tener en cuenta que al igual que existe en la actualidad el trayecto directo Málaga-Barcelona, podría ser una realidad también un enlace directo hacia Galicia desde estas dos ciudades.

Respecto a los gráficos de dispersión, resulta claro que existe una correlación mayor entre flujo de demanda y masa demográfica que entre ese mismo flujo y la distancia. En este sentido es lógico entender a priori que “a mayor población, mayor demanda”. Sin embargo no lo es tanto considerar que “a mayor distancia, mayor demanda”, ya que la distancia se rige más por un umbral de adecuación, que resulta de componentes variables. Por tanto el papel de la distancia como factor de disuasión es sólo una aproximación de carácter empírico. Se desprende de ello, que la intensidad de flujo es más independiente de la distancia que de la masa demográfica, en línea con lo señalado por autores como Rico.

7. IMPACTOS DERIVADOS DEL TREN DE ALTA VELOCIDAD

Toda actividad de transporte genera impactos de diferente naturaleza, intensidad, escala y signo. El tren de alta velocidad también presenta múltiples afecciones que pueden resultar más o menos detectables, medibles y comparables con diferentes resultados según el objetivo, la metodología, características de los datos empleados, etc.

7.1. INTRODUCCIÓN

El transporte es un sector especial para la economía, al servir de soporte para otras muchas actividades. Es precisamente por su condición de medio y no de fin en sí mismo, por lo que desde la economía del transporte se considera que su importancia en una economía avanzada no reside tanto en su aportación al producto interior bruto, como en su eficiencia para el resto de actividades (Guillamón, 2009).

Es un hecho admitido que el transporte se caracteriza, entre otros rasgos, por ser un sector con afecciones antagónicas o contradictorias, pues genera una serie de efectos externos tanto positivos como negativos, muchos de los cuales afectan directamente a la población y a su nivel de bienestar.

Influye en la globalización de los mercados, lo que se traduce en un incremento de la competitividad, la productividad y los flujos de bienes y personas. Este incremento de flujos de personas provoca un aumento de la movilidad, lo cual, en virtud de las escalas actuales del fenómeno, se puede considerar como un factor más perjudicial que beneficioso.

Puede afirmarse que el sector de los transportes contribuye significativamente a la creciente insostenibilidad energética y ambiental, cuyos efectos quedan plasmados sobre el territorio. Estos efectos han sido investigados por diferentes autores, así como por la Unión Europea, mediante la publicación de informes efectuados con mayor o menor profundidad.

Lo referido al transporte en general, también puede aplicarse en particular a la alta velocidad ferroviaria. En este capítulo se analizan diferentes efectos que una línea de alta velocidad puede generar, teniendo en consideración también su relación con otros modos. La estructura seguida consta de cuatro grandes apartados:

El apartado inicial se refiere a las consecuencias sobre la movilidad espacial que puede producir. Se hace una contextualización general relativa a las políticas de transporte y su relación con la movilidad, los cambios en la demanda por parte de los viajeros y la competencia existente entre modos de transporte para la captación de potenciales usuarios.

En el segundo se aborda los impactos de este modo de transporte desde una perspectiva económica y social, teniendo en cuenta los costes de la implantación de la alta velocidad, agentes intervinientes y política tarifaria, entre otros aspectos, tendentes todos ellos a determinar y aportar datos para la evaluación de la rentabilidad social del tren.

En el tercero se aplica una óptica plenamente territorial. Pese a que el territorio es el soporte en el que tienen lugar los efectos referidos y por tanto está presente de forma más o menos directa en todo el bloque, se ha optado por integrar en este capítulo fenómenos de índole netamente territorial ocasionados por el tren de alta velocidad.

En el último apartado se hace referencia a las implicaciones ambientales. Se han considerado para su exposición varios trabajos que abordan dicha temática con ópticas diferentes: efectos del tren de alta velocidad sobre el cambio climático, volumen de emisiones, contaminación acústica, etc.

7.2. IMPLICACIONES SOBRE LA MOVILIDAD ESPACIAL

Todo sistema de transporte genera un flujo ya sea de personas, mercancías o información, según indica Haggett (1976). De igual manera, una red de alta velocidad ferroviaria genera su propio flujo de transporte.

En este apartado se va a exponer la relación entre este modo y los conceptos de movilidad y de accesibilidad, no en un sentido tan topológico como el número de estaciones que conforman un servicio de alta velocidad, así como su emplazamiento, sino desde una perspectiva más socio-espacial, haciendo referencia a la facilidad o no para superar una determinada distancia y satisfacer las necesidades de bienes y servicios que demanda la sociedad. Se incluyen otras aportaciones fundamentalmente teóricas para el estudio de la demanda, así como análisis relativos a la competencia entre modos de transporte.

7.2.1. Movilidad y accesibilidad

Al hablar de alta velocidad y de transporte, son claves en ese sentido los conceptos de movilidad y accesibilidad.

Para una primera aproximación al concepto de movilidad sirve la definición de Adey (2009): “relación a través de la cual se vive y entiende el mundo” y de ella resulta una temática abordable desde una perspectiva multidisciplinar. Con una mayor concreción pueden situarse a Ramos (2005) y Guillamón (2009), que afirman que el concepto de movilidad hace referencia a la cantidad de movimiento resultante de los desplazamientos efectuados por personas o con mercancías.

Desde los ámbitos políticos y económicos se ha asociado habitualmente un alto nivel de movilidad con el progreso y la libertad, por lo que se considera muy positivo el crecimiento sin límite de la misma. Los sucesivos planes de transporte ya referidos y aprobados por el gobierno apuestan de forma más o menos directa por incentivar la movilidad espacial, tanto urbana como especialmente, interurbana de personas y mercancías. Como señalan Córdoba y Gago (2012), se trata de uno de los elementos discriminantes en un proceso de re-estratificación mundial en base a una jerarquía social a escala mundial. Está pues profundamente relacionada con el concepto de globalización, entendiendo ésta como conectividad compleja y como intensificación de la interconexión a nivel mundial.

Respecto a la accesibilidad, ya se ha señalado que puede entenderse también como la facilidad con la que superamos la distancia que nos separa de los lugares donde satisfacemos nuestros deseos o necesidades. Con esta definición puede pensarse que se ganaría en accesibilidad cuanto menor sea la distancia a superar. Lo que ha prevalecido hasta el momento es una interpretación de la accesibilidad sesgada, que pone énfasis en la eficiencia del transporte para superar la distancia y posibilitar el desplazamiento *per se*, sin reparar en que dicho desplazamiento no tendría lugar si tuviéramos satisfechas nuestras necesidades sin movernos.

De esta manera el aumento de la accesibilidad propicia igualmente la creación de cercanía con lugares antes más alejados o menos accesibles, pero también favorece e incentiva la necesidad de moverse.

Los procesos de dispersión de actividades provocados por la creación de cercanía y proximidad, en definitiva por el aumento de la accesibilidad de áreas cada vez más alejadas, posibilitan el aumento de los desplazamientos tanto en distancia como en tiempo para dirigirse a los centros de actividad y ocio. Se produce la transición de un estadio previo de movilidad potencial a movilidad real (Gudmundsson, 2005). Los lugares ganan accesibilidad, pero también se genera más dependencia del transporte. Hay que destacar con ello la valoración positiva que se hace respecto a disfrutar de mayores posibilidades de movilidad.

Con esta evolución el movimiento acaba convirtiéndose en el objetivo básico del transporte, en lugar de la creación de proximidad y de accesibilidad. Lo que prevalece es una interpretación de la accesibilidad que pone de relieve la eficiencia del sistema de

transporte para superar la distancia, para posibilitar el desplazamiento en sí mismo, sin reparar en que dicho desplazamiento no tendría lugar si se pudieran satisfacer las necesidades sin movimiento (Ramos, 2005). Se aboga más por la satisfacción de deseos que por la de necesidades. La necesidad sería el ahorro de tiempo, mientras que el deseo es llegar más lejos en el mismo tiempo, por tanto las infraestructuras animan a viajar más lejos, siendo constante el periodo de tiempo invertido como sugieren Zahavi (1982) y Serrano (2010).

Dentro de la perspectiva de la planificación, estos planteamientos han sido fielmente adoptados, existiendo una clara determinación para generar más flujos de bienes, de servicios y especialmente de personas. Se considera vital multiplicar las posibilidades de conexión de cada núcleo de población a través tanto de desplazamientos cortos a los espacios próximos como, a núcleos más alejados con servicios de transporte de media y larga distancia.

Es preciso indicar que existe un amplio debate en relación a la necesidad o no de seguir fomentando el aumento de movilidad o bien de regularizarla, ajustando oferta y demanda de transporte o incluso reduciéndola. La dicotomía de planteamientos se produce sobre todo entre los informes, artículos, jornadas, etc., ligadas al ámbito profesional, y en el otro extremo en el de las decisiones políticas (Aparicio, 2010).

Los poderes políticos en general (europeos, nacionales, autonómicos, regionales...) así como las empresas del sector del transporte, se posicionan como es obvio apoyando aquellas medidas tendentes a incentivar los flujos y a generar mayor dinamismo en los desplazamientos¹¹⁷.

Coexisten en este sentido dos mensajes simultáneos y a la vez contradictorios. Del mismo modo que se hace referencia a la sostenibilidad del sistema de transporte, también se insiste en la necesidad de generar mayor accesibilidad, de disminuir la ratio de kilómetros de distancia que separa a un núcleo de población de cierta masa demográfica respecto a una vía de alta velocidad, y más concretamente de una estación acondicionada a tal efecto.

Se apuesta más por el incremento de la movilidad que por su gestión. De hecho, en el Libro Blanco de Transportes de 2011 de la Comisión Europea se señala incluso que "no se plantea restringir la movilidad" (Artículo 18).

A nivel nacional sí parece que con la presentación del PITVI, en España se ha minorado en cierta medida la inversión en infraestructuras, favorecedoras de una mayor oferta para los desplazamientos. También es cierto que el componente económico juega un papel fundamental, más que un hipotético cambio de concepción tendente a una planificación más abierta a cambios de planteamientos y rupturas con el modelo anterior. Los proyectos de alta velocidad cancelados o paralizados presentan esta situación debido sobre todo a la falta de financiación, más que a la existencia de una reconsideración de aspectos clave en el modelo de transporte ferroviario nacional.

En clara oposición a estos postulados "oficiales" se sitúa la obra *Transport Growth in Question*, publicación del 12º Simposio Internacional de Teoría y Práctica de la Economía del Transporte (VV.AA, 1993) y el Informe SACTRA (1999), elaborado por el Consejo Asesor de Transporte del gobierno británico. En dichos documentos se plantean los problemas que pueden derivarse del transporte y se valora su importancia y la necesidad de hacerles frente. El Informe SACTRA, más reciente, es más crítico cuestionando los beneficios de seguir incrementando la oferta de transporte, incluso se llega a la conclusión de que romper el crecimiento continuado del transporte podría beneficiar a la economía.

¹¹⁷ Para obtener una visión más completa de la evolución de la movilidad en España, el ministerio de Fomento publica cada seis años la encuesta "Movilia", con objeto de conocer las pautas de movilidad de la población española. Dicho documento ofrece una exhaustiva información relativa a movilidad nacional, cruzando múltiples variables: modo de transporte, distancia, motivos de desplazamiento, sexo, edad, etc., tanto a nivel provincial como autonómico y nacional.

Aparte de este informe, hay que destacar las aportaciones de numerosos autores, como por ejemplo Inglada (1993 y 2004), De Rus (1993, 2005 y 2008), Fernández Durán (1999), Garrido (1999), Sanz (2000), Bermejo et al. (2005), Segura (2005), Albalade y Bel (2011), Aparicio (2011), etc., así como las de grupos ecologistas (Ecologistas en Acción), asociaciones y organizaciones sociales (Asamblea contra el TAV, Ekologistak Martxan, Red por un Tren Social, COPALTAV), sindicatos (CNT), o expertos de diferentes universidades (Universidad del País Vasco, Universidad de Las Palmas, Universidad Politécnica de Valencia, etc.), así como celebración de actos informativos (Xornadas contra o TAV), por citar distintos ejemplos.

Dichos autores y colectivos comparten en gran medida una idea común sobre la movilidad. Se habla del denominado "derecho a la movilidad" o "libertad de movilidad", lo cual es obviamente necesario y defendible. Este derecho va conectado al llamado "derecho a una accesibilidad mínima", ligado a su vez al "derecho a las infraestructuras".

El derecho a una accesibilidad mínima no se basa en niveles de dotación y de equipamientos claramente establecidos, sino que van variando temporalmente, o mejor dicho, incrementándose. De tal modo que gradualmente se va propagando la idea de que para que una determinada ciudad tenga un nivel "adecuado" de accesibilidad, los niveles "requeribles" son cada vez más potentes. Se llega al punto incluso de afirmar la necesidad casi irrenunciable a la autovía, estación de alta velocidad y aeropuerto, o lo que es lo mismo, las infraestructuras más en boga y más identificadas con la modernidad y el progreso (Segura, 2012). Por tanto, si eso es el derecho a la movilidad, el concepto ya no resulta tan defendible.

Lamentablemente la propagación de este mensaje va acompañada de una progresiva interiorización social, que despierta un cierto sentimiento de "derecho" (Sanz, 2000). Derecho a autovía, a aeropuerto y a estación de alta velocidad, todo ello cercano.

Y como todo este conjunto de infraestructuras estará próximo a la mayor parte de la población, cabe preguntarse por qué no utilizarlo. Es el proceso de cambio del modelo de movilidad y su transición hacia la hipermovilidad.

La hipermovilidad puede por tanto considerarse como una fase más dentro de la expansión del transporte. Sanz (2009), lo denomina como un nuevo estadio y lo califica como "el exceso de la actividad humana vinculada al transporte, la hipertrofia de la movilidad". La dependencia del transporte, a la que se ha hecho referencia, se potencia más aún con este proceso.

El objetivo primero o máximo de la hipermovilidad es como su nombre indica, maximizar los movimientos y desplazamientos. Para cambiar esta tendencia es necesario que pierda su carácter sagrado como fin en sí mismo, para convertirse así en un instrumento mucho más modesto para la satisfacción de necesidades.

En este sentido autores como Bermejo (2009) o Aparicio (2011) se refieren a este cambio de tendencia como cambio de paradigma: de "más movilidad, más rápido y más lejos" a todo lo contrario.

La pérdida de hegemonía de la hipermovilidad debe ser sustituida por modelos de movilidad menos intensos. Eso no tiene porqué significar una pérdida en la eficacia y eficiencia del transporte. De hecho, como indica Ferri (2010), incrementar la movilidad no ha implicado ser más eficaz ni más eficiente.

Es preciso pues reducir la demanda de transporte, en base al fomento de los principios de cercanía y proximidad. Esta simple afirmación conlleva como es previsible grandes cambios. Para ello se requiere ir transformando paulatinamente las necesidades humanas, así como su satisfacción mediante recursos más próximos. De esta manera la necesidad de desplazarse disminuiría y además se contribuiría al cambio en el status del movimiento: de ser un fin a volver a ser un medio, pasando a ser un fin la satisfacción de las necesidades.

La creación de proximidad y cercanía genera a su vez cambios a nivel económico, social y cultural. A nivel económico, Sanz (2009) afirma que puede desincentivarse la hipermovilidad mediante la creación de sistemas económicos basados en los recursos

locales, e influenciados por los condicionantes territoriales. A nivel social fomenta las relaciones de cercanía y las redes de apoyo mutuo, así como el intercambio directo de bienes y servicios. En relación a los aspectos culturales, la proximidad exige construir o reconstruir nuevos valores acerca de la relación entre el ser humano y su entorno territorial.

Respecto al tren de alta velocidad, su puesta en servicio también contribuye, o pretende contribuir a la incentivación de la movilidad espacial. La política llevada a cabo en esta materia coincide plenamente con los patrones expuestos en líneas anteriores, con el fin último del desplazamiento. No es tanto el dónde ir sino el cómo ir, valorando el modo de transporte en el que se va y el tiempo de trayecto (Gómez, 2002), independientemente de la distancia a recorrer.

En España el debate sobre si seguir o no fomentando el crecimiento de la movilidad se inclina a favor de sus partidarios, al menos a priori. Las políticas de expansión de la red llevadas a cabo así lo persiguen, si bien los índices de ocupación de los diferentes corredores podrían proporcionar datos que inciten a reflexionar sobre su continuidad a medio o largo plazo, tanto de líneas de alta velocidad como del modelo de transporte vigente.

En el siguiente apartado se hace referencia a un elemento clave en el transporte y más en concreto, en el tren de alta velocidad: la demanda de viajeros.

7.2.2. Demanda de viajeros

La demanda se configura como uno de los factores clave a la hora de analizar la viabilidad de un corredor de transporte en general y de alta velocidad en particular, que ya esté en servicio, aún en proyecto o en obras.

Esta temática ofrece múltiples posibilidades de enfoque sobre su estudio y su evolución futura, habiendo sido objeto de análisis por numerosos autores. Por citar algún ejemplo destacan Inglada (2005), López Pita (1999 y 2007), Martí-Henneberg (2000), Ribalaygua (2004), Sanfeliu (2010), Serrano (2010) o Cascetta y Coppola (2014), entre otros tantos.

Al enfocar el análisis de la demanda es prácticamente inevitable hacer referencia a diferentes conceptos relacionados, como son su comportamiento (a nivel global o particular de un determinado modo y corredor, en términos absolutos o relativos...), su elasticidad y estacionalidad, la demanda inducida, la demanda selectiva, la demanda insatisfecha y los *commuters*. Resulta interesante analizar de igual modo, el reparto de la demanda por modos de transporte y cómo fluctúan las cuotas de viajeros de cada modo según la distancia a recorrer, nivel económico, competencia entre modos, etc.

La demanda inducida podría definirse como aquellos viajes que no se harían de no existir un determinado modo de transporte. Su surgimiento se ha asociado a la introducción del tren de alta velocidad. Así lo indican autores como Esteban (1998), Martí-Henneberg (2000), Gutiérrez e Inglada (2005) y Serrano (2010). Este tipo de tren modifica los hábitos de movilidad y genera una demanda nueva, sobre todo para los viajes por motivo de ocio y trabajo. La demanda inducida sin embargo no ha extendido sus beneficios al resto del sector ferroviario en la misma medida, sino que se considera un efecto propio de la alta velocidad (Serrano, 2010).

El tránsito del ferrocarril convencional al tren de alta velocidad no implica un trasvase directo de viajeros desde el tren antiguo al nuevo. De hecho sólo una parte de los usuarios del tren convencional aceptan este cambio de modo, dependiendo de la diferente valoración que cada usuario otorgue a la duración del trayecto, tarifa o frecuencia del servicio. En comparación con el convencional, el tren de alta velocidad selecciona sus propios usuarios, creándose una demanda selectiva, tal como indica Zembri (2005).

Capta viajeros del tren convencional, pero especialmente los esfuerzos a nivel público suelen centrarse en procurar tiempos de viaje competitivos respecto a otros modos, en particular el automóvil y sobre todo el avión. En todo caso se habla de demanda desviada (Cascetta y Coppola, 2014).

Otro concepto a tener en cuenta es el de la demanda insatisfecha (Segura, 2012), referido a aquellos usuarios que no han logrado acceder a un determinado producto o servicio. Puede aplicarse al volumen de usuarios del tren convencional que por circunstancias diversas, no pueden acceder al servicio superior que ofrece el tren de alta velocidad.

Además de los cambios en la demanda que produce este nuevo modo, en un sentido más teórico, conviene resaltar que ha propiciado la aparición de un nuevo tipo de usuarios: los *commuters* o viajeros pendulares. Se caracterizan por utilizar diariamente dicho tren para desplazarse desde su lugar de residencia hasta su lugar de trabajo, según apuntan Coronado y Rivas (2005) y Rodríguez (2007).

En España están muy ligados a los servicios lanzadera o Avant, ya que su puesta en marcha consolidó el papel de esta tipología de viajeros. Su inicio de servicio se remonta a octubre de 1992, seis meses después de la inauguración de la línea Madrid-Sevilla. España se convirtió así en el primer país europeo en programar servicios regionales de alta velocidad, implementando los servicios entre Madrid y Ciudad Real-Puertollano, con cinco trenes diarios (Serrano, 2000). Con posterioridad se ha ampliado la oferta regional de alta velocidad y en la actualidad se ofertan los trayectos señalados en la Tabla número 81.

Se trata por tanto de trayectos cuyos puntos de origen y destino se encuentran situados a una considerable distancia uno de otro, pero con un tiempo de viaje contenido (50 minutos para el trayecto Madrid-Ciudad Real, por ejemplo), favoreciendo así los movimientos pendulares.

Esta apuesta por la alta velocidad de media distancia no puede compararse a la estrategia francesa. Allí, la SNCF se centra más en incentivar los viajes de larga distancia, mientras que a los de recorrido más corto el servicio prestado ofrece una calidad inferior, en lo que se refiere a frecuencia, paradas y precios. Sobre esto último la SNCF optó por realizar políticas de disuasión tarifaria, en el sentido de practicar sustanciales aumentos del precio de abonos para trayectos de corto o medio recorrido. Las protestas recibidas por dichas medidas hicieron retroceder los planteamientos iniciales, si bien puede concluirse que los esfuerzos por parte de SNCF para satisfacer la demanda de este tipo de viajeros son reducidos (Zembri, 2005).

Tabla 81. Trayectos cubiertos por servicios Avant (2014)

SERVICIO	FRECUENCIA ¹¹⁸	%
Madrid-Ciudad Real-Puertollano	11	47,82
Madrid-Toledo	16	100,00
Madrid-Segovia-Valladolid	10	26,31
Málaga-Córdoba-Sevilla	6	53,24
Barcelona-Figueres	16	64,00
Barcelona-Tarragona-Lérida	8	38,09
Zaragoza-Calatayud	4	41,92
Requena-Valencia	4	50,00
La Coruña-Santiago-Orense	4	42,65

Fuente: Elaboración propia a partir de www.renfe.com¹¹⁹

¹¹⁸ Media semanal, al igual que con los porcentajes.

¹¹⁹ Existieron también los servicios Zaragoza-Huesca y Jaén-Cádiz. Sin embargo, en el primero de los casos los Avant dejaron de circular en octubre de 2009 y la mayor parte del servicio se realiza actualmente con regionales. Para el segundo caso, el servicio se lleva a cabo mediante

La demanda es uno de los elementos que afecta al transporte en alta velocidad, generando más opiniones y controversias. Al igual que sucede con la movilidad espacial, el objetivo seguido mayoritariamente por poderes políticos y grandes empresas ha sido a grandes rasgos la de promover su crecimiento.

Otros colectivos y analistas ofrecen una visión más crítica, optando por mejorar su gestión antes que su crecimiento ilimitado. Es el caso de Sanz (2000 y 2009), Banister y Stead (2002), Segura (2003, 2010 y 2012), Amorós (2003), asociaciones anti-TAV, organizaciones sindicales, etc., con aportaciones diversas que ofrecen una mayor pluralidad de puntos de vista para abordar estas cuestiones. En muchas de estas publicaciones el denominador común es el análisis crítico de la evolución de la demanda del transporte, centrándose en los posibles efectos del tren de alta velocidad sobre ésta y el cuestionamiento de los principios ampliamente aceptados, relativos a las ventajas de dicho modo respecto al resto del sector.

Enlazando con lo expuesto, en las próximas líneas se hablará sobre los efectos que produce o puede producir la implantación del tren de alta velocidad sobre la competencia entre modos de transporte.

7.2.3. Competencia entre modos

La irrupción del tren de alta velocidad ha generado una mayor oferta de transporte, posibilitando el desarrollo de nuevos flujos (demanda inducida). Pero también provoca prejuicios al resto de modos, pues surge un nuevo competidor a la hora de satisfacer una necesidad de desplazamiento de personas entre dos puntos.

Ello implica la existencia del efecto de sustitución en el transporte, viajes que se desarrollarían en otro modo de transporte si no estuviera implantado este tren. Así, su puesta en servicio genera a priori una mayor oferta, pero también resta potenciales viajeros al resto de modos para un trayecto A-B dado, lo que en algunos casos ocasiona la cancelación o perjuicio de un determinado servicio (Bel, 2015). Eso ha sucedido con líneas de ferrocarril convencional (por ejemplo en la línea Madrid-Málaga) y determinados servicios aéreos (por ejemplo Madrid-Valencia).

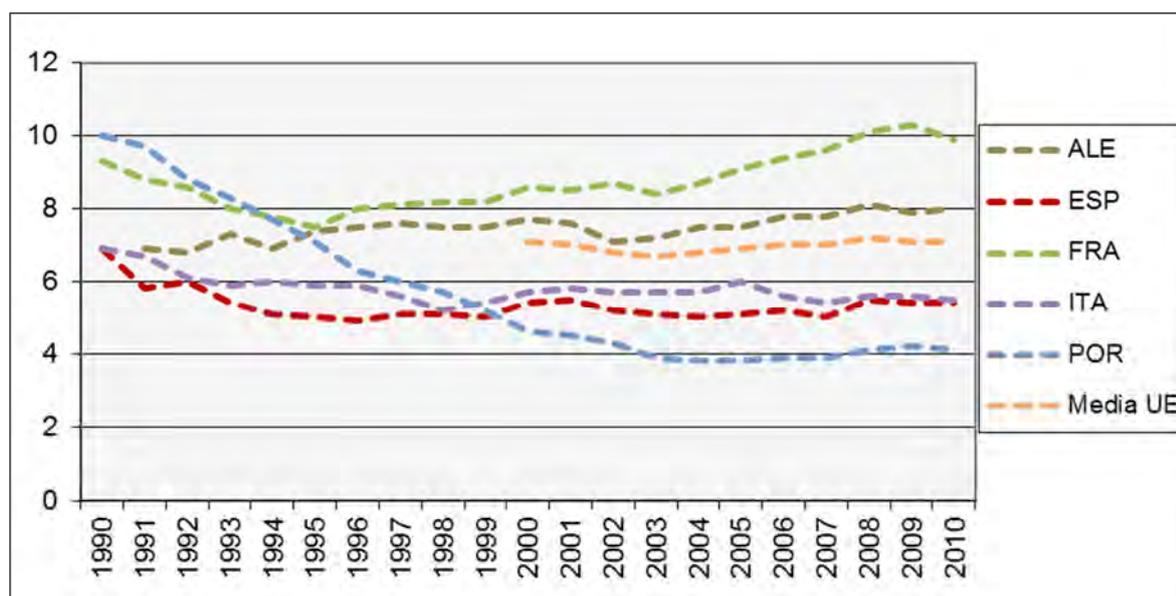
A nivel modal aunque la puesta en servicio de líneas en alta velocidad puede generar un trasvase de viajeros a su favor, este nuevo reparto no repercute positivamente sobre la cuota del ferrocarril en términos globales. Para ilustrar esta afirmación, se representa la evolución del tráfico de pasajeros desde 1990 hasta 2010 en el Gráfico número 32.

Los datos, como figura en la fuente, se han extraído de la web de Eurostat. En dicho portal figura información sobre todos los países de la Unión Europea. Para este análisis se decidió seleccionar aquellos Estados continentales, sin el Reino Unido, que cuentan con red de alta velocidad de cierta entidad, dando servicio a naciones con extensión territorial y masa demográfica notables. Se ha realizado dicho análisis teniendo en cuenta los datos de Alemania, Francia e Italia, incluyendo además a Portugal pese a no contar con red de alta velocidad, por motivos de proximidad y porque presenta una problemática estructural similar a la del caso español. Se han incorporado también los datos medios de toda la Unión Europea existentes desde 2000, teniendo en cuenta las sucesivas ampliaciones experimentadas por la Unión hasta la fecha límite de análisis.

La cuota de mercado del ferrocarril es siempre baja para todos estos países, ya que los valores porcentuales máximos apenas superan el 10 % de cuota en dos países diferentes, dos momentos también distintos y de modo puntual en sendos casos.

trenes de Media Distancia íntegramente desde agosto de 2013.

Gráfico 32. Evolución de la cuota de mercado del sector ferroviario de viajeros (1990-2010) (% pasajeros/kilómetro)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat (Tabla: "Modal split of passenger transport. % in total inland passenger-km"), 2013

<http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tttr00015&plugin=1>

Partiendo de estos valores bajos que se suceden de forma regular en todo el período de análisis y para todos los países considerados, pueden establecerse ciertas diferencias entre ellos. Esta ampliación del nivel de detalle no favorece a España ya que se sitúa como el país con menor cuota de mercado para el ferrocarril¹²⁰ y siempre por debajo de la media de la Unión Europea.

En los primeros años de análisis incluidos en el gráfico se observa el fin del descenso gradual y continuo de la cuota ferroviaria, tendencia que se interrumpió en 1992 con la entrada en servicio de la línea Madrid-Sevilla. En ese año se frena el descenso de usuarios del tren, incluso aumenta un 0,2 % respecto al año anterior.

Este punto de inflexión resultó efímero, pues desde 1993 la cuota porcentual disminuyó, eso sí, cada vez más suavemente. Puede decirse que se pasó de una fase de descenso de la cuota a otra de estancamiento con valores en torno al 5 %. Desde ese momento los valores se sitúan estables, sin apenas repuntes.

Este hecho resulta ciertamente llamativo y a la vez preocupante, ya que las sucesivas inauguraciones de nuevas líneas de alta velocidad llevadas a cabo en el siglo XXI no han tenido reflejo en este gráfico. Los trenes de alta velocidad pueden absorber viajeros de otros modos (especialmente del avión), pero también lo hacen del propio ferrocarril convencional de tal forma que en este caso no se producirían modificaciones a nivel global de demanda ferroviaria.

Serrano (2010), afirma que "los nuevos tráficos inducidos no consiguen aumentar la demanda total del ferrocarril". El nuevo tren produce demanda inducida y además capta usuarios provenientes tanto del automóvil como del avión, junto con una parte de los pasajeros usuarios de servicios convencionales que han optado por dar el "salto" a la alta velocidad, como apuntan Nash (1991) y Givoni y Dobruszkes (2013).

¹²⁰ A excepción de Portugal, aunque éste no cuenta con red de alta velocidad, como ya se ha indicado.

Si el nuevo tren hace aumentar la demanda ferroviaria, pero a nivel global no produce efectos positivos, es porque ha disminuido el tráfico de ferrocarril convencional. La supresión de determinados servicios tras la puesta en marcha de una línea de alta velocidad, también afecta negativamente¹²¹. No toda la demanda de tren convencional preexistente puede permitirse utilizar el nuevo servicio. Una parte de los antiguos usuarios del tren convencional se decantarán por modos diferentes al ferrocarril, este hecho produce pérdidas de demanda y de cuota ferroviaria de mercado.

Se pone en evidencia que detrás de esa estanqueidad a nivel global dentro del sector ferroviario, coexisten determinados dinamismos en términos de aumentos y disminuciones del nivel de demanda.

En comparación con el resto de países, las cifras de España se sitúan cercanas, pero siempre menores a las de otras naciones destacadas en alta velocidad, pero superiores a las de Portugal, Alemania o Italia, que presentan un comportamiento similar al español, donde la estabilidad es la nota predominante. Italia registra un suave descenso desde el inicio del periodo considerado que finaliza a finales de los noventa comparable al experimentado por España hasta principios de dicha década. Alemania no presenta esta tendencia negativa, de hecho, incluso describe una leve línea ascendente para situarse en torno al 8 %.

La cuota francesa tiene un comportamiento análogo a la española e italiana hasta mediados de los años noventa, con un claro descenso. Desde ese momento la tendencia seguida es positiva de forma prácticamente ininterrumpida, sobrepasando el umbral del 10 % en 2009.

Portugal es el país con una evolución más negativa. Ha pasado de ser el que presenta una cuota superior, cerca del 10 % en 1990, al otro extremo apenas superando el 4 % para los últimos años referidos. Presenta así un declive más pronunciado y prolongado, hasta 2004, desde ese momento, el estancamiento es el rasgo predominante. Un país con alta velocidad como España registra en los últimos años una cuota de mercado similar, tanto en cifras como en comportamiento a la del país vecino, carente de este servicio.

Como se indica en el apartado dedicado a la Red Transeuropea de Transporte, desde la Unión Europea se apuesta por modificar drásticamente esta tendencia e incentivar el transporte ferroviario, especialmente el de alta velocidad. Sin entrar en un análisis más pormenorizado, Gutiérrez (2005) estima que una vez finalizada la construcción de dicha red, la cuota de mercado del ferrocarril alcanzará la cifra del 23 %¹²². Las evaluaciones indicadas se refieren al tráfico intraeuropeo en distancias superiores a los 80 kilómetros, excluyendo los tráficos urbanos y suburbanos.

A renglón seguido se analizarán la cuota de mercado por modos de transporte de forma más específica, a partir de dos variables como tiempo y distancia. Existen otras tantas como frecuencia, tarificación, etc., si bien la bibliografía consultada es menos profusa y comparativa entre los diferentes modos.

Este análisis se complementa con las aportaciones de diferentes expertos en la materia, con resultados ciertamente divergentes en cuanto a la capacidad por parte del tren de alta velocidad de aumentar la cuota de mercado ferroviaria, como por ejemplo Croccolo y Violi (2013), Castillo y Manzano (2015) o Albaladejo y Bel (2015).

7.2.3.1. Modo de transporte según distancia de viaje

Para un desplazamiento determinado entre un punto de origen y otro de destino, puede afirmarse que existe un modo de transporte más o menos idóneo dependiendo de dicha

¹²¹ La influencia de la construcción de una nueva línea de alta velocidad sobre los anteriores servicios convencionales será descrita más detalladamente en el apartado 7.4.

¹²² GUTIÉRREZ, J. (2005): "El tren de alta velocidad y sus efectos espaciales". Investigaciones Regionales, nº 5, pp.199-221.

distancia. Sanfeliu (2010), habla de la “atractividad” de las alternativas haciendo referencia al modo de transporte más “atractivo” en función de la distancia, tiempo de viaje, coste, etc.

Sin contar con la irrupción del tren de alta velocidad, los dos modos predominantes de transporte son el automóvil y el avión dependiendo de la distancia. Para distancias cortas y medias el vehículo privado se configura como el modo por antonomasia de desplazamiento, mientras que en lo relativo a distancias largas el avión no encuentra rival.

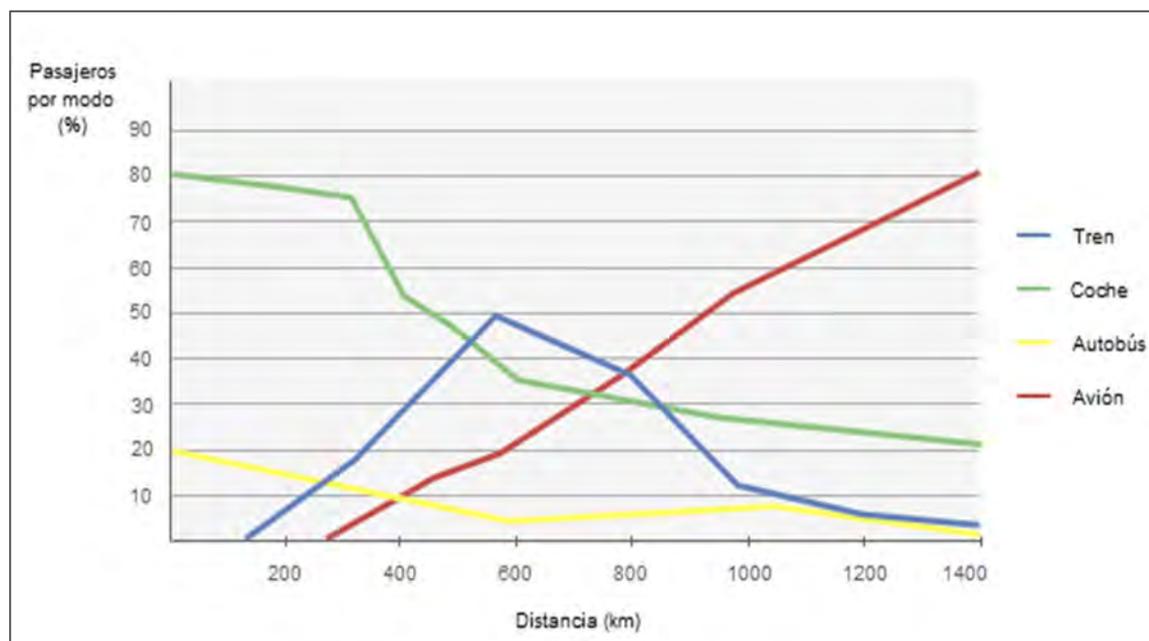
El tren de alta velocidad pretende buscar su espacio en este reparto y convertirse en el modo de transporte más competitivo para un umbral de distancia con valores, por llamarlos así, intermedios.

Dicho umbral varía notablemente según características del servicio (velocidad de crucero, número de paradas, etc.) y también según autores. Albalate y Bel (2011) ofrecen cifras en torno a 150-600 kilómetros. Plassard (1991) habla de al menos 300 kilómetros, Carrasco (2009) indica un umbral más específico (300-500 kilómetros), mientras que Vickerman (2015) indica un intervalo similar al anterior, entre 400-600 kilómetros. López Pita (2001) señala unas cifras superiores, en torno a los 500-800 kilómetros (Gráfico número 33). Más adelante, este mismo autor varía en parte estos datos, fijando el umbral de mayor competitividad entre los 400 y 600 kilómetros (López Pita et al., 2006).

En el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte se explicitan unos umbrales más amplios, tanto el mínimo como el máximo (300-700 kilómetros), similares a los de Schweitzer (2011) que calcula entre 300 y 750 kilómetros y los de Feigenbaum (2013) y Perl y Goetz (2015), entre 300 y 800 kilómetros. Umbrales superiores señalan Ollivier et al. (2015), entre 200 y 900 kilómetros.

Algunos otros autores, por ejemplo Valdés (1999), Sanaú (2002), Santos Preciado (2006), Crozet (2013) y Wu (2013), amplían el ámbito hasta los 1.000 kilómetros de trayecto, ya que a la reducción del tiempo del viaje habría que sumar los tiempos de espera en los aeropuertos, los tiempos de acceso desde el centro de las ciudades y los posibles imprevistos e incidencias que puedan acaecer aunque algunos de esos tiempos también son comunes a la alta velocidad.

Gráfico 33. Elección del modo de transporte según la distancia de viaje



Fuente: Elaboración propia a partir de López Pita (2001)

Martín y Nombela (2008), también fijan en esa cifra el umbral de distancia a partir del cual el avión es claramente dominante. Campenon (1995) y Sanfeliu (2010) indican unos baremos muy superiores a todo lo anterior, afirmando que por debajo de 300 kilómetros domina el coche y que por encima de 1.400 kilómetros lo hace el avión.

López Pita calcula un umbral de dominio del tren mucho menor. Además, aparece superado por el automóvil en cuanto a cuota de mercado a partir de los 900 kilómetros aproximadamente.

En cuanto a cifras porcentuales, existen datos que corroboran estos planteamientos. En 2009 el AVE logró el 85 % de cuota en Madrid-Sevilla (470,5 kilómetros), más del 70 % en Madrid-Málaga (512 kilómetros) y muy cerca del 50 % en Madrid-Barcelona (627,5 kilómetros), según señalan Albalade y Bel (2010)¹²³.

7.2.3.2. Modo de transporte según tiempo de viaje

Además de realizar dicho análisis en función de la distancia, otro factor a considerar de suma importancia es el tiempo de viaje.

Revisando la bibliografía especializada se puede afirmar que existe un consenso similar al observado en la variable anterior, a la hora de definir el umbral de tiempo en el que el tren de alta velocidad pueda ostentar una mayor cuota de mercado sobre el resto de modos.

Hay que tener en cuenta que un modo de transporte sigue una evolución gradual y progresiva de su cuota relativa según se modifican los factores analizados. No es razonable que para una distancia de 100 kilómetros o un tiempo de viaje de una hora, el automóvil ostente un 100 % de cuota y si se aumenta a 200 kilómetros o dos horas, su cuota se reduzca al 0 %.

Es habitual que existan ciertas disparidades según autores debido a estos gradientes. De igual forma, hay que tener en cuenta el territorio físico sobre el que se produce el flujo analizado, aún a igualdad de distancia, tiempo de viaje, etc.

Pueden establecerse unos umbrales genéricos en los que el tren puede resultar más competitivo. Dicho umbral se sitúa entre las dos y las tres horas. Como ya se ha afirmado hay diferencias según los autores, no obstante puede considerarse que existe un rango de cifras más parejas que respecto a la distancia.

Martí-Henneberg (2000), señala que los viajes en torno a las dos horas son ideales para que la competencia del tren de alta velocidad resulte implacable con respecto a otros medios. El avión sigue siendo ventajoso a partir de las tres horas de viaje, mientras que en trayectos de una hora la competencia de la carretera resulta muy fuerte.

Gutiérrez (2005) y Sanfeliu (2010) indican que en relaciones con duración menor a la hora y media, domina casi absolutamente el tren de alta velocidad. Con tiempos de viaje de entre dos horas y dos horas y media, la cuota respecto al avión se sitúa en torno al 80 % (por ejemplo los trayectos Madrid-Sevilla, Tokio-Osaka o Roma-Bolonia). Con un tiempo de tres horas la cuota desciende pero se mantiene preponderante, en torno al 60 % (París-Londres y Estocolmo-Göteborg). Con unos tiempos comprendidos entre las cuatro horas y las cuatro horas y media la cuota se sitúa en el 40 %, este es el caso de París-Amsterdam o Roma-Milán.

González-Savignat (2004) y Pigem (2009) indican que el tren de alta velocidad puede considerarse un modo competitivo para distancias cubiertas en un tiempo máximo de tres horas. Cuando se diseñó la línea que comunicara Madrid con Barcelona en alta velocidad, también se fijó un umbral máximo de duración de viaje de tres horas, para poder competir así con garantías con el avión (Martí-Henneberg, 2000).

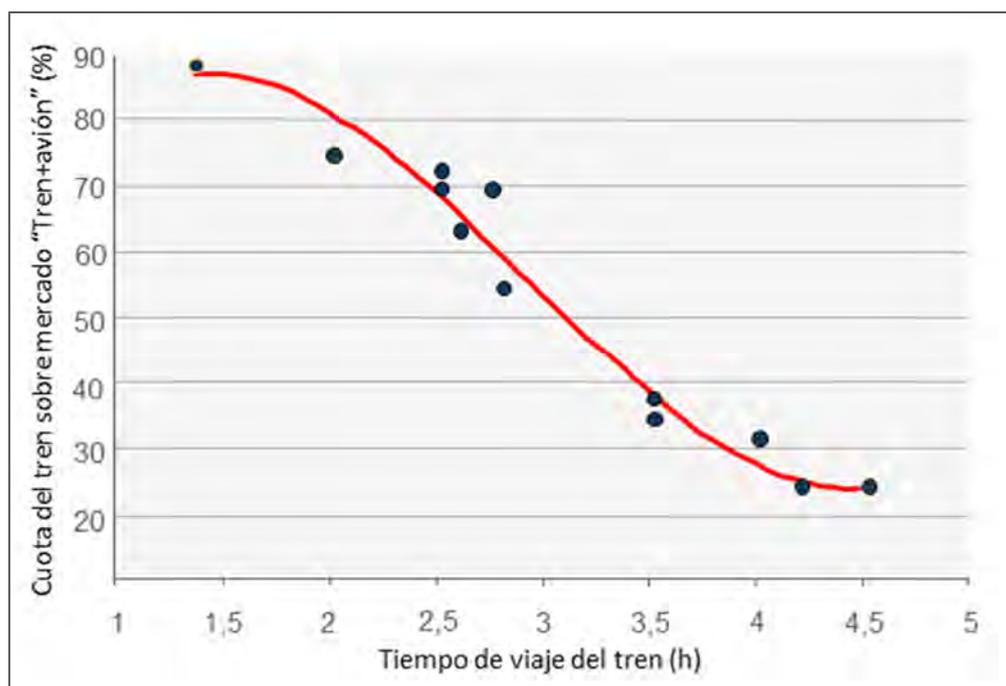
¹²³ Distancias extraídas de: GARCÍA ÁLVAREZ, A. (2008): "Consumo de energía y emisiones del ferrocarril: situación actual y posibilidades de mejora". Jornada anual de la Cátedra Rafael Mariño de Nuevas Tecnologías Energéticas. Universidad Pontificia de Comillas.

García Álvarez, en 2008 elaboró un modelo para representar la cuota de mercado del ferrocarril respecto al avión según el tiempo de viaje (T) (Gráfico número 34), donde:

$$\text{Cuota} = 4,686T^3 - 41,182T^2 + 89,21T + 40,559$$

En dicho gráfico se observa fehacientemente como la cuota del tren disminuye respecto al avión según se aumenta el tiempo de viaje. Es curioso que, a partir de las cuatro horas y media de viaje la curva se estanca en valores bajos (en torno a un 35 % de cuota de mercado), sin llegar en ningún momento a 0. Según el autor hasta el tiempo máximo representado de viaje, el tren mantiene una cuota de mercado bastante aceptable. De hecho sólo le supera en cuota el avión para aquellos viajes con duración mayor a las tres horas y media¹²⁴.

Gráfico 34. Cuota de mercado respecto al avión según tiempo de viaje



Fuente: Elaboración propia a partir de García Álvarez, 2008

Al igual que Gutiérrez (2001 y 2005), otros autores como Martín y Nombela (2008), Crococo y Violi (2013) y Castillo-Manzano et al. (2015), se muestran optimistas de cara al futuro con la cuota de mercado ferroviaria.

Martín y Nombela en su trabajo relativo a la movilidad y alta velocidad, señalan que una vez terminados todos los corredores de alta velocidad en servicio y en estado de obras para ese año, el reparto modal se inclinará en favor del tren.

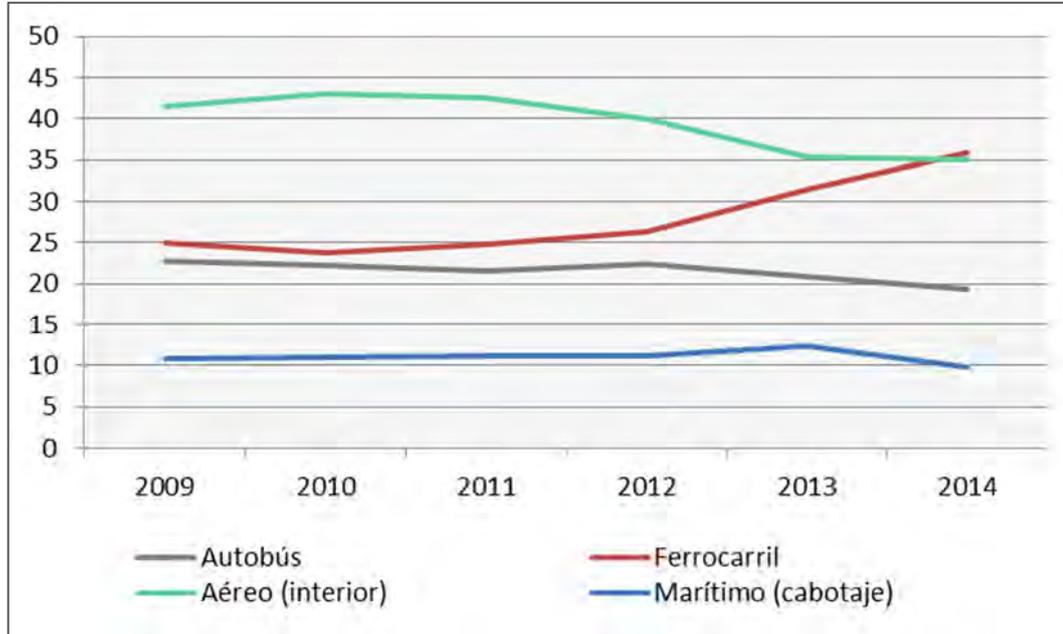
En efecto, en los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística para el periodo 2009-14 se observa que el modo predominante para viajes interurbanos a larga distancia ha pasado de ser el transporte aéreo a ser el transporte ferroviario. No quiere decirse de esta manera que el tipo predominante sea el tren de alta velocidad, sino aquel destinado a larga distancia en general, englobando tanto AVE como el ferrocarril convencional.

Dichos datos son representados en el Gráfico número 35, detectándose que el transporte ferroviario dibuja una trayectoria positiva al contrario que el resto de modos, configurándose en junio de 2014 como el modo prioritario de transporte para larga

¹²⁴ Los puntos del gráfico representan los valores alcanzados por diferentes experiencias europeas de alta velocidad, si bien el autor no especifica su identificación concreta.

distancia (a partir de 300 kilómetros) Puede deberse al incremento de la red de infraestructuras de alta velocidad más que al aumento de la masa demográfica, ya que es muy débil a nivel general, cuando no negativo. Otro posible motivo es el cambio de la política tarifaria de RENFE, especialmente relevante en este tipo de trayectos.

Gráfico 35. Cuotas de mercado anual según modos para transporte público interurbano de larga distancia (%) (2009-2014)



Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto Nacional de Estadística

Nota: Para 2014 se consideran únicamente los datos registrados (primer semestre)

Croccolo y Violi (2013), para el trayecto Milán-Roma, señalan una importante mejora en la cuota de mercado del ferrocarril de alta velocidad tras la modernización de la red italiana, básicamente en lo relativo a material rodante en 2008, que fue correspondida en menor medida con el descenso en la cuota del avión.

Por su parte Castillo-Manzano et al. (2015), en un trabajo centrado en la medida de los efectos de sustitución entre el tren de alta velocidad y el transporte aéreo en España para el periodo 1999-2012, señalan que de media únicamente el 13,9 % de la demanda de estos trenes procedió del avión, es decir, que el nuevo ferrocarril generó en buena parte nueva demanda, más que captarla de otros modos.

Lo que es evidente es que la implantación del ferrocarril de alta velocidad ha producido cambios en las cuotas de mercado en muchos recorridos. La irrupción del nuevo tren ha tenido especial relevancia en trayectos cortos o medios tales como París-Bruselas, París-Lyon, Tokio-Osaka o Roma-Bolonia, donde el tren de alta velocidad alcanza una proporción respecto al avión del 90 %, 85 % y 74 % respectivamente (Peterman et al., 2009). En España es muy llamativo el caso del trayecto Madrid-Málaga, donde a partir de una distribución favorable al avión (en torno al 70 %) se ha invertido la tendencia y el ferrocarril ocupa más del 80 % de la cuota. En el corredor Madrid-Sevilla, la cuota ferroviaria pasó del 16 % al 78 %, lo que implica un descenso muy notable del resto de cuotas, particularmente la del transporte aéreo.

La cuota de mercado del tren de alta velocidad para estos y otros destinos se expone en la Tabla número 82. Cabe destacar la elevada cuota de mercado general para las conexiones dentro de la denominada “dorsal europea” y en concreto las realizadas con París hacia Bruselas, Lyon, Londres y en menor medida Amsterdam. Son trayectos en los que se aúnan masa demográfica acusada, con varios millones de habitantes, junto con distancias eficientes para este modo de transporte.

Tabla 82. Ejemplos de líneas de alta velocidad y su cuota de mercado sobre el resto de modos de transporte

LÍNEA	CUOTA (%)
París-Bruselas	95
París-Lyon	90
Tokio-Osaka	85
París-Londres	80
Madrid-Sevilla	78
Roma-Bolonia	75
Estocolmo-Göteborg	62
París-Amsterdam	45
Roma-Milán	38

Fuente: Elaboración propia a partir de Portillo, 2009

El aumento de la cuota de mercado ferroviaria particularmente de la alta velocidad, ha afectado de forma negativa al resto de modos en mayor o menor medida dependiendo del caso. Albalate y Bel (2015) han analizado la cuota del transporte aéreo para diferentes destinos, antes y después de la implantación del transporte en este tipo de trenes. Dichos autores afirman que el descenso de la cuota de mercado del avión ha provocado cancelaciones de rutas, sobre todo de corta distancia: por ejemplo las rutas japonesas desde Tokio a Sendai, Niigata, Aichi e Iwate, o las europeas Milán-Bolonia, París-Lille, Madrid-Gerona, etc. En otros casos las cancelaciones se han producido incluso antes de la llegada del tren a dicha ruta, como por ejemplo en la de la ruta Jinan-Qingdao en China (Albalate y Bel, 2015).

En la Tabla número 83 se muestran de forma sintética, datos de la evolución de las cuotas de mercado del transporte aéreo para diferentes enlaces antes y después de la puesta en servicio del ferrocarril en alta velocidad.

Tabla 83. Comparación de cuotas de mercado del transporte aéreo anterior y posterior a la llegada de la alta velocidad en distancias entre 200 y 600 kilómetros

RUTAS (km)	CUOTA ANTERIOR (%)	CUOTA POSTERIOR (%)
Madrid-Sevilla (471)	40	13
Madrid-Málaga (514)	72	14
Madrid-Valencia (391)	61	14
París-Lyon (427)	31	7
París-Bruselas (312)	7	2
Hamburgo-Frankfurt (524)	10	4
Taipei-Kaohsiung (345)	28	5
Taipei-Tainan (308)	14	2
Taipei-Chiayi (246)	4	0
Seúl-Daegu (326)	15	0
Seúl-Busan (442)	42	17

Fuente: Elaboración propia a partir de Albalate y Bel, 2015

Todos los enlaces registran un valor de distancia, a priori eficiente para un exitoso transporte en alta velocidad. De igual manera todos han experimentado un descenso de la cuota aérea, si bien el grado de afección es muy diferente. En los enlaces dentro de España es donde se acusa un descenso más pronunciado, también porque se parte de cuotas aéreas superiores. Especialmente destacable es Madrid-Málaga, ya comentado previamente.

En otros países el descenso ha sido leve porque ya existía una cuota baja. El tren de alta velocidad ha contribuido a reducir la cuota aérea de unos niveles bajos a otros ínfimos o incluso anularlos, provocando la cancelación de dicha ruta, por ejemplo en los casos chino y japonés reseñados, en Taipei-Chiayi (Taiwan) o Seúl-Daegu (Corea del Sur), estos dos últimos incluidos en la tabla citada.

Aparte de analizar la competitividad entre modos, es preciso indicar también que se están abriendo relaciones de complementariedad entre ellos, sobre todo entre el tren de alta velocidad y el avión en pos de mejorar la intermodalidad e incentivar la movilidad, albergando en una misma localización un aeropuerto y una estación de alta velocidad. Esta complementariedad es clave para asegurar una total integración entre ambos servicios, como señalan Givoni (2006), Burckhart et al. (2008) o Martí-Henneberg (2015).

Según Gutiérrez (2004), el tren de alta velocidad puede aportar viajeros al avión en vuelos transoceánicos e intercontinentales de larga distancia. Cada modo de transporte sería utilizado en las distancias para el que resulta más eficiente: avión para distancias largas y tren para distancias medias, en las relaciones de aporte y dispersión (*hub and spoke*).

Ejemplo de ello es el aeropuerto Charles de Gaulle en París o el de Frankfurt, como indican VV.AA. (2006) y Clewlow et al. (2012). En España se han llevado a cabo negociaciones entre el Ministerio de Fomento, RENFE, ADIF y AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea) para conectar en tren de alta velocidad el aeropuerto de Barajas, lo que supondría que los turistas que cada año visitan España (cerca de 60 millones), pasarían a formar parte de los potenciales usuarios de este tren. La puesta en servicio de esta conexión estaría prevista para 2014¹²⁵. Sin embargo, a fecha de julio de 2015 se ha descartado este proyecto por parte del Ministerio y en lugar de ello la solución es poner en marcha servicio de lanzadera cubierto por trenes de cercanías, conectando el aeropuerto con la estación de Atocha en veinte minutos¹²⁶.

7.2.4. Conclusiones

Como conclusiones relativas a la movilidad espacial, se considerarán las que a continuación se detallan.

No puede entenderse transporte sin movilidad. Sin embargo, lo que se ha producido en las últimas décadas es un aumento sin precedentes de ésta, favorecido por el desmesurado crecimiento de infraestructuras y el aumento de la distancia entre lugar de residencia y de trabajo. Pero también ha disminuido la distancia entre muchos espacios cada vez más alejados, gracias a los mayores niveles de accesibilidad generados por las infraestructuras de transporte.

Gracias a ello se ha producido la transición de un modelo de transporte basado en la movilidad, a otro estadio caracterizado por la hipermovilidad mediante la multiplicación de la oferta y demanda en los desplazamientos.

Frente al modelo de hipermovilidad surge un nuevo paradigma basado en la estimulación de los valores y relaciones de proximidad y cercanía. Esta tendencia es apoyada por numerosos autores y grupos asociativos. Pero queda situada en un plano

¹²⁵ <http://ave-renfe.edreams.es/el-ave-llegara-a-barajas-en-2014/>

¹²⁶ <http://www.preferente.com/noticias-de-transportes/madrid-descarta-el-ave-a-barajas-y-propone-una-lanzadera-a-atocha-254529.html>

secundario desde el punto de vista de la planificación, al ser antitética con el tren de alta velocidad.

La demanda es un elemento vital en todo modo de transporte y resulta especialmente sensible para el nuevo tren. Se consideran multitud de conceptos asociados que determinan, en mayor o menor medida, el éxito de la implantación de una infraestructura de estas características. Al igual que sucede con la movilidad la demanda también es objeto de múltiples opiniones, en ocasiones contrapuestas, en relación a la decisión de si fomentarla, regularla o minorarla.

En relación a la competencia entre modos, se observa cómo el ferrocarril español ha experimentado una decadencia continuada de varias décadas y se sitúa en unos niveles más bajos que en prácticamente todos los países de su entorno. La implantación del tren de alta velocidad es en este sentido un intento de mejorar su cuota de mercado. Los análisis incluidos muestran los umbrales en los que dicho tren se muestra como el modo más eficiente, tanto en distancia como en tiempo. Existen no obstante importantes diferencias para fijar dichos umbrales según los autores citados.

7.3. IMPLICACIONES SOBRE UNA PERSPECTIVA SOCIOECONÓMICA

La relación entre transporte y desarrollo económico es ciertamente controvertida. En este sentido, determinar si la construcción de una infraestructura conlleva automáticamente o no desarrollo económico requiere de estudios y evaluaciones muy complejas, de modo que no hay un vínculo automático entre el crecimiento del transporte y el desarrollo económico o la creación de empleo, como señalan Gómez (2000), Guillamón (2009), Freire y Sánchez (2011) y Segura (2012).

Diferentes estudios concluyen que una vez alcanzado un cierto umbral en la dotación de infraestructuras de transporte, como en el caso de España, su incremento adicional no siempre genera riqueza, sino que puede tener efectos a nivel de coste de oportunidad. De igual forma, la potencialidad de esta nueva infraestructura en cuanto a su capacidad de concentración o dispersión de actividad económica puede ser inferior a los de una economía en desarrollo, para la que se esperarían impactos superiores.

Aportaciones desde una perspectiva económica a esta cuestión se encuentran, entre otros muchos trabajos: Kuneman (1997), Martí-Henneberg (2000), Campos (2005), Boscá et al. (2005), De Rus (1993, 2005 y 2009), Guillamón (2009), Whitelegg (2010), Hernández (2010), Albalade y Bel (2011), etc.

Una herramienta muy útil que ayuda a dilucidar si una infraestructura concreta será viable y ofrecerá resultados positivos es el análisis coste-beneficio (ACB). Existe en la comunidad académica un amplio consenso a la hora de defender la necesidad de esta técnica en la proyección de grandes planes de dotación de infraestructuras. Más adelante se hará referencia a diferentes autores que han empleado el ACB y aportan valiosas conclusiones relacionadas con la temática de esta investigación.

Respecto a la alta velocidad en particular, las consecuencias a nivel socioeconómico suelen considerarse efectos indirectos de la puesta en marcha de una línea de estas características. Esta afirmación no resta importancia a la magnitud de dichos efectos.

En adelante se realiza una aproximación a los efectos socioeconómicos que pueden derivarse de la implantación del tren de alta velocidad. La desagregación realizada comprende los siguientes elementos:

Primero se hace referencia a los costes de una línea de alta velocidad, excluyendo los costes externos, que se tratarán con posterioridad y después, se consideran los actores intervinientes en un proyecto de estas características. Cabe destacar la importancia de los análisis coste-beneficio (ACB) para determinar su grado de viabilidad y rentabilidad, sin olvidar el coste de oportunidad, otro elemento destacado en la planificación.

Relacionado con todo ello se sitúa a continuación la disyuntiva sobre si invertir en nuevos trazados ferroviarios y/o mejorar los preexistentes y finalmente se expondrá la política tarifaria de RENFE Operadora, puesto que los precios de los billetes influyen sensiblemente en los niveles de demanda de los corredores.

Se completa el análisis con la relación entre alta velocidad y turismo y las aportaciones realizadas respecto a su grado de rentabilidad social, señalándose las principales conclusiones extraídas a nivel socioeconómico respecto al tren de alta velocidad.

7.3.1. Costes: planificación, construcción y mantenimiento

Siguiendo la clasificación de costes de Freire y Sánchez (2011), se consideran efectos directos de la puesta en servicio del tren de alta velocidad los cambios de tarifa, los tiempos de viaje, los cambios en la demanda (cambios en el reparto modal de los viajes, demanda inducida, etc.) y los indicadores de calidad del servicio.

A partir de esta misma clasificación se entienden efectos indirectos los activos intangibles, a los cuales se ha hecho referencia anteriormente, así como las consecuencias sobre las estructuras socioeconómicas.

Estos mismos autores clasifican los costes en dos grandes bloques: por un lado, los costes operativos, y por otro, los bienes activos (Figura número 16).

Figura 16. Clasificación de costes en un proyecto de alta velocidad

COSTES	OPERACIÓN	Costes directos	Variables	Ligados a la circulación	Costes de energía	
					Costes de servicios a bordo	
					Costes de personal	Costes de personal de conducción
						Costes de personal de supervisión
						Costes de otro personal
					Resto de costes ligados a la circulación	
					Cánones	Canon de circulación
						Canon de acceso
						Canon por reserva de capacidad
						Canon por tráfico
	Canon por utilización de vías de apartado					
	Canon por utilización de cambiador de ancho					
	Ligados al viajero	Cánones	Canon por utilización de estaciones			
			Canon por estacionamiento y utilización de andenes en estaciones			
		Resto de costes ligados al viajero				
	Ligados a la venta	Costes de S.O.V. (seguro obligatorio de viajeros)				
		Resto de costes ligados a la venta				
	Fijos	Intereses financieros estructurales				
		Resto costes fijos directos				
	Costes indirectos	Costes de estructura de Renfe Operadora				
		Subvenciones a servicios de interés general				
		Impuestos sobre combustible/energía				
		Bonificación sobre impuestos combustible/energía				
		Impuestos				
	BIENES ACTIVOS	Inversión	Construcción	Obra civil	Planificación (diseño del proyecto)	Coste redacción proyecto
					Impuestos	
					Valor del suelo (expropiaciones)	
Infraestructura						
Superestructura						
Electrificación						
Instalaciones de seguridad (señalización, equipos y telecomunicaciones)						
Estaciones y terminales						
Otras instalaciones técnicas						
Impuestos/tasas						
Valor residual						
Plusvalías terrenos (redistribución riqueza por variaciones netas en valor de suelos afectados)						
Material móvil	Inv. Material móvil (vehículos)					
	Impuestos/tasas					
Rentabilización locales de propiedad	Alquiler locales estaciones					
Mantenimiento	Mantenimiento de infraestructura y Superestructura					
	Tasas/Impuestos sobre mantenimiento de Infraestructura y superestructura					
	Mantenimiento de material móvil					
Renovación	Tasas/Impuestos sobre mantenimiento material móvil					
	Renovación de infraestructura y superestructura					
	Tasas/Impuestos					

Fuente: Elaboración propia a partir de Freire y Sánchez (2011)

Ambos grupos poseen numerosas subdivisiones hasta llegar al nivel de elementos concretos, como por ejemplo el canon de acceso a la infraestructura, los costes energéticos, etc.

La tabla es útil para identificar qué costes existen y a qué tipología pertenecen. Para explicarlos con más detalle se toman como referencia las aportaciones de De Rus et al. (2009). Estos autores clasifican los costes en función de la fase de la infraestructura en la que se sitúen: planificación, construcción, o mantenimiento.

Los costes de planificación y preparación del terreno incluyen estudios de viabilidad previos a la ejecución de la infraestructura y a los costes asociados a las expropiaciones. Dichos costes suponen un total del 5 % - 10 % de la inversión total.

En cuanto a los costes de construcción de la infraestructura, forman parte de esta categoría todas aquellas inversiones destinadas a la preparación del terreno (movimiento de tierras, desbroce, eliminación de obstáculos) y la construcción del balasto, base sobre la que se situarán posteriormente las vías.

El coste de esta fase es muy variable dependiendo de la longitud de la línea y del terreno. Como se ha comentado anteriormente al hablar de las especificaciones técnicas, las exigencias relativas a rampas máximas y radios de curva pueden hacer necesario la construcción de numerosas obras de ingeniería tales como túneles o viaductos. Si es éste el caso, la inversión estimada para dicha fase puede estribar en torno al 40 % o 50 % del total. Por el contrario, si el territorio en el que se inserta la infraestructura no presenta grandes dificultades orográficas, este porcentaje puede descender a cifras en torno al 10 % o 25 %.

Dentro de los costes de construcción hay que incluir a su vez los costes de la superestructura ferroviaria. Hacen referencia al resto de elementos asociados a la tracción por ferrocarril: traviesas, rieles, catenaria, sistema de electrificación, señalización, etc. La partida estimada en este caso suele situarse en torno al 5 % o 10 % del total.

Una vez finalizada la construcción de la infraestructura, se estiman los costes derivados de su explotación y mantenimiento. Por un lado los costes de operación de los servicios (material móvil), derivados tanto de su adquisición como de su mantenimiento (en talleres especializados). Por otro, los costes de mantenimiento propiamente dicho, incluyendo los costes laborales del personal, materiales, repuestos y energía consumida. Una parte de estos gastos es fija, al depender de programas rutinarios para el mantenimiento del nivel de servicio y seguridad estipulados. Otra parte de ellos son variables, en función del volumen de tráfico y las condiciones atmosféricas (vías, sistemas de electrificación y señalización).

La primera línea de alta velocidad puesta en servicio, Madrid-Sevilla, ha resultado ser hasta la fecha (marzo de 2015) la más barata si se valora su coste por kilómetro. Las sucesivas líneas construidas después han resultado ser más costosas, especialmente las de Madrid-Valladolid, Madrid-Levante y Santiago-Orense, como puede comprobarse en la Tabla número 84.

Deben destacarse como justificantes de este aumento del coste los amplios tramos de difícil orografía por los que atraviesan los respectivos corredores. En la línea Madrid-Valladolid hay que considerar la travesía del Sistema Central (túneles de Guadarrama). En el corredor Madrid-Levante, el cruce con los ríos Júcar y Cabriel, donde destaca el viaducto de Contreras, el túnel de la Cabrera, para atravesar la sierra homónima, el tramo Albacete-La Encina de gran complejidad estructural, etc. En el tramo Santiago-Orense, de la futura línea Madrid-Galicia, ha sido necesaria la construcción de 38 viaductos y 31 túneles en un corredor de 87,1 kilómetros.

Tabla 84. Costes de construcción por corredores de alta velocidad

TRAMOS	SERVICIO COMPLETO	KM lineal	COSTE DE CONSTRUCCIÓN (MII/€ corrientes)	COSTE/KM (MII/€ corrientes)
Madrid-Sevilla	1992	471	2.704	5,7
Córdoba-Málaga	2007	155	2.725	17,6
Madrid-Valladolid	2007	184	4.474	24,3
Madrid-Frontera francesa	2013	753	12.560	16,7
Madrid-Lérida	2003	443	4.408	10,0
Lérida-Barcelona	2008	179	4.610	25,8
Barcelona-Figueras	2013	131	2.690	20,5
Madrid-Levante	2010	365	9.582	26,3
Santiago-Orense	2011	148	2.090	24,0

Fuente: Ministerio de Fomento. Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, Memoria Económica (2011)¹²⁷

La información sobre costes de mantenimiento de cuatro países de la Unión Europea se muestra en la Tabla número 85, desagregados en cinco categorías principales y diferenciando entre costes en valores absolutos y la cuantía porcentual que dichos valores suponen sobre el total del gasto.

Tabla 85. Costes de mantenimiento de la infraestructura por países

CONCEPTO	Bélgica	%	Francia	%	Italia	%	España	%
Km. de vía simple	142		2.638		492		949	
Manten. de vías	13.841	43,7	19.140	67,3	5.941	46,0	13.531	40,4
Electrificación	2.576	8,1	4.210	14,8	2.455	19,0	2.986	8,9
Señalización	3.248	10,3	5.070	17,8	4.522	35,0	8.654	25,9
Telecomunicaciones	1.197	3,8					5.637	16,8
Otros costes	10.821	34,2					2.650	7,9
TOTAL	31.683	100	28.420	100	12.919	100	33.457	100

Fuente: Elaboración propia a partir de De Rus et al. (2009)¹²⁸

¹²⁷ Los costes que figuran aparecen en la Memoria Económica del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias de 2011. Previsiblemente, el valor final de la inversión sea mayor al indicado en el citado documento. La cifra final de coste, tras la conclusión de las obras del tramo Barcelona-Figueras, será publicada, a priori, en sucesivas memorias económicas de la compañía.

¹²⁸ Los costes están expresados en euros de 2002 por kilómetro de vía simple.

7.3.2. Actores intervinientes

Junto a los beneficios, los costes y las externalidades ambientales, en un proyecto de alta velocidad entran en juego multitud de actores, a los cuales ya se ha hecho referencia de modo más o menos directo. Sin entrar al nivel de pormenorización que alcanzan Freire y Sánchez (2011), pero basándose en sus aportaciones, se incluye una clasificación hecha a partir de dichos actores (ver Tabla número 86):

Tabla 86. Cuadro sinóptico de actores intervinientes en un proyecto de alta velocidad

USUARIOS	NACIONALES	Ferrocarril	AVE
			Gama Media
			Avant
			FFCC Convencional
		Modos alternativos	Autocar
			Coche
	Tte. Aéreo		
	INTERNACIONALES	Ferrocarril	AVE
			Gama Media
			Avant
			FFCC Convencional
		Modos alternativos	Autocar
Coche			
Tte. Aéreo			
OPERADORES DEL SERVICIO DE TRANSPORTE	Ferrocarril	AVE	
		Gama Media	
		Avant	
		FFCC Convencional	
	Modos alternativos	Autocar	
		Tte. Aéreo	
ADMINISTRADORES DE INFRAESTRUCTURAS	Ferrocarril	ADIF	
	Carretera	Entidades Públicas	
		Concesionarios	
	Aéreo	AENA	

Compañías de seguros		
Ingenierías, contratistas, proveedores		
NO USUARIOS	Individuos	Local
		Regional
	Sectores Económicos	Primario
		Secundario
		Terciario
ENTES GUBERNAMENTALES	Local	
	Regional	
	Nacional	
	Unión Europea	

Fuente: Elaboración propia a partir de Freire y Sánchez (2011)

El conjunto de actores señalado se relaciona directa o indirectamente con un proyecto de alta velocidad. Por ello la puesta en servicio de una determinada línea de estas características, influirá en mayor o menor medida sobre ellos.

Muchos de estos actores están relacionados unos con otros, por ejemplo, decisiones de entes gubernamentales inciden sobre usuarios y sobre sectores económicos (puesta en servicio de un determinado tramo de alta velocidad), o decisiones de los usuarios a la hora de elegir modo de transporte, inciden también en los diferentes operadores y su política tarifaria.

7.3.3. **Análisis Coste-Beneficio (ACB)**

Del análisis coste-beneficio resulta su relevancia como herramienta de apoyo, a la hora de la planificación y puesta en servicio de un macroproyecto infraestructural como es una línea de alta velocidad.

De acuerdo con Albalade y Bel (2011), para la red española de alta velocidad los únicos ACB realizados son de origen académico, como por ejemplo el realizado por la Comisión Europea en 2008. Dicho trabajo se centra en ofrecer una guía para realizar análisis coste-beneficio de los proyectos de inversión, donde se incluye un apartado dedicado a las líneas ferroviarias (páginas 146-157). En las próximas líneas se destacan tres análisis adicionales de este tipo centrados en los servicios de alta velocidad ferroviaria, realizados por Nash (1991), De Rus e Inglada (1993) y Freire y Sánchez (2011).

El investigador británico C. Nash destaca la importancia de esta metodología para proyectos de esta índole. Nash publicó en 1991 un artículo en el cual analizó la viabilidad de un plan de alta velocidad determinado teniendo en cuenta costes y beneficios detectables, comportamiento de la demanda al añadir un nuevo modo de transporte, costes y beneficios medioambientales, y por último beneficios económicos.

Nash considera como beneficios a la capacidad que tiene o debe tener la infraestructura de alta velocidad para dar cobertura física a otro tipo de servicios, como el transporte ferroviario convencional y las mercancías. En el lado opuesto señala como inconveniente la disminución de calidad del servicio en ciudades intermedias, por las cuales la nueva ruta de alta velocidad no efectúe parada.

Cuestiona la capacidad del tren de alta velocidad a la hora de mejorar la red ferroviaria en su conjunto, y de absorber suficiente volumen de pasajeros provenientes del resto de modos como para producir beneficios medioambientales.

Enlazando con la demanda, considera que puede tener un especial atractivo para los pasajeros en viaje de negocios. Como el coste de sus viajes suele correr a cargo de la empresa, la sensibilidad respecto al precio no es alta y se considera a dicho tren como una alternativa muy atractiva para aquellos viajes con una duración máxima de tres horas (a partir de ese umbral, el avión se considera insustituible). Son clientes que debido a la naturaleza de su desplazamiento buscan rapidez y comodidad, cualidades estelares del tren de alta velocidad.

Otro tipo de viajero para el que Nash valora la capacidad de atracción de este tren es el que se desplaza por ocio. Este tipo de demanda es más sensible al precio, sin embargo Nash valora la capacidad del tren de captar viajeros en perjuicio del coche y autobús. Es además en este tipo de demanda donde el autor considera que existen más posibilidades de generar nuevos desplazamientos equivalentes a demanda inducida.

En cuanto a los impactos ambientales el estudio de Nash no es demasiado concluyente, puesto que indica que los efectos sobre el medioambiente dependen del territorio en el que se inserte la nueva infraestructura. Junto a la realización del ACB, señala como necesaria la evaluación de impacto ambiental, considerando para ello tanto al tren de alta velocidad como al resto de modos con afecciones sobre el territorio en cuestión.

Respecto al desarrollo económico indica que los resultados son más bien discretos. Señala que se han producido algunos avances en relación al sector de servicios y al turismo¹²⁹. Por el contrario los efectos en cuanto a la relocalización de empresas son marginales. Nash considera positivos los efectos en el sector servicios si bien cuestiona hasta qué punto dichos beneficios son suficientes para justificar la inversión en la red de alta velocidad. Plantea además la conveniencia de la implantación de esta infraestructura en aquellos lugares con cierta importancia económica situados a distancias medias, pero muestra su escepticismo ante la implantación del tren de alta velocidad en zonas más periféricas donde no existe tanta demanda como para aumentar la capacidad de su red, siendo más recomendable la simple mejora de las infraestructuras preexistentes.

Un año después de la entrada en servicio de la primera línea de alta velocidad española, los autores De Rus e Inglada (1993) elaboraron un análisis coste-beneficio convencional de la nueva infraestructura, teniendo en cuenta datos disponibles de demanda y costes, valores de tiempo y accidentes, entre otros indicadores. En dicho estudio los autores consideran dos horizontes temporales (30 y 40 años) y una hipótesis de crecimiento del producto interior bruto del 2,5 %.

A la vista de los resultados obtenidos, De Rus e Inglada cuestionan, al igual que Nash, la capacidad de generar crecimiento económico del nuevo tren. Sostienen que se generarían mayores beneficios socioeconómicos si se realizara una actuación en la red viaria, o se potenciara la fabricación nacional del material móvil y de la infraestructura.

Según su análisis el proyecto de la línea Madrid-Sevilla no estaba económicamente justificado en 1987, y sugieren que teniendo en cuenta la multiplicidad de proyectos de esta índole que se desarrollarían posteriormente, se realice una evaluación económica rigurosa de cada uno de ellos (De Rus e Inglada, 1993). Esta sugerencia no fue considerada con el debido rigor en los proyectos posteriores.

Más actual es la aportación de los investigadores D. Freire y M. Sánchez, citados con anterioridad. Estos autores presentaron en 2011 un nuevo método de análisis que

¹²⁹ Nash se basa en el artículo de Bonnafous (1987), relativo al impacto regional del TGV, utilizado también en esta tesis.

supone según sus propias conclusiones, mejorar el análisis coste-beneficio. La nueva metodología parte del análisis clásico para enriquecerlo con un mayor número de efectos, tanto directos (tiempo de viaje, precio, indicadores de calidad...), como indirectos (Valor Añadido Bruto, creación de empleo, dinámica del turismo, efectos territoriales derivados del desarrollo de la red de transporte...), junto con los llamados activos intangibles (credibilidad política, aprecio ciudadano, etc.)

Los resultados se presentan en un formato matricial, identificando relaciones entre todos los actores y efectos (impactos), que potencialmente pueden verse involucrados o se pueden producir en un proyecto de alta velocidad. De este modo se potencia el valor del ACB, al tener en cuenta un mayor número de variables no consideradas en los análisis clásicos.

Con esta metodología los autores incluyeron un estudio de caso: la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona. De entre las conclusiones a las que llegan, destacan que dicho corredor es rentable socialmente con los efectos directos y sin considerar los efectos indirectos ni los activos intangibles (Freire y Sánchez, 2011).

Cabe señalar que dicha metodología únicamente ha sido aplicada para analizar el par de nodos con mayores posibilidades de dinamización y de resultados positivos económicamente de toda la red española, al unir las dos ciudades más pobladas del país. Queda como una incógnita los resultados para el resto de trayectos posibles dentro de la red.

Como puede deducirse de la exposición de estos trabajos y otros como los de Hernández (2010) y Llobet y Betancor (2015), las grandes inversiones destinadas al desarrollo de esta red no quedan justificadas ni por el volumen ni por los resultados de la literatura coste-beneficio existente para la red de alta velocidad española. En esa misma línea argumental, el Tribunal de Cuentas señala la necesidad de replantear el modelo de red y aplicar el principio de racionalidad en las inversiones (Mato, 2015).

7.3.4. Coste de oportunidad

Uno de los conceptos primordiales en el plano socioeconómico es el llamado coste de oportunidad. Teniendo en cuenta que los recursos de los que se dispone no siempre alcanzan para satisfacer todas las necesidades, se produce una competencia por su uso, de tal forma que con el fin de satisfacer una necesidad, hay que renunciar a otras que deben ser cubiertas con los mismos recursos (Resico, 2010). También puede definirse de forma más simplificada como el valor de la mejor opción económica no realizada.

Considerando la temática de la tesis, hay que destacar que la inversión en infraestructura de alta velocidad ha supuesto la renuncia a otras políticas alternativas, como indican Ganuza (2010), Serrano et al. (2010) y Hernández (2010 y 2011). Dado el ingente volumen de inversiones para el desarrollo de la alta velocidad en España y el periodo de restricción presupuestaria en el que nos hallamos, es imprescindible no obviar el elevado coste de oportunidad que acarrea la construcción de esta red.

Evaluar la magnitud de este coste es una tarea ardua y compleja, pues exige considerar diferentes elementos e indicadores.

Fernández (2010), realizó un cálculo relativamente sencillo de aproximación al coste anual de oportunidad de la línea de alta velocidad Madrid-Levante, concretamente del tramo con destino Valencia. Dicho autor consideró unos costes anuales de mantenimiento de la infraestructura moderados (120.000 euros/kilómetro) y lo multiplicó por la longitud de la línea (391 kilómetros), siendo el resultado de 46,9 millones de euros.

Calculó el coste de oportunidad financiero de la inversión mediante un tipo de interés en términos reales (*Swaps* de Inflación Cupo Cero), que ofrecía una rentabilidad cercana al 2 %. Teniendo en cuenta el presupuesto destinado a dicho corredor (12.410 millones de euros), el resultado sería de 248,2 millones de euros.

Sumando ambas cifras, este autor afirma que con la construcción de esta línea de alta velocidad se está renunciando a 295 millones de euros todos los años, que podrían haberse destinado a la inversión en modos más económicos o bien en actuaciones no relacionadas con el transporte.

7.3.5. Retos: creación de nuevos trazados o mejora de los ya existentes

El hecho de que las inversiones en alta velocidad ferroviaria impliquen un alto coste de oportunidad, no significa que no sea necesaria la inversión en ferrocarril. Se plantea la disyuntiva de si es mejor apostar por la construcción de nuevos trazados o bien por la mejora de los ya existentes.

A partir de la literatura consultada, en la mayor parte de los casos la opción mayoritaria es la de la mejora de los trazados preexistentes.

En 1989 antes de la puesta en marcha de la línea Madrid-Sevilla, López Pita ya defendía la creación de nuevas líneas ferroviarias en alta velocidad. Este autor señala que "las dificultades de trazado existentes en la red española se comprueban cuando se intenta elevar la velocidad comercial de los trenes, ya que estos aumentos sólo se producirán tras realizar importantes actuaciones de mejora en su geometría, y alcanzar los 200 km/h sólo sería posible en el 25 % de la red. Este hecho junto con la existencia de los problemas de capacidad de algunos tramos (Despeñaperros, Zaragoza-Lérida, Ricla-Calatayud, etc.), aconsejan la construcción de líneas nuevas aptas para soportar circulaciones a alta velocidad, ya que ésta es una solución más ventajosa técnica y económicamente que la simple duplicación o mejora del trazado existente".

El propio López Pita indicó años después la coexistencia de dos planteamientos antagónicos. De una parte aquellas opiniones que defienden que el coste de las nuevas líneas no aconsejaría la inversión en nuevas secciones, siendo más económico recurrir a la modernización de las existentes. Por otra diferentes puntos de vista aglutinados en la defensa de la construcción de nuevas líneas como única posibilidad de hacer frente a los avances instaurados en otros modos de transporte. López Pita opta por una solución moderada y concluye que "cada corredor constituye un caso específico y por tanto no puede haber soluciones apriorísticas y de carácter universal. Así, en función de las características propias de cada corredor, se buscará la solución más adecuada" (López Pita, 1999).

El mismo año, la Estrategia Territorial Europea (ETE) señala planteamientos similares: "Los trenes de alta velocidad sustituyen cada vez con más frecuencia a los recorridos aéreos cortos. Esta tendencia seguirá progresando con la apertura de nuevas líneas de alta velocidad. Para ello no siempre es necesario construir nuevas vías, ya que las técnicas ferroviarias permiten alcanzar también altas velocidades en las líneas existentes".

Para largas distancias ofrece una solución no tanto intermedia, estudiar cada corredor, sino incluso disuasoria para la alta velocidad: "Para las largas distancias la posibilidad de sustitución del tráfico aéreo por trenes de alta velocidad es muy limitada, incluso a velocidades superiores a 300 km/h." (ETE, 1999).

Para la mejora de la oferta ferroviaria no debería considerarse únicamente apostar por la alta velocidad como opción por defecto (Crozet, 2013). De hecho la conveniencia de instaurar nuevas infraestructuras de alta velocidad es cada vez más cuestionada, en favor de la mejora de las infraestructuras ferroviarias preexistentes, ya que además se consideran más generalizadamente efectos a nivel de medioambiente, demanda potencial y velocidad comercial de los convoyes, entre otros. Autores como Kageson (2009) y Serrano (2010) aportan importantes reflexiones en este sentido.

Según Kageson (2009) en los casos en los que el volumen de tráfico esperado es bajo, es difícil justificar la inversión en alta velocidad no sólo en términos económicos sino

también desde un punto de vista medioambiental, al necesitar mucho tiempo compensar las emisiones generadas durante la construcción de la línea. En esos casos es más aconsejable mejorar una línea existente y acondicionarla para que los convoyes puedan circular a velocidades más altas. Al estar la infraestructura ya construida, los volúmenes de emisión generados durante el acondicionamiento serían notablemente inferiores.

Serrano (2010), también se inclina por la recuperación y mejora del ferrocarril convencional en aquellos servicios potencialmente viables en lo económico y ofrecer la posibilidad de circular a velocidades de hasta 220 km/h, en detrimento de la realización de nuevas vías con velocidades superiores a los 250 km/h.

Enlazando con lo dicho por Serrano, Barreiro (2011) defiende la postura opuesta: “la contraposición entre el trazado de una nueva línea ferroviaria y la renovación de la convencional no se corresponde necesariamente con un mayor ahorro ni con un servicio necesariamente más eficiente, ya que el trazado de la red convencional, de construcción decimonónica en ciertas ocasiones, respondía a una lógica territorial que no siempre ha resistido el paso del tiempo”.

Wu (2013), en su análisis relativo a la red china, ofrece datos que se sitúan, como es lógico, a una dimensión escalar diferente a la de la red española. Al igual que otros autores nacionales, cuestiona la necesidad de extender indiscriminadamente el transporte ferroviario en alta velocidad por buena parte del territorio del país asiático.

Compara los tráficos necesarios para conseguir un ratio de coste-beneficio social positivo tanto para el tren de alta velocidad como para el ferrocarril convencional mejorado. Los datos ofrecidos son llamativos y a la vez muy contrastados: teniendo en cuenta sólo el ahorro de tiempo, serían necesarios 100 millones de pasajeros anuales para lograr un ratio positivo en el caso del tren más veloz y 28 en el caso del convencional.

El Informe “Tren 2020” (VV.AA., 2013), realizado conjuntamente por las organizaciones ecologistas Greenpeace y WWF-Adena, junto con el sindicato Comisiones Obreras y la asociación PTP (*Promoción del Transport Público*), también indica la necesidad de aumentar la demanda de transporte en ferrocarril y defienden la idea de que la cuota de mercado ferroviaria puede aumentarse, no tanto mediante el desarrollo de una amplia red de alta velocidad sino más bien a través de mejoras en la red convencional.

El último trabajo valorado es el de Llobet y Betancor (2015), que señalan también que según el tramo puede ser una alternativa más aconsejable la mejora de la infraestructura preexistente, lo cual puede permitir aumentos en la velocidad del ferrocarril convencional a bajo coste, permitiendo ganancias de tiempo para los viajeros e ingresos para ADIF y RENFE.

7.3.6. Política tarifaria de RENFE Operadora

La estrategia tarifaria de RENFE en materia de alta velocidad ha evolucionado de forma notoria desde sus inicios hasta nuestros días.

En esta evolución es clave el papel jugado por el Estado, a través del Ministerio de Fomento. Hasta fechas recientes, dicho departamento ha establecido el importe del billete en función del precio de la infraestructura y la velocidad de desplazamiento.

Las elevadas inversiones necesarias para la construcción, puesta en marcha y mantenimiento de una línea de alta velocidad requieren de un generoso sistema de subvenciones vigente durante toda la vida útil de la infraestructura y del material rodante. Para incentivar la demanda, parte del billete era subvencionado por el Ministerio para compensar las posibles pérdidas que pudiera sufrir la compañía. Ello generó numerosas críticas entre operadores de otros modos de transporte, y a la vez, desincentivaba la entrada al mercado ferroviario de nuevas compañías.

Utilizando palabras de Guillamón (2009), la tentación política de rebajar los precios con subvenciones de por medio para aumentar su utilidad social, supone un reconocimiento implícito de que la actuación no debía haberse llevado a cabo, dado que esta medida

empeora la rentabilidad económica del proyecto que teóricamente justificó su construcción.

A nivel legislativo contradice lo indicado en el Art. 107 punto 1 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE), relativo a las ayudas otorgadas por los Estados o mediante fondos estatales a determinadas empresas¹³⁰.

El panorama cambió tras la entrada en vigor en diciembre de 2009 del Reglamento Europeo 1370/2007, por el cual se impide la concesión de subvenciones a los servicios comerciales de RENFE, es decir, todos los trayectos de larga distancia y de alta velocidad¹³¹, quedando relegadas las subvenciones a las líneas ferroviarias denominadas “de obligación de servicio público” como son las de cercanías¹³².

Pese a estar subvencionados y antes de la entrada en vigor de dicho Reglamento (diciembre de 2009), RENFE se ha resistido a aplicar tarifas muy baratas a sus billetes (sistema de subasta inversa). Este hecho contrasta con el sistema implantado progresivamente en otros modos, lo que ha supuesto un fuerte hándicap para incentivar la demanda del tren de alta velocidad. Durante la época de crecimiento económico, utilizar este tren constituía un signo de prestigio social y el precio alto de sus billetes se convirtió casi más en un aliciente que en una traba.

Desde el inicio de la recesión, las encuestas de satisfacción realizadas por RENFE denotaron un cambio en cuanto a la visión que del AVE tenía la sociedad. Los elevados precios de los billetes convertían a este tren en un producto de lujo, al alcance sólo de una minoría. Al ser un coste soportado por toda la sociedad, el descontento era si cabe mayor¹³³. Por ello Barrón (2006) indica que era importante plantear la idea de que el tren de alta velocidad no tenía por qué ser un modo de transporte de lujo.

Teniendo en cuenta la crisis económica, la entrada en vigor del Reglamento 1370/2007 y la ineficacia de la política comercial, en febrero de 2013 esta política fue modificada en profundidad, diversificando la oferta existente en cuanto a modalidades de billete y los descuentos asociados, junto a la potenciación de la venta online, que permite mayor flexibilidad a la hora de adquirir el pasaje. Los colectivos beneficiados son ahora mayores y con unos patrones de uso bien diferenciados. La idea es acercar este tren a la mayor parte de la ciudadanía, con precios más competitivos y mayores descuentos para jóvenes, ancianos, usuarios frecuentes, usuarios multimodales, etc¹³⁴.

De esta manera, se ha aumentado la oferta de billetes y abonos a un total de 21. En la página web de RENFE se pueden encontrar en la pantalla inicial, botón “BonoAVE”. Estas 21 modalidades son las que aparecen reseñadas en el listado de la Tabla número 87.

Desde el 7 de julio de 2014, existe la opción “coche en silencio”, para favorecer un ambiente relajado para el descanso o para el trabajo. Existen una serie de limitaciones: por ejemplo, que no se permite el viaje con personas menores de 14 años, ni mascotas, ni el mantenimiento de conversaciones por móvil, ni servicio de restauración.

¹³⁰ Artículos 101-109 del TFUE relativos a la Dirección General de la Competencia.

¹³¹ Más concretamente, quedan excluidos de la subvención los servicios AVE, Alvia, Alaris, Arco, Euromed, Altaria y Trenhotel. (Vía Libre, 4 de febrero de 2011).

¹³² En Actualidad Jurídica Uría Menéndez (2008) 21, pp. 53-56.

¹³³ En http://www.eldiario.es/economia/AVE-tren-ricos_0_82941811.html, 24 de diciembre de 2012.

¹³⁴ La idea de ofrecer precios menores para incentivar la demanda ya fue planteada en 2010, tal y como se publica en el diario Expansión, con fecha de 21 de enero de 2010: <http://www.expansion.com/2010/01/20/empresas/1264027646.html>

Tabla 87. Tipología de billetes de alta velocidad

Ida y vuelta
Niños
Compra múltiple
Billete Promo
Billete Promo+
Billete Flexible
Tarifa Mesa
Combinado Tren+Autobús
Turista Plus
BonoAVE
Abono Plus
Abonos Mensuales
Tarjeta Plus 10
Tarjeta Plus 10 Estudiantes
Tarjeta Dorada
Tarjeta Joven RENFE
Carné Joven
Familia Numerosa
Descuentos para grupos
Empresas y Congresos
RENFE Spain Pass

Fuente: Elaboración propia a partir de www.renfe.com

En este caso no se trata de un descuento sino más exactamente de un incremento sobre el precio del billete normal, al contratar un billete con estas características. No se comercializan para este caso concreto las tarifas de tipo Mesa ni la de Grupos. Esta tipología de billete se ha implantado en primer lugar en la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla, para más adelante irse extendiendo progresivamente por el resto de la red.

Aparte de la modalidad del billete, RENFE identifica tres clases: Turista, Turista Plus y Preferente. Esta tipología supone un cambio respecto al anterior modelo, con clase Turista, Preferente y Club. Se ha suprimido por tanto la clase Club (la de mayor rango

dentro de esta jerarquía) y se ha incorporado una clase intermedia entre la Turista y la Preferente, denominada Turista Plus.

El motivo de la supresión de la clase Club es su escasa rentabilidad. La clase Turista Plus ofrece idénticos servicios a los ofertados a la clase Turista pero con butaca de clase Preferente y el importe del billete es un 20 % superior al de otro de clase Turista, estando abierto a la disponibilidad de plazas¹³⁵.

Con la nueva estrategia comercial, se eliminan las tarifas fijas y descuentos convencionales (Tarifas Web, Estrella y Mesa). Como se ha indicado, el número de tipos de billetes y abonos (con sus descuentos asociados), aumenta. De hecho, las tres anteriores tarifas han sido sustituidas por las Tarifas Promo, Promo + y Tarifa 4 Mesa.

RENFE se acerca así al modelo de subasta inversa, de gran éxito en el transporte aéreo. Con este sistema, el precio del billete variará en función de la demanda de cada operación en concreto. A mayor antelación en la reserva del billete, más económico resulta. Esta premisa es válida para fines de semana y operaciones de salida y regreso de vacaciones.

Pero no siempre sucede así. Tras la irrupción de las compañías aéreas *low cost*, la rentabilidad de un vuelo ya no depende exclusivamente del nivel de ocupación de la aeronave. Deben tenerse en cuenta tanto la distancia a la fecha de salida como la ley de la oferta y la demanda. Mediante algoritmos las compañías elaboran una curva de previsión para cada vuelo, con la que después fijan el precio de salida de cada asiento. Primero se lanza una promoción de salida de un número muy reducido de plazas a un precio muy económico. Según se van completando las plazas, el importe de éstas aumenta hasta llegar a los precios máximos de las últimas, destinadas a aquellos pasajeros obligados a volar y a los que el importe de estos billetes no les resulta determinante.

También puede suceder que la fecha del vuelo se aproxime y el avión todavía disponga de una amplia oferta sin cubrir. En ese caso las tarifas descienden, para así asegurarse una ocupación igual o cercana al 100 %.

RENFE Operadora al igual que las compañías aéreas, favorece la posibilidad de que en un mismo tren viajen pasajeros con distintos tipos de tarifas y que entre todos hagan al tren rentable, en vez de un modelo caracterizado por la máxima "a cada tarifa su tren" (Pease, 2010). El objetivo es asegurar la máxima ocupación y la máxima rentabilidad en cada asiento, con un sistema tarifario más flexibilizado que en épocas precedentes.

En este contexto la venta online debe suponer un importante revulsivo. La consulta de precios es mucho más rápida y permite asegurar un billete con gran antelación a precio menor, en aquellos casos en los que se trate de una promoción de un reducido número de billetes a un precio bajo. En el caso contrario, también posibilita comprar un billete barato en aquel tren que realice un servicio en fechas próximas y la disponibilidad de plazas aún sea importante.

Hay que destacar el acuerdo alcanzado entre RENFE y la plataforma de comercialización Amadeus, para gestionar su propio sistema de ventas. Este acuerdo es vital tanto para RENFE, dotándola de un sistema de ventas más moderno y con proyección global, como sobre todo para las agencias de viajes de tal forma que en el caso de ser usuarios de Amadeus, pueden hacer reservas, modificaciones y cancelaciones online de billetes para los clientes a través de su web.

La estrategia de la compañía ferroviaria en materia de descuentos según la tipología del billete y abono comprados por un determinado viajero, aparece representada en la Tabla número 88.

¹³⁵ Con la supresión de la clase Club, la demanda de bandejas servidas en la plaza descendió un 20 %. Este descenso fue el detonante de un reajuste laboral para el personal de abordaje por parte de Ferrovial, ya indicado.

Tabla 88. Estrategia de descuentos de RENFE Operadora

CATEGORÍA	DESCUENTOS	BENEFICIARIOS	OBSERVACIONES
Ida y vuelta	Todos: 20%	Viajeros con este tipo de billete	Validez anual. Descuento aplicable al comprar ambos billetes a la vez
Niños	0-13 años: 40%	Niños entre 0 y 13 años	-
Compra múltiple	20%	Viajeros con este tipo de billete	-
Billete Promo	AVE y resto LD: Hasta 70%.	Viajeros con este tipo de billete	% variable según tiempo de antelación y tipo de tren
Billete Promo +	AVE y resto LD: Hasta 65%.	Viajeros con este tipo de billete	% variable según tiempo de antelación y tipo de tren
Billete Flexible	AVE y resto LD	Viajeros con este tipo de billete	Mejores condiciones en cambios y anulaciones
Tarifa 4 Mesa	AVE y resto LD	Familias y grupos	1, 2, 3 o 4 plazas
Combinado Tren + Autobús	Tren + ALSA/Avanza	Viajeros con este tipo de billete	-
Turista Plus	AVE y resto LD: + 20%	Viajeros con este tipo de billete	-
BonoAVE ¹³⁶	AVE y resto AV: 35%	Viajeros con este tipo de billete	10 viajes ida/vuelta Validez cuatrimestral 2 tipos: BonoAVE Preferente y BonoAVE Turista
Abono Plus	Avant	Viajeros con este tipo de billete	Compra de 30-50 viajes. 1 plaza por tren. 6 meses de validez, y 30 días a partir del primer uso.

¹³⁶ Existe desde 2014 el bono Multi AVE, consistente en una especie de tarjeta monedero, con descuentos de entre el 35 y el 50 % (importe mínimo de 750 euros y máximo de 2.000 euros), si bien en la web de Renfe (a fecha de julio de 2014) no se ha encontrado información referente a este nuevo producto.

Abonos Mensuales	MD Convencional	Viajeros con este tipo de billete	Viajes ilimitados. 3 tipos: Regional, Exprés y Total.
Tarjeta Plus 10	Avant	Viajeros con este tipo de billete	10 viajes ida/vuelta Validez bimensual; 8 días a partir del primer viaje efectuado
Tarjeta Plus 10 Estudiantes	Avant	Viajeros con carnet de Estudiante	10 viajes ida/vuelta Validez bimensual; 10 días a partir del primer viaje efectuado
Tarjeta dorada	AVE: 40% (L-J), 25% (V-D) MD: 40% Avant: 25% (L-V), 40% (S-D)	Mayores de 60 años. Pensionistas e incapacitados > 18 años. Discapacitados > 65%	Validez anual
Tarjeta Joven RENFE	AVE y resto LD: 30%	Jóvenes entre 14-25 años	Validez anual
Carnet joven ¹³⁷	AVE y resto LD: 20% MD: 20% Avant: 20%	AVE y resto LD: 14-25 años MD: 12-26 años Avant: 14-25 años.	-
Familia numerosa	Familia numerosa General: 20% Familia numerosa Especial: 50%	Familias numerosas	
Grupos	AVE: 15% LD: 10% (ida), 25% (ida y vuelta) MD: Hasta 40% Avant: 15%	AVE y resto LD: - MD: Niños de 0-4 años (gratuito)	10-25 personas. AVE: 24 h. de antelación. LD: No aplicable los días V, D ni periodos de Julio, Agosto, Semana Santa y Navidad. MD: Mínimo 10 personas y con 10 días de antelación. Avant: 24 h. de antelación.

¹³⁷ Válidos los siguientes carnets: Carnet Joven Euro<26, Carnet GO 25 ISTC (UNESCO) y Tarjeta Rail Plus Junior.

Empresas y Congresos	Todos: 30%	Empresas y organizadores de eventos de más de 75 personas.	-
RENFE Spain Pass	AVE y Avant	No residentes en España	Viajes en territorio nacional a los no residentes 4-12 viajes. Validez semestral; 30 días a partir del primer viaje efectuado

Fuente: RENFE y elaboración propia¹³⁸

De acuerdo con estas ofertas, en la Tabla número 89 se han representado las tarifas según el tipo de billete incluidos descuentos, para diferentes rutas en alta velocidad a nivel nacional, comparándolas también con los precios anteriores en clase turista.

Como observación hay que indicar que los importes calculados para los billetes de ida y vuelta corresponden a la Tarifa Base Turista. Para la Tarjeta Dorada y la Tarifa Promo se han considerado los descuentos máximos (40 % y 70 % respectivamente). Las diferencias son ciertamente significativas:

¹³⁸ Los descuentos incluidos en cada tipo de billete no son acumulables a ninguna otra oferta, salvo en aquellas que específicamente así lo indiquen sus condiciones.

Tabla 89. Tarifas en alta velocidad para diferentes rutas (euros)

TRAYECTO	PRECIOS ANTERIORES		NUEVOS PRECIOS							
	TURISTA	TURISTA +	IDA	VUELTA	CARNET JOVEN	TARJETA JOVEN	TARJETA DORADA	PROMO	BONOAVE	
	Madrid-Sevilla	84,8	101,8	75,5	60,4	60,4	52,85	45,3	22,65	49,1
Madrid-Girona	126,3	151,6	109,6	87,7	87,7	76,7	65,75	32,9	71,25	
Zaragoza-Madrid	61,3	73,6	54,6	43,7	43,7	38,2	32,75	16,4	35,5	
Barcelona-Madrid	119,8	143,8	106,7	85,35	85,35	74,7	64	32	69,35	
Madrid-Valencia	81,3	97,6	72,4	57,9	57,9	50,7	43,45	21,7	47,05	
Barcelona-Córdoba	140,6	168,7	115,1	92,1	92,1	80,55	69,05	34,55	74,8	
Málaga-Barcelona	146	175,3	116,9	93,5	93,5	81,85	70,15	35,05	76	
Figueres-Madrid	128,1	153,7	110	88	88	77	66	33	71,5	
Sevilla-Valencia	105,1	126,2	92,6	74,1	74,1	64,8	55,55	27,8	60,2	
Valencia-Puertollano	78,7	94,4	70	56	56	49	42	21	45,5	
Albacete-Madrid	50	60	44,5	35,6	35,6	31,15	26,7	13,35	28,95	
Ciudad Real-Madrid	41,8	50,2	37,2	29,75	29,75	26,05	22,3	11,15	24,2	
Madrid-Cuenca	33,8	40,6	30,1	24,1	24,1	21,05	18,05	9,05	19,55	

Fuente: Elaboración propia a partir del diario El Economista, 4 de febrero de 2013

En relación al sistema de devoluciones, tradicionalmente se ha asociado al compromiso de puntualidad adoptado por RENFE. Los lapsos de tiempo estipulados para tener derecho a la devolución parcial o total se han incrementado ostensiblemente, de tal forma que si el retraso es mayor de sesenta minutos, la indemnización corresponderá a la mitad del precio del billete. Si supera los noventa minutos, se devuelve íntegramente el precio del billete.

La nueva estrategia comercial ha incorporado otras novedades en este apartado. En la página web de RENFE se ha añadido una nueva funcionalidad, la “Indemnización Automática”. Con este sistema el cliente tiene derecho a percibir indemnización si la causa del retraso, cancelación o cualquier otro tipo de incidencia se debe a RENFE o a las infraestructuras (ADIF), estando excluidos de este derecho aquellos viajeros que abonaron su billete en metálico.

Una pieza más de la estrategia comercial de RENFE es el conjunto de promociones especiales ligadas a eventos singulares. Algunas de ellas quedan expuestas en las siguientes líneas.

Un ejemplo de ello es la conmemoración del vigésimo aniversario de la puesta en servicio del AVE, con la línea Madrid-Sevilla. La promoción consistió en la oferta de 20.000 plazas durante veinte días (del 21 de abril al 10 de mayo de 2012) abonando únicamente el 20 % del importe del billete. La oferta era limitada, de 1.000 plazas al día y con el requisito adicional de que debían ser compradas vía online o a través de agencias de viaje. El descuento aplicado fue muy importante teniendo en cuenta que se aplicaba a todas líneas existentes hasta ese momento, y que en ese periodo temporal la nueva estrategia tarifaria de la compañía aún no era una realidad.

Otro ejemplo se encuentra coincidiendo con la puesta en marcha del tren de alta velocidad a Alicante. RENFE anunció que los billetes se ofertarían a mitad de precio durante la primera semana de servicio. Posteriormente el plazo se amplió una semana más, siendo finalmente 14 los días en los que los usuarios pudieron aprovechar esta promoción, desde el 18 de junio hasta el 2 de julio de 2013.

Durante el periodo navideño RENFE lanzó en 2013 dos promociones. Con la compra de un billete de adulto podían viajar dos niños menores de 14 años gratis y todos los sábados de diciembre de dicho año, se ofertaron 1.500 plazas para el corredor Madrid-Valencia con un 50 % de descuento para trenes AVE y Alvia.

RENFE se aproxima a la política comercial del transporte aéreo y se produce la aparición, por primera vez, de plazas *low cost* limitadas y con billetes no reembolsables, al igual que sucede con el avión. La decisión de ofertar precios más reducidos acerca el tren de alta velocidad a una parte mayor de la sociedad y puede inducir, según López Pita et al. (2005) y Domènech (2008), un incremento global de la cuota de mercado del ferrocarril de alta velocidad en Europa.

Sin embargo como sugiere Barrón (2006), un verdadero sistema de AVE *low cost* necesita de la actuación en un mayor número de ámbitos. Por ejemplo, la complementariedad con otros modos (Díez, 2012). En este caso RENFE ha creado un nuevo billete combinado tren+autobús (Tabla número 88). Con respecto al avión, sería un elemento muy importante la posibilidad de conectar aeropuertos con estaciones de alta velocidad, labor que en España aún está en fase de desarrollo.

En septiembre de 2014 se hallaba en estudio la comercialización de billetes combinados tren+avión en cinco ciudades (Zaragoza, Sevilla, Valladolid, Córdoba y Málaga), conectadas con Madrid a través de las estaciones de Atocha y Chamartín. La última información recogida es que Iberia y RENFE ya venden billetes conjuntamente, a fecha de septiembre de 2015.

Siguiendo a Barrón, también sería necesario el abaratamiento de costes especialmente en áreas urbanas, reduciendo los plazos de construcción e incentivando la colaboración de las autoridades locales.

En cuanto al material rodante, dicho autor aboga por su estandarización y modularización. TALGO presentó en Berlín en el año 2012 el prototipo AVRIL, un tren de alta velocidad con mayor capacidad, modularidad y velocidad, cuya puesta en servicio se tiene prevista en una fecha aún por determinar (última comprobación en julio de 2015), ya que se encuentra en fase de validación y pruebas. Cuando finalmente se produzca, la previsión es que descienda el coste total de dicho material rodante, debido a las características expuestas.

Barrón señala la necesidad de fomentar la participación y el compromiso de todos los actores intervinientes en el sistema, para avanzar paulatinamente hacia un modelo a menor coste y más eficiente.

En 2014 se crea el tren “AV City”. Es un tipo de tren de alta velocidad *low cost*, que circula a velocidades máximas de 200 km/h para abaratar costes. El precio de los billetes es inferior y la comodidad del pasajero también, debido a que existe menor espacio, no hay cafetería, etc.

Los primeros resultados económicos publicados por RENFE tras la entrada en funcionamiento de esta nueva estrategia comercial son los correspondientes al primer trimestre de 2014. Respecto al volumen de viajeros los resultados son positivos puesto que se produjo un incremento del 18 % respecto a la anterior medición, si bien en conjunto el balance económico arroja cifras preocupantes, ya que el volumen de ingresos sólo aumentó en un 3,6 % (Amador, 2014). El incremento de viajeros puede observarse también en el Gráfico número 35, donde el tren se configura como la primera opción para los viajeros que vayan a realizar un trayecto de larga distancia.

Con la creación de los nuevos servicios y tipos de billete de la compañía, entre los que destaca el bono Multi AVE y el “coche en silencio”, RENFE prosigue y realza una agresiva estrategia de bajada de precios y profusión de promociones y descuentos para la atracción y fidelización de clientes, justo al comienzo de la apertura del sector de viajeros a nuevos operadores.

7.3.7. El tren de alta velocidad como motor turístico

La relación existente entre alta velocidad y desarrollo turístico es también singular. Según Albalate y Bel (2011 y 2015), únicamente el sector servicios y el turismo en particular, parecen recibir efectos sustanciales de la alta velocidad. Para éste último, entendiendo como tal el turismo clásico de ocio, su efecto es indeterminado ya que aumenta la movilidad pero disminuyen las pernoctaciones debido a los ahorros de tiempo respecto a otros modos. En otras palabras, la influencia sobre el gasto turístico no presenta un signo definido (Esteban, 1998; Bellet et al., 2010; Sánchez-Ollero, 2014).

Bonnafous (1987) ya analizó esta cuestión en relación al TGV. Su trabajo contenía una serie de encuestas sobre viajeros, y en él se indica que el número de pernoctaciones de los pasajeros disminuyeron del 74 % al 46 % tras la puesta en servicio del TGV París-Lyon.

Puede afirmarse que el turismo a través del tren de alta velocidad aumenta la demanda, básicamente la inducida. En buena medida uno de los motivos de movilidad es el propio modo de transporte: no sólo se pretende disfrutar una vez llegado al lugar de destino sino también durante el trayecto, dentro de este tipo de trenes. Pero el hecho de que se incremente el tráfico no implica *per se* un repunte en la demanda de servicios hoteleros (Albalate y Bel, 2015).

Dentro del uso de tipo turístico, debe destacarse que el turismo de negocios y de congresos se ve muy beneficiado. En el trabajo de Oh (2014) relativo a la alta velocidad surcoreana, se señala que el turismo de convenciones y congresos se ha visto incrementado notablemente entre 2003 y 2011 en aquellas ciudades con estación de KTX, el tren de alta velocidad surcoreano.

En España este dato positivo se corrobora en gran medida con el gran número de ejecutivos usuarios del AVE (Esteban, 1998). Como ya se ha expuesto en la política

tarifaria de RENFE, existe un tipo de billete destinado exclusivamente a este colectivo. No resultan además muy afectados por que la implantación del tren de alta velocidad disminuya el número de pernoctaciones, puesto que se trata en muchos casos de viajes en el mismo día o como mucho de dos días, permaneciendo una única noche en el lugar sede del evento.

Una de las proposiciones más relevantes es la de fomentar la complementariedad entre modos, aunque puede simplificarse en gran medida mediante la complementariedad con el transporte aéreo. En este sentido debe valorarse la importancia de conectar estaciones de alta velocidad con aeropuertos, situación que en España hasta julio de 2015 no se ha producido en ningún caso.

Por otro lado, para promocionar las poblaciones que integran la red de alta velocidad, se ha creado a nivel nacional la llamada Red de Ciudades AVE, cuya web es www.avexperience.es. En dicha página se halla una lista con ciudades con parada de alta velocidad, mostrando su oferta cultural, turística, etc. Existe otra pestaña en la que se ofrece la posibilidad de reservar billetes. Pero la web se encuentra desactualizada puesto que no incluye todas las poblaciones con estación de alta velocidad.

Otro intento para fomentar el desarrollo turístico de las poblaciones con AVE es mediante la revista "Paisajes desde el Tren", con reportajes sobre las ciudades con parada de alta velocidad y/o resto de ferrocarril de larga distancia.

En referencia a la relación entre el tren de alta velocidad y turismo, un trabajo de reciente publicación es el de Sánchez-Ollero et al. (2014). Los autores investigan la influencia del tren de alta velocidad en el sector turístico andaluz y concluyen que este modo no ha contribuido de forma significativa a su crecimiento. Desde 2010 el tráfico de viajeros en alta velocidad para las líneas de Madrid-Sevilla y Madrid-Málaga ha descendido. Esto puede ser debido a la crisis económica, pero no es menos cierto que el volumen de pasajeros de otros modos ha aumentado (en el caso de Sevilla, crecimiento en el tráfico aéreo), mientras que para Málaga, también ha habido repunte en este último modo, tanto si se hace referencia a los viajeros nacionales como internacionales. La situación del AVE para Andalucía se ha vuelto más complicada con la apertura de la línea Madrid-Valencia, enfocada especialmente al incentivo de la movilidad turística.

7.3.8. Rentabilidad social del tren de alta velocidad

Existe un consenso generalizado acerca de que las infraestructuras de transporte generan riqueza, puestos de trabajo y grandes beneficios a la sociedad. Según este acuerdo político y social imperante, mejores y más rápidos medios de transporte implican mejor acceso a los mercados y, por tanto, más oportunidades de negocio. El tiempo ahorrado en los desplazamientos se traduce en dinero ahorrado para actividades económicas, mejores condiciones para las empresas y más empleo.

La progresiva interiorización social de esta asociación (más infraestructuras implica más desarrollo), favorece que la puesta en marcha de una nueva línea de alta velocidad se considere un derecho irrenunciable, según indican Ibarra (2009) y Segura (2012).

No cabe duda de que la mayoría de los proyectos de infraestructura de transporte, como el tren de alta velocidad, requieren de una evaluación *ex ante* previa a comprometer recursos públicos importantes para su ejecución (Wu, 2013). Dicha evaluación incluye estudios relativos a movilidad y a rentabilidad (Martí-Henneberg, 2000; Román, 2008). Sin embargo existe un importante sesgo a la hora de presentar las características de este modo de transporte, pues suele realizarse de forma desmedida o demasiado optimista.

La discusión sobre la rentabilidad social de la inversión en trenes de alta velocidad ha estado prácticamente ausente del debate político en España (De Rus y Román, 2006), y este modo de transporte ha sido y es utilizado como punta de lanza de un afán desarrollista en materia de infraestructuras, el cual no responde a ninguna necesidad o demanda social (Costa, 2009).

En el ámbito académico se ha generado un importante debate, especialmente en clave económica. En la tesis, las ventajas del nuevo tren quedan cuestionadas o al menos matizadas, ya sea por los resultados de la propia investigación como por las aportaciones de buena parte de los expertos citados.

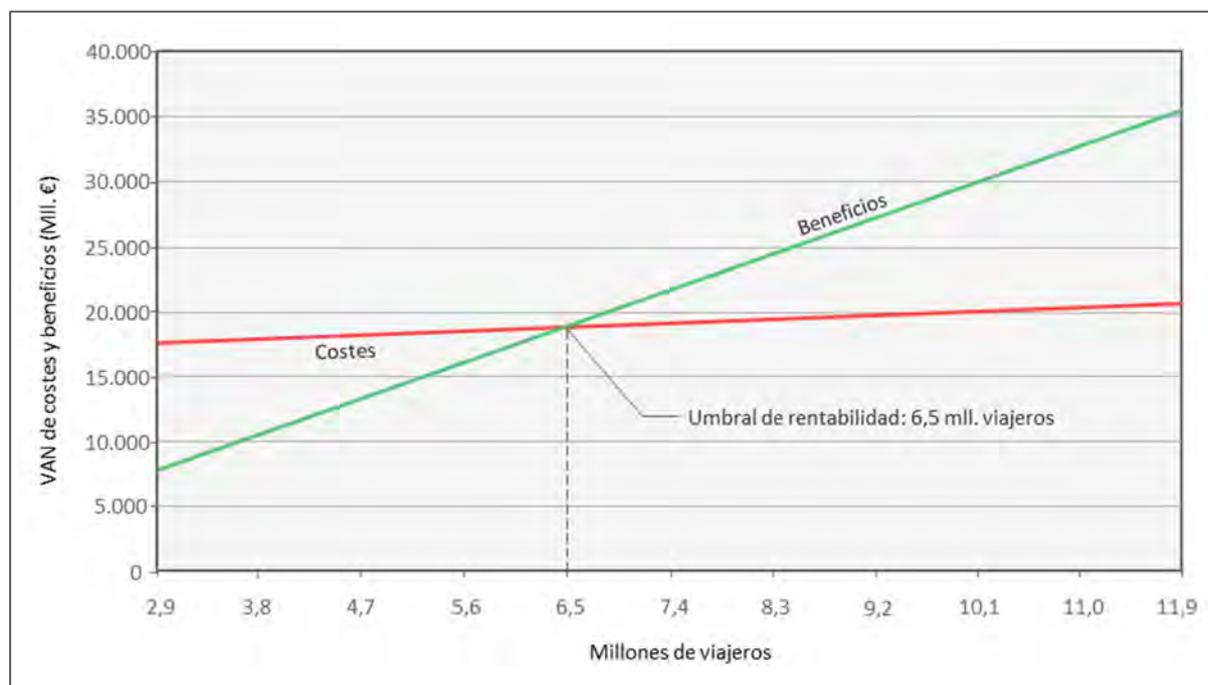
Llegados a este punto es crucial señalar la importancia de los costes que genera una línea de alta velocidad, y sobre todo el hecho de que no siempre los costes que se derivan de su construcción y explotación están compensados con los beneficios que la sociedad obtiene de estas líneas ferroviarias.

El volumen de demanda se muestra como el factor más relevante que modula el nivel de rentabilidad social. Concretamente, el umbral de demanda -real o potencial- determina el umbral de rentabilidad social. También hay que tener en cuenta la disposición adicional a pagar de los viajeros que ya viajaban al dejar modos de transporte alternativos, la capacidad de generar tráfico, así como los ahorros en recursos y externalidades en su caso, que se producen en la sustitución, especialmente si proceden de la carretera.

Además de considerar el volumen de tráfico, también es importante evaluar la masa demográfica exigible. La demanda potencial de servicios de alta velocidad debe ser particularmente alta para que este tren sea socialmente rentable. Fernández y García (2013), dan un paso más y estiman la necesidad de que existan aglomeraciones urbanas de al menos 20 millones de habitantes en los diferentes corredores. Esta característica como se ha detallado en la tesis, no la presenta España. De hecho, la única aglomeración europea con una magnitud demográfica cercana es París, con 17 millones.

En base a esta temática, un trabajo a destacar es el de Inglada (2005), que evalúa la evolución de los costes y beneficios en relación con el volumen de viajeros. El Gráfico número 36 corresponde a dicho trabajo:

Gráfico 36. Evolución de los costes y beneficio con la demanda



Fuente: Elaboración propia a partir de Inglada (2005)¹³⁹

¹³⁹ Basado en la hipótesis que incluye una Tasa de descuento del 4 %, Tasa de crecimiento del 3 % y una duración de 40 años.

En este diagrama se representa la estrecha relación entre la demanda de viajeros y los costes, tanto fijos como variables. La línea de beneficios dibuja una trayectoria más pronunciada que la de costes. Es decir, para este modo la importancia de los costes fijos es muy significativa.

El punto de corte de ambas rectas determina el nivel mínimo de tráfico que hace rentable socialmente un proyecto de alta velocidad “tipo”. Se cifra en 6,5 millones de viajeros equivalentes¹⁴⁰. Se trata de una cifra menor a la indicada por la Comisión Europea¹⁴¹, si bien sigue siendo un objetivo muy ambicioso para los niveles de demanda nacionales a nivel general¹⁴².

A escala mundial, Albalade y Bel (2015) señalan que únicamente han conseguido una rentabilidad clara tanto a nivel financiero como social las líneas de alta velocidad Tokio-Osaka, París-Lyon y la china Jinan-Qingdao. Todas ellas son muy densas y conectan núcleos a distancias eficientes para el tren de alta velocidad frente al transporte aéreo y al terrestre.

A nivel nacional R. Senserrich indica que para 2012, Madrid-Barcelona ronda los 6,5-7 millones de viajeros, mientras que Madrid-Sevilla se sitúa en torno a 5, en el tramo Madrid-Córdoba. Madrid-Levante -sin incluir Alicante- unos 3,5 millones, se queda por tanto corta para su primer año de servicio. La más deficitaria es Madrid-Valladolid, aunque como es sabido, la LAV Madrid-Galicia, a la cual pertenece, (o más ampliamente la línea Madrid-norte) es una línea inacabada. (Senserrich, 2012).

Los valores incluidos en el Observatorio del Ferrocarril (2013) resultan menos completos, ya que sólo contemplan las principales rutas de larga distancia. Como ya se ha analizado en el capítulo anterior, son los valores tomados como referencia para la comparación con los resultados de la aplicación del modelo gravitatorio.

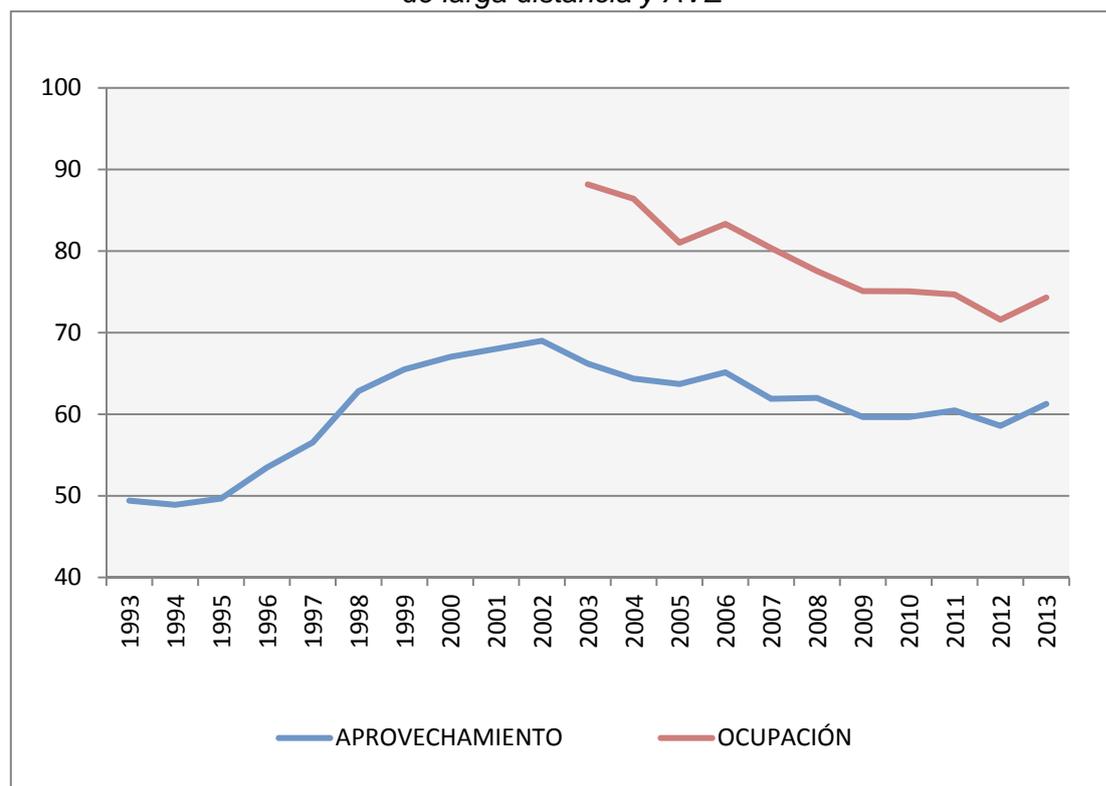
En primer lugar se sitúa Madrid-Barcelona, con 3.070.000 viajeros en 2013, seguido por Madrid-Sevilla (2.175.000) y Madrid-Valencia (1.858.000). En cuarto lugar figura Madrid-Málaga (1.533.000), y a continuación Madrid-Zaragoza (1.176.000). Si se suman los valores de las rutas Madrid-Barcelona con las de Madrid-Zaragoza y Madrid-Tarragona (300.000), el resultado es de 4.546.000 viajeros anuales. Al no aparecer el tráfico entre Madrid y el resto de ciudades del corredor (Guadalajara, Calatayud y Lérida, exceptuando Gerona y Figueras), es difícil creer que el tráfico total del corredor alcance los 6 millones de viajeros. Esta afirmación es extensible a las líneas Madrid-Sevilla, Córdoba-Málaga y Madrid-Levante.

¹⁴⁰ El propio V. Inglada define Viajero Equivalente como el “cociente entre los viajeros/kilómetro totales y la longitud de la infraestructura del AVE” (Inglada, 2005).

¹⁴¹ La Comisión Europea estima como umbral mínimo de tráfico 9 millones de pasajeros anuales, y 6 millones en el primer año de servicio, para costes y ahorros de tiempo medios. Estas cifras fueron fijadas por la Comisión para circunstancias excepcionales de volumen de tráfico y de ahorro de tiempo, concretamente una combinación de bajos niveles de inversión en la construcción de la línea y altos ahorros de tiempo. Es decir, la situación idónea. Nash (2009) y Serrano (2010), coinciden en señalar ese mismo umbral de pasajeros para determinar, a nivel general, el umbral de rentabilidad.

¹⁴² La cifra más reducida encontrada ha sido 8 millones de viajeros anuales.

Gráfico 37. Evolución del índice de ocupación y aprovechamiento medio en servicios de larga distancia y AVE



Fuente: Elaboración propia a partir del Observatorio del Ferrocarril, 2013

El Observatorio incluye también datos relativos a la evolución del índice de ocupación y del aprovechamiento medio. El primero de éstos hace referencia al cociente entre el número de viajeros y el número de plazas, mientras que el segundo de ellos es el resultado de la división entre el número de viajeros por kilómetro y el número de plazas también por kilómetro. Respecto al índice de aprovechamiento, se le denominad *load factor* y será empleado también en el apartado 7.5.1, relativo al consumo energético.

Como se puede apreciar (Gráfico número 37), el aprovechamiento presenta una trayectoria ascendente justo hasta el momento en el que se inicia el registro de las dos variables, después de lo cual ambas comienzan un leve pero sostenido descenso, siempre por debajo del valor del aprovechamiento medio respecto al índice de ocupación. En cuanto al repunte experimentado el último año puede verse influido por los cambios en la política tarifaria de RENFE. Sea como fuere, se echa en falta en la fuente primigenia de datos una mayor desagregación de la información relativa al nivel de ocupación por tramos o en su defecto por líneas, o bien al menos, separando los datos relativos al transporte específico en alta velocidad de los de larga distancia convencional.

Finalizando con los datos encontrados, De Rus (2012), cifra en 2,8 millones el volumen de demanda durante el primer año para Madrid-Sevilla y en 5,5 para Madrid-Barcelona. Este autor, junto con Román (2006) ya cuestionaban antes de su inauguración la rentabilidad de esta última línea.

Todas las cifras recabadas por corredores se sitúan en unos niveles de tráfico inferiores a los umbrales fijados por la Unión Europea para alcanzar un balance positivo desde el punto de vista de la rentabilidad social. Para el conjunto de líneas españolas, el Observatorio señala una cifra de 25,5 millones para 2013, unificando los datos de AVE y los correspondientes al resto de oferta de servicio ferroviario en larga distancia.

Como se expone en la Tabla número 39 junto con los datos aportados por Fernández-Aller (2014) en su trabajo sobre la red ferroviaria española puede afirmarse que los valores del tráfico registrados son claramente inferiores, no sólo al comparar con redes asiáticas (Japón, China, etc.) cuyos contextos territoriales son muy diferentes al nacional, sino también respecto a otras redes europeas. Sobre todo es llamativa la ratio de viajeros por kilómetro, que es el valor más perjudicado debido a que España posee la red de alta velocidad más extensa de Europa.

Consecuencia de estos datos son las numerosas críticas que llevan a cuestionarse la idoneidad y necesidad de la inversión (Costa, 2009). Este cuestionamiento resulta más necesario si cabe si se tienen en cuenta las actuaciones llevadas a cabo en materia de infraestructuras aeroportuarias y viales, como es la creación de nuevos aeropuertos, autopistas y autovías, tal como sugieren Román (2008) y Ruiz del Árbol (2012).

Si bien el tren de alta velocidad genera demanda inducida, también produce demanda insatisfecha. Con la llegada de la alta velocidad, se eliminaron servicios ferroviarios convencionales, y existe una proporción de población que o bien no posee capacidad adquisitiva suficiente o bien no está dispuesta a realizar un desembolso adicional por viajar en el nuevo tren. Se produce de esta manera un trasvase a otros modos, sobre todo autobús y vehículo privado.

Con todo ello la relación entre inversión realizada en nuevas infraestructuras y retorno a la sociedad no es buena. De hecho, España es el país desarrollado donde esta relación resulta menos positiva¹⁴³.

La nueva estrategia comercial de RENFE Operadora en materia tarifaria pretende como ya se ha expuesto incentivar el uso de dicho tren y convertirlo en un modo de transporte más generalizado, más "social" y menos elitista. El tiempo dirá hasta qué punto ha influido de forma positiva esa modificación a la baja de las tarifas sobre el comportamiento de la demanda.

Por el momento el último trabajo incluido en la tesis sigue sin aportar conclusiones muy halagüeñas. Se trata de un documento elaborado por Llobet y Betancor (2015), en el cual se analizan las rentabilidades financiera y social de los cuatro corredores: Madrid-Barcelona-Frontera francesa, Madrid-Córdoba-Sevilla/Málaga, Madrid-Levante y Madrid-norte. Los autores indican que "en ningún caso los ingresos netos de la operación de los corredores ya existentes compensan el importe invertido en la construcción de la infraestructura, especialmente en lo relativo a la rentabilidad financiera". Por tanto, ponen de manifiesto que "estas inversiones no son rentables ni para las empresas ni para la sociedad" (Llobet y Betancor, 2015).

7.3.9. Conclusiones

Existe una amplia multiplicidad de actores y elementos a considerar en el momento de determinar las potencialidades del tren de alta velocidad para inducir la mejora de la situación del sector ferroviario, fomentando el desarrollo económico y rentabilizándolo socialmente.

Los actores que intervienen son muy variados, según su naturaleza y también según su grado de afección a la nueva infraestructura y al servicio que ésta va a prestar. El abanico comprende desde los propios usuarios hasta las compañías de seguros, pasando por los administradores de infraestructuras, los operadores y los entes gubernamentales.

Los costes a destacar en una infraestructura de estas características son variados y especialmente altos. Hay que considerar los costes en la planificación, la construcción y el mantenimiento una vez inaugurado el servicio y de igual forma los costes de

¹⁴³ Publicado en <http://www.altavelocidad.org/index.php/alta-velocidad/item/1450-los-trenes-de-alta-velocidad-y-larga-distancia-de-renfe-perdieron-un-21-de-viajeros-en-2012>, con fecha de 27 de febrero de 2013.

oportunidad. Dadas las ingentes inversiones necesarias, el coste de oportunidad asociado a la extensión de la alta velocidad es muy significativo.

Una herramienta muy útil en ayuda de la determinación del grado de rentabilidad de una infraestructura de estas características es el ACB o Análisis Coste-Beneficio. En la planificación de la red de alta velocidad en España, a juicio de diferentes autores citados, no se ha realizado un estudio de este tipo lo suficientemente complejo como para obtener los datos necesarios que muestren las deficiencias existentes a la hora de planificar la red. Han sido sobreestimados los volúmenes de demanda y las posibilidades de activación/reactivación económica de los territorios en los que se inserta la red y subestimados los costes de oportunidad, de construcción, etc. Como señalan González-Savignat y Matas (2010), “en el contexto actual, con niveles más elevados en dotación de infraestructuras y con mayor restricción presupuestaria (...) el ACB debería aplicarse de manera más sistemática como criterio de decisión”.

Respecto a la política tarifaria de RENFE Operadora, hay que señalar que ha variado de modo notable en los últimos tiempos. Los precios privativos han sido una constante en toda la red. Tras la entrada en vigor del Reglamento 1370/2007, para eliminar la concesión de subvenciones a los servicios comerciales de RENFE, junto con la crisis económica y social, se han propiciado cambios en la estrategia comercial de la compañía, al objeto de incentivar el volumen de demanda. Las tarifas han experimentado un cierto descenso, las promociones y descuentos se multiplican, las posibilidades de adquisición de un billete también (venta online, plataforma Amadeus, etc.) La idea es ofrecer un sistema tarifario más cercano al existente en el transporte aéreo. De todos modos es pronto para determinar si en el caso de producirse aumento de la demanda, éste sea provocado por dichos cambios.

Lo cierto es que la estrategia tarifaria ha recibido críticas por parte de operadores de otros modos de transporte, como por ejemplo el autobús, ya que en determinados casos resulta más económica la adquisición de un billete en tren de alta velocidad que en un autobús de línea regular. En cuanto al sector ferroviario en particular, los nuevos operadores que entren a explotación del sector de viajeros también ven con recelo esta estrategia.

En la tesis también se trata la relación entre crecimiento de la red y desarrollo turístico. Al igual que sucede con otros temas de análisis que podrían incluirse, es interesante establecer esta relación entre ambos, pero hay que señalar que es una tarea compleja y difícil de determinar. Se relaciona al tren de alta velocidad con el concepto de demanda inducida y con el aumento de la movilidad, como ya se ha expuesto en diferentes ocasiones. Puede ser positivo para el turismo aumentar la movilidad pues incrementa el flujo de potenciales clientes. No obstante, dadas las características del nuevo tren y las posibilidades que ofrece, especialmente con su velocidad, el número de pernoctaciones suele resentirse y por tanto la demanda de servicios hoteleros.

Sí podría ser favorable fomentar la intermodalidad y complementariedad entre modos, especialmente entre tren de alta velocidad y avión. Esta opción sería especialmente relevante sobre todo si se ofertan en un mismo espacio servicios de transporte aéreo y también de alta velocidad, algo de lo que España, a fecha de julio de 2015, carece. Lo que sí se acaba de instaurar es la venta conjunta de billetes entre una compañía aérea (Iberia) y RENFE Operadora.

RENFE por su parte además de las promociones especiales para fomentar la demanda (lúdica sobre todo), ha creado una página web y una revista, que muestran las virtudes y las ventajas de viajar en un modo de transporte como éste.

Los discursos críticos en relación a los costes y a la carencia de análisis económico-financieros con un cierto grado de profundidad coinciden en cuestionar la rentabilidad socioeconómica de este tren, incluso el Tribunal de Cuentas indica las deficiencias en la gestión de la red de alta velocidad e insta a aplicar el principio de racionalidad en la ejecución del gasto público (Mato, 2015).

Teniendo en cuenta que al recopilar los datos de ocupación, no se cumplen en ningún caso los estándares mínimos indicados por la Unión Europea, la discordancia con la política de planificación existente es clara, y el tren de alta velocidad sigue etiquetado como un tren elitista y poco rentable socialmente. La nueva estrategia comercial de RENFE debe ir encaminada a modificar esta tendencia.

Pese a considerar que la inversión en este ferrocarril implica unos altos costes y multitud de incertidumbres, eso no significa que la inversión en ferrocarril, a nivel general, no sea necesaria. La Unión Europea y numerosos autores plantean alternativas a estas inversiones, especialmente centradas en la mejora de la red convencional preexistente y su transformación en velocidad alta.

Según disminuye la escala de un desplazamiento, el mensaje de estimar la conveniencia o no de construir nuevas líneas en alta velocidad va tomando forma, e incluye consideraciones tanto económicas como sociales y espaciales. Las recomendaciones de evaluación de la viabilidad de su implantación se convierten incluso en medidas disuasorias a pequeñas escalas, donde se apuesta más claramente por el tren convencional y la mejora de su red, prueba de ello es que en muchos proyectos a nivel local y regional no se han cumplido los objetivos de crecimiento económico y demográfico previstos.

Esta estrategia disuasoria como indica Gutiérrez (2004), también puede aplicarse en relaciones interregionales, es decir, para estos ámbitos escalares también puede ser cuestionable este tipo de inversiones si ya existe un sistema de transporte aéreo eficiente.

7.4. IMPLICACIONES TERRITORIALES

En este capítulo se han integrado efectos de clara índole territorial ocasionados por el tren de alta velocidad. Se han considerado como tales la capacidad de impulso territorial, los efectos de red, túnel y barrera y consecuencia de todo ello la polarización espacial. Por último se expone la problemática relativa a determinados corredores, que ha ocasionado según el caso, la sustitución, o la cancelación del servicio o proyecto de alta velocidad o de ferrocarril convencional.

7.4.1. Capacidad de impulso territorial

Las implicaciones territoriales de la puesta en servicio en un territorio del tren de alta velocidad son difícilmente evaluables. Todo el conjunto de cálculos de costes asociados a una infraestructura y más en particular de alta velocidad ferroviaria, muestran datos tendentes a determinar del modo más aproximado posible, la capacidad de impulso territorial derivada de la actividad de las líneas de alta velocidad.

En líneas generales como indican Ureña et al. (2012), “la llegada de la alta velocidad ferroviaria no debe considerarse un fin en sí mismo, sino el inicio de un proceso de adaptación y de mejora a las nuevas oportunidades y necesidades nacionales y regionales”.

En consonancia con esta afirmación y según señala Martí-Henneberg (2000), la capacidad de impulsar actividad económica en un territorio influye de forma categórica, al igual que la demanda de viajeros, en la eficacia de un servicio ferroviario. La dinamización territorial y la eficacia de éste deben ir ligados para un beneficio conjunto.

El efecto positivo del nuevo servicio depende del territorio en el que se inserte, ya que los efectos pueden variar ostensiblemente dependiendo del proyecto programado en un espacio concreto, tal y como proponen Vickerman (2006) y Deakin (2010). De la misma forma, dichos efectos también dependen de las dinámicas territoriales en marcha, tanto en el ámbito de las actividades económicas con mayor iniciativa como en el de la transformación urbana (Van den Berg y Pol, 1997).

El tren de alta velocidad estimula la iniciativa empresarial previa. La identificación de estas iniciativas resulta crucial para posteriormente elaborar estrategias que permitan potenciarlas de un modo adecuado (Martí-Henneberg, 2000). Pero no implica que se cumpla, *per se*, el llamado paradigma de la causalidad lineal, según el cual una infraestructura es capaz de generar por ella misma dinamización, riqueza, o mejoras sustanciales en la estructura económica territorial (Plassard, 1997), de tal forma que como indican Feliu (2007), Bellet (2008) y Fageda (2013), este tren no crea dinámicas de la nada, sólo "mueve aquello que ya se mueve". Sólo puede tener repercusiones y efectos sobre aquellas actividades sensibles a las nuevas posibilidades de relación surgidas con su implantación. Esta conclusión es compartida por multitud de autores, por ejemplo Plassard (1991), Mannone (1995), Martí-Henneberg (2000), Ribalaygua (2004), Rodríguez et al. (2005), Torres (2006), Serrano et al. (2010), Albalate y Bel (2011 y 2015), Bellet et al. (2011), Sánchez-Ollero et al. (2014).

Martí-Henneberg indica también que aunque no sea decisivo para atraer nuevas inversiones a nivel regional, el ferrocarril de alta velocidad contribuye al mejor funcionamiento de aquellas empresas en que la movilidad personal es crucial. Esta afirmación está relacionada con lo señalado con anterioridad respecto al auge de los *commuters* debido a la puesta en marcha de este tipo de servicios ferroviarios.

Existe una serie de trabajos de diferentes autores en los cuales se relaciona esa capacidad de impulso económico con el tamaño de las ciudades por las que el tren de alta velocidad tiene o va a tener una parada: Plassard (1997), Martí-Henneberg (2000), Bellet (2000 y 2008), Feliu (2006 y 2007), Guillamón (2009), entre otros.

En esta temática la literatura francesa es más abundante, al llevar el TGV más tiempo en servicio y la capacidad de análisis diacrónico es mayor. Bonnafous (1987) ya señalaba que los efectos del TGV son mayores en los grandes núcleos urbanos. Arduin (1991), señaló la existencia de tres efectos desequilibrantes en la ordenación del territorio aplicables a las infraestructuras de transporte y más en concreto a la infraestructura de alta velocidad:

En primer lugar el efecto de contraste, por el que el acercamiento de dos regiones desarrolladas a través de una mejora de la oferta del transporte beneficia a la más avanzada. Tras la inauguración de la línea Rhône-Alpes (Lyon-Valence), los desplazamientos en sentido sur (París-Valence) aumentaron un 52 %, mientras que a la inversa el porcentaje se elevó hasta el 144 %.

En segundo lugar el efecto de masificación, según el cual las inversiones se realizan en los grandes ejes de transporte, donde existe un tráfico más importante. A pesar de que la compatibilidad del sistema TGV con las líneas ferroviarias convencionales permite extender los servicios sin la construcción de nuevas líneas, la región de Île-de-France o parisina ha visto incrementada su dotación de líneas de alta velocidad, debido tanto a la centralidad de París y la gran masa demográfica de la región como a la necesidad de establecer corredores de interconexión de las nuevas líneas.

En tercer lugar el efecto de centralidad, por el que a medida que se mejoran las infraestructuras de transporte, el centro de la capital se "acerca" a las ciudades periféricas y ciertas actividades que estaban desconcentradas debido a la distancia a la capital pueden, en cierto momento volver a concentrarse (Rodríguez et al., 2005).

Mannone (1995), en un trabajo relativo al TGV sudeste, aporta conclusiones en una línea similar: "El TGV ha promovido la centralización de las actividades de servicios en los grandes nodos y favorecido los viajes intra-organizativos (movilidad personal dentro de las empresas), si bien el impacto sobre las actividades industriales fue irrelevante".

Martí-Henneberg (2000) también ha abordado temáticas referentes al TGV y comparte con los autores franceses anteriores que "el TAV consolidará la centralidad de los núcleos mayores. Son las grandes áreas metropolitanas las que justifican la inversión en una nueva red de alta velocidad, al ser los espacios con un mayor tráfico (potencial) de viajeros y con mayores posibilidades de desarrollo económico".

En su valoración se observan ciertos efectos en el área de influencia de esos grandes nodos, y se indica que el TGV puede adoptar dos niveles de impacto en las actividades económicas de su área de influencia: la ampliación de las empresas existentes y la atracción de otras nuevas, su contribución a modificar la estructura y el área de mercado de un gran número de entidades. Barreiro (2011), coincide con esta idea al afirmar que las líneas de alta velocidad propician nuevos modelos de asentamiento poblacional y empresarial.

Con este mismo planteamiento y teniendo en cuenta la proliferación de trazados y estaciones en España, ya en servicio o en construcción, Ribalaygua (2005) y Auphan (2008) señalan que la alta velocidad va experimentando un proceso de regionalización para fomentar la equidad y cohesión territorial, en base a la inclusión de un mayor número de paradas intermedias.

Se deduce por tanto que este tipo de tren deja una puerta abierta al desarrollo de ciudades que por su masa demográfica, se sitúan a niveles inferiores: las ciudades intermedias. En Europa se entiende por ciudad intermedia aquella que posee una masa demográfica entre 20.000 y 500.000 habitantes y que sin ser capital nacional, funcionan como centros de referencia y ejercen su influencia sobre un territorio más o menos inmediato¹⁴⁴.

Las ciudades intermedias, al menos a priori, parten en desventaja respecto al resto de actores implicados en la planificación del tren de alta velocidad (Albalate y Bel, 2012). Otro autor, J. Feliu, identificó en el año 2007 cuatro limitaciones respecto a las grandes aglomeraciones y conurbaciones:

Juegan un papel muy residual en el proceso de decisión a escala multinivel, cuando en realidad constituyen el actor mejor posicionado para liderar procesos de desarrollo local. Para producir desarrollo en esas ciudades intermedias es vital que los recursos materiales e inmateriales, como el tren de alta velocidad, sean percibidos como recursos endógenos. De igual forma, la Unión Europea apunta que "debería ser necesario que las infraestructuras de grandes prestaciones, como el ferrocarril de alta velocidad, no absorba recursos de regiones periféricas o menos favorecidas, evitando así el llamado "efecto bombeo" (Comisión Europea, 1999).

La reducida dimensión o masa crítica le dificulta el establecimiento de una red potente de actores locales con capacidad de influencia a la hora de la planificación de la infraestructura en su territorio.

La ciudad intermedia es más sensible a la conflictividad local que surge o puede surgir con el proyecto de desarrollo, desde la fase de su planificación hasta la puesta en servicio y posterior explotación.

Se constata la dificultad que otros territorios y ciudades próximas pueden tener para aprovechar la llegada del nuevo ferrocarril para su propio desarrollo, y que se vea mermada la capacidad de crear desarrollo regional. Vickerman (1997) indicó que al conectar una ciudad central con otra más periférica, aumentaba más rápidamente la centralidad de las regiones que ya son centrales de lo que disminuye la perifericidad de las regiones que son periféricas, hecho también contrastado por Martínez y Givoni (2009) y Albalate y Bel (2015). Como señala Hernández (2010), puede generarse no tanto desarrollo sino competencia regional, de tal forma que los efectos de relocalización, si son significativos, podrían estar alimentando una competencia ineficiente por los fondos públicos entre las regiones. Éstas podrían verse inmersas en una carrera por ser las primeras en disfrutar de las infraestructuras y obtener beneficios adicionales a costa de otras regiones.

Con otros términos pero también llegando a similares conclusiones, se encuentra el análisis de De Rus y Campos (2005), los cuales hacen referencia a regiones ricas y pobres en vez de aludir al tamaño de las ciudades.

¹⁴⁴ Una definición más amplia de ciudad intermedia puede encontrarse en: LLOP, J.M. (Dir.) (1999): "Ciudades intermedias y urbanización mundial", pp. 42-45.

Ambos autores parten de la hipótesis de que la construcción de líneas de alta velocidad que reduzcan los costes de transporte desde una región pobre a otra región más desarrollada, permitirá un mayor crecimiento económico gracias a la facilidad de exportar y al mayor atractivo de la región pobre para que se instalen nuevas empresas.

La argumentación anterior no está respaldada por la evidencia empírica disponible. Las líneas de alta velocidad son de ida y vuelta, no estando claro si la reducción de costes de transporte (que está relacionado con la reducción de los tiempos de viaje) puede tener el efecto deseado en la región pobre. En presencia de economías de escala y de aglomeración, una reducción en los costes de transporte podría hacer más rentable la concentración de actividad en la región rica, que podría exportar a menor coste sus productos a la región pobre en lugar de producir directamente en la región pobre. Esta última, debido a su menor actividad económica, no se beneficiaría de las economías de escala ni de la cercanía de otras empresas suministradoras de *inputs*. El efecto final de la inversión sería positivo, pero no necesariamente favorecerá a la región pobre (De Rus y Campos, 2005).

En consonancia con estos planteamientos, se sitúan también Albalade y Bel (2011), a los que se hace referencia más ampliamente en las próximas líneas. Estos autores indican que para las regiones y ciudades con condiciones económicas desfavorables, la conexión a la red de alta velocidad suele provocar la succión de sus actividades hacia las ciudades de mayor dimensión y dinamismo, o como las denomina Sánchez (2012), las ciudades globales o *megacities*, generando un efecto neto negativo sobre el tejido económico de estas ciudades con dinámicas no tan propicias. Así, las ciudades medianas y pequeñas suelen ser las principales víctimas de la conexión a la alta velocidad, en beneficio de las aglomeraciones que ocupan un nivel jerárquico más alto dentro de la red nacional, como es el caso de Madrid, con gran predominio de las actividades de servicios, dentro de las cuales resultan especialmente significativas las relativas a los servicios avanzados y a las telecomunicaciones (Sánchez et al., 2008).

Más que favorecer el desarrollo y la equidad territorial, se produce un efecto de succión de las potencialidades de regiones periféricas o menos desarrolladas hacia las grandes aglomeraciones demográficas y de actividad económica (Feigenbaum, 2013); incentivando procesos de competencia regional más que de equidad territorial.

Se han valorado también tres trabajos relacionados con toda esta temática. El primero de ellos realizado por Albalade y Bel (2011), de la Universidad de Barcelona, mientras que la autoría del segundo corresponde a profesores de la ETSI de Caminos, Canales y Puertos de Castilla-La Mancha¹⁴⁵. El tercer trabajo ha sido realizado por Bellet y Gutiérrez (2011), pertenecientes a la Universidad de Lérida. En todos estos trabajos se constatan las afirmaciones anteriores de manera más o menos directa.

Albalade y Bel analizaron diferentes ciudades de tamaño intermedio de Castilla-La Mancha, concretamente seis: Guadalajara, Cuenca, Albacete, Toledo, Ciudad Real y Puertollano, o sea, las cinco capitales de provincia más Puertollano, que alberga estación de alta velocidad desde la inauguración de la línea Madrid-Sevilla. Las variables objeto de estudio fueron la evolución demográfica y del parque de viviendas. Los datos aportados, junto a otros añadidos por los autores, se recogen en las Tablas número 91 y 92.

Para Ciudad Real y Puertollano, las ciudades que cuentan con una estación ya desde 1992, dichos autores no observan aumentos sustanciales en ambas variables (1991-2001). Ambas experimentan un aumento de su parque de viviendas entre 1991 (último censo antes de la llegada del AVE) y 2001, si bien el resto de capitales provinciales manchegas (que no contaban con estación de alta velocidad) presentan números similares o incluso mejores. Respecto al volumen demográfico las cifras de Ciudad Real son similares al del resto de capitales manchegas, mientras que Puertollano paradójicamente experimentó un decremento de su población.

¹⁴⁵ RIBALAYGUA, C. et al. (2004): "Alta velocidad, integración metropolitana y proyectos territoriales. El caso de Ciudad Real y Puertollano". Urban, nº 9, pp. 30-44.

Entre 2001 y 2011 el resto de capitales manchegas van siendo dotadas paulatinamente de estación. Durante ese periodo, todas las ciudades experimentan crecimientos positivos tanto en población como en el parque de viviendas, como se comprueba en la Tabla número 90.

Tabla 90. Evolución demográfica en Ciudad Real, Puertollano y resto de capitales provinciales manchegas (1991-2011)

MUNICIPIO	Año ¹⁴⁶	1991	2001	2011	Variación 1991-2001	Variación 2001-11
Ciudad Real	1992	57.030	63.251	75.071	10,9	18,7
Puertollano	1992	50.910	48.086	51.924	-5,5	8,0
Albacete	2010	130.023	148.934	171.999	14,5	15,5
Guadalajara	2003	63.649	68.248	84.404	7,2	23,7
Cuenca	2010	42.817	46.341	56.472	8,2	21,9
Toledo	2005	59.802	68.382	83.872	14,3	22,7

Fuente: Elaboración propia a partir del Padrón Municipal de Habitantes, Instituto Nacional de Estadística y Albalate y Bel, 2011

En cuanto a la intensidad de dicho crecimiento, el volumen de viviendas sigue aumentando al mismo ritmo ya de por sí alto, en torno al 30 %, mientras que respecto a la demografía todas las ciudades presentan un aumento más acelerado, en torno al 20 %. Debe destacarse que el aumento más importante se da en las ciudades cuya estación de alta velocidad fue inaugurada a mediados de la primera década del siglo XXI.

Más concretamente se hace referencia a Guadalajara y Toledo, seguidas muy de cerca por Cuenca, aunque la inauguración de su estación fue posterior (2010). La única excepción es Puertollano (8 %), aunque debe recordarse que en la década anterior era un núcleo con valores de crecimiento demográfico negativo.

Tabla 91. Evolución del parque de viviendas en Ciudad Real, Puertollano y resto de capitales provinciales manchegas (1991-2011)

MUNICIPIO	1991	2001	2011	Variación 1991-2001	Variación 2001-11
Ciudad Real	21.664	28.799	38.005	32,9	32,0
Puertollano	19.118	22.669	25.862	18,6	14,1
Albacete	51.892	67.448	83.229	30,0	23,4
Guadalajara	23.958	29.825	40.199	24,5	34,8
Cuenca	18.647	23.902	30.933	28,2	29,4
Toledo	22.164	30.167	37.880	36,1	25,6

Fuente: Elaboración propia a partir del Padrón Municipal de Habitantes, Instituto Nacional de Estadística y Albalate y Bel, 2011

¹⁴⁶ Año de puesta en servicio de la estación de alta velocidad en cada ciudad objeto de análisis.

Con los datos aportados en las Tablas número 90 y 91, la cuestión clave es si se considera la llegada del tren de alta velocidad a estas ciudades de tamaño medio como un factor explicativo de su crecimiento. Como se ha indicado anteriormente, distintos autores muestran que el tren no crea iniciativas ni dinámicas de la nada, aunque sí puede ayudar a su creación. Como señala Pillet (2004), el crecimiento de Ciudad Real entre 2001-11 no se debe tanto al tren sino sobre todo a la construcción de un nuevo campus de la Universidad de Castilla-La Mancha en la capital provincial.

En este caso puede plantearse como un aliciente a la hora de atraer inversiones, tejido productivo, empresas y población, además de considerar otros muchos factores potencialmente explicativos, como la evolución del número de empresas establecidas y/o de nueva creación, población activa y ocupada, volumen de inversiones, etc.)

Respecto a la evolución del parque de viviendas no se detectan claras diferencias entre el periodo sin estación de alta velocidad y el periodo actual. La promoción inmobiliaria ha tenido gran peso en esas cifras, habiendo o no estación. No se aprecia influencia de la llegada del tren de alta velocidad en el aumento de los valores de esta variable. De hecho, el caso de Albacete es peculiar. Posee mayor valor de aumento del parque de viviendas en la primera década analizada (cuando el AVE aún no estaba ni planificado) que en la segunda, cuando la decisión de incluir una estación en dicha ciudad estaba tomada.

El análisis de los profesores de la ETSI de Caminos, Canales y Puertos de Castilla-La Mancha, no ofrece resultados mucho más alentadores. Este grupo analizó los efectos derivados de la implantación del nuevo ferrocarril en las ciudades de Ciudad Real y Puertollano y su relación con Madrid.

En relación a la movilidad es donde las repercusiones tienen un signo más positivo, no tanto por los servicios AVE sino por el Media Distancia Avant, consolidando el fenómeno de los *commuters* entre Madrid y ambas ciudades manchegas.

Por tramos el número de *commuters* unido al del total de viajeros es mayor en la relación Madrid-Ciudad Real que en Madrid-Puertollano, tanto a nivel de tiempo y dinero como a nivel del tejido socioeconómico de cada población. Ciudad Real, capital provincial, se configura como un núcleo terciarizado y con mayor diversidad de oferta de trabajo, mientras que Puertollano es una ciudad especializada en el sector industrial. Por este mismo motivo, la relación Ciudad Real-Puertollano resulta más favorable a la primera, terciaria, que a la segunda, con mayor carácter fabril¹⁴⁷.

Desde un punto de vista de la renovación y transformación urbanas, el tren de alta velocidad juega un importante papel como instrumento urbanístico. Ya desde sus inicios la implantación del ferrocarril en las ciudades produjo la división de la misma en dos partes, generando un efecto barrera que ha dificultado la comunicación y movilidad entre las zonas situadas a ambos lados de éste. El ferrocarril transforma la estructura física y funcional de la ciudad y también condiciona su futuro crecimiento.

El efecto barrera puede ser de mayor o menor intensidad según la solución que se adopte: mientras que para el tren convencional este problema se minimiza en base a la introducción de pasos a nivel, para líneas de alta velocidad se opta por un solución integral, hacer discurrir la vía en viaducto o túnel al atravesar la ciudad, en la medida de lo posible. La solución del terraplén suele desecharse debido a que supone una gran ocupación de suelo y una barrera impermeable desde el punto de vista de la movilidad (Ruano, 2009).

En España, en general, no se ha optado por opciones de integración "blandas" sino maximalistas. Opciones que resultan complejas y costosas, implicando el cubrimiento/soterramiento de vías y/o desvío de trazado ferroviario al exterior.

¹⁴⁷ A similares conclusiones llegan también Ureña et al., 2006, en un trabajo realizado conjuntamente por investigadores de las universidades de Cantabria y Castilla-La Mancha.

Bellet y Gutiérrez (2011) analizan varias ciudades españolas y las modificaciones sufridas debido a la inclusión de la nueva infraestructura ferroviaria dentro de las correspondientes figuras de planeamiento. En muchos casos (Valladolid, Zaragoza, Burgos, etc.) se trata de la transformación urbana más importante acontecida nunca en la ciudad. Sastre (2010), suscribe la misma idea respecto a Gerona, tras su inclusión en el grupo de ciudades españolas con alta velocidad.

Estas operaciones de transformación urbana fueron programadas en un momento de expansión del sector inmobiliario, especialmente del uso residencial. En una situación como la actual con fuerte recesión económica, planean dudas más que razonables sobre el futuro de ciertos macro-proyectos urbanísticos, lo que debería conllevar a la reorientación de los mismos.

Este mismo planteamiento es compartido por Albalade y Bel (2011), en el artículo ya referido. Estos autores señalan que la incidencia de la alta velocidad en Puertollano, Ciudad Real y su ámbito próximo ha sido escasa en lo que se refiere a la transformación interna de la ciudad, pero no así en relación a sus expectativas de expansión (complejo de ocio "Reino de don Quijote" y aeropuerto internacional de Ciudad Real). Debido a la crisis económica y otros factores (falta de demanda, déficit económico, carestía de servicios, etc.), el primero de ellos fue cancelado, mientras que el aeropuerto está construido aunque permanece cerrado desde abril de 2012. Con los resultados obtenidos, el efecto que se produce es más bien el de drenaje de actividad por el nodo mayor (Madrid respecto a ambas y Ciudad Real respecto a Puertollano), que el de dinamización de los nodos menores.

Existe otro proyecto más reciente a destacar, el del nuevo puerto seco de Antequera. En febrero de 2015 se aprobó por el gobierno andaluz el proyecto de actuación de esta plataforma intermodal, que se prevé será la de mayores dimensiones de toda la comunidad autónoma. Se estima que los trabajos comiencen en el segundo semestre de 2016 (Codina, 2015).

Como conclusión, para que la alta velocidad se convierta en una oportunidad de renovación y expansión urbanas, resulta necesario que su articulación sea coherente con las políticas y figuras de planificación vigentes a nivel local. Solo así puede convertirse la llegada del nuevo tren más allá de la pura transformación urbanística, en un potente instrumento de dinamización socioeconómica (Bellet y Gutiérrez, 2011).

7.4.2. Efecto de red y efecto túnel: contracción y polarización

El transporte ferroviario, la velocidad de circulación y sus características tecnológicas, implican una particular lógica de relación con el territorio, contribuyendo al aumento o a la disminución en la accesibilidad de distintas unidades espaciales. Derivado de ello pueden contribuir a sostener o incrementar desequilibrios de los territorios y afectar a las actividades y sociedades que los constituyen (Schweitzer, 2010).

Con la aparición de las primeras líneas ferroviarias a mediados del siglo XIX, se generó en torno a la ciudad, más que un espacio isótropo, una serie de discontinuidades y barreras por la propia presencia de la infraestructura ferroviaria.

Exteriormente a la urbe se generó por primera vez el denominado "efecto túnel" sobre el territorio, dejando un espacio intermedio sin servir, beneficiando directamente y de forma más clara sólo a quienes habitan en las proximidades de aquellos puntos donde se detiene el tren, según indican Plassard (1992) y Serrano et al. (2010). La proximidad física comenzaba a perder importancia frente a la conectividad entre ciertos puntos del territorio (Herce, 2009), por tanto la distancia entre dos núcleos y la propia localización geográfica comenzaban a relativizarse en beneficio de la conectividad a la red.

El grado de conexión existente en una red es un elemento clave a la hora de valorar la capacidad de impulso territorial. Según se vaya desarrollando y densificando la red,

aumenta la magnitud de sus efectos y por tanto también puede hacerlo su potencial para fomentar desarrollo territorial, de tal forma que en cuanto a la oferta de transporte, ésta se hace más amplia y por consiguiente más atractiva. Puede implicar la reducción de los tiempos de espera y un mejor ajuste a las preferencias de los individuos. Asimismo deben destacarse el diseño de redes de transporte del tipo *hub and spoke*, a la cual ya se ha hecho mención en diferentes apartados de la tesis. De este modo, los efectos de red son un destacado elemento a considerar en el diseño de una adecuada política de transporte.

Respecto a la demanda el grado de conexión también influye puesto que, cuanto mayor sea mayores posibilidades de movilidad se generan y mayor volumen potencial de demanda se producirá.

Con la implantación y progresivo desarrollo de la red ferroviaria, fue aumentando el número de ciudades conectadas y en consecuencia también lo hizo la masa demográfica con acceso a ésta. El tiempo de desplazamiento entre los puntos conectados disminuyó y permitió la creación de nuevas relaciones interurbanas entre ellos, generando "islas" mejor comunicadas, rodeadas eso sí de espacios con peor potencial de desarrollo y accesibilidad, las "áreas sombra" (Gutiérrez, 2004).

Las ventajas de la ampliación de la red se extienden por el territorio de forma selectiva, provocando la aparición de discontinuidades funcionales y desequilibrios a la hora de competir en el desarrollo económico, en perjuicio de las ciudades que quedaron al margen del trazado, según indica Capel (2007).

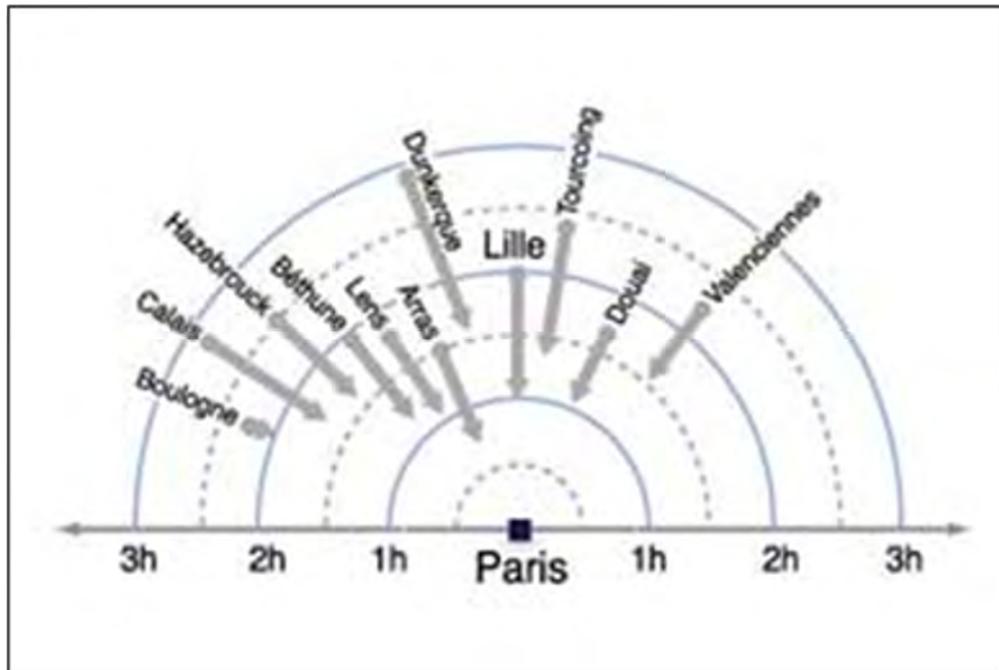
Estos efectos han sido maximizados por el tren de alta velocidad. La distancia entre dos puntos es muy superior a la del ferrocarril convencional, por lo que la oferta de transporte se ejerce desde escasas localizaciones. Las "áreas sombra" son de una superficie superior, puesto que el tren pasa pero no para. Igualmente la envergadura del "efecto túnel" es mucho mayor, y supone la ruptura con la anterior lógica espacial. El espacio se contrae (Gil, 2011) y no lo hace homogéneamente, sino siguiendo un principio de geometría variable. Este modo de transporte selecciona tanto usuarios como territorios (Zembri, 2005), originando un espacio discontinuo y polarizado tal como apuntan Plassard (1991), Gutiérrez (2004), Schweitzer (2011), Segura (2012) y Ortega et al. (2012).

Al igual que sucedía con el ferrocarril convencional, en el caso del tren de alta velocidad la actividad económica se polariza en torno a los escasos nodos de conexión a la red, en las contadas paradas que realiza, como señalan Rodríguez et al. (2005), Ibarra (2009), Fageda (2013) o Llobet (2013), pero de manera mucho más notoria al ser menor el número de paradas. Como ya indicaba Bonnafous (1987), es necesario este menor número de paradas para que la alta velocidad pueda aprovechar sus ventajas competitivas respecto al convencional y al resto de modos en general siendo más eficiente.

Al tardar menos tiempo en desplazarse desde un punto A a un punto B que desde cualquiera de éstos a un punto C situado entre ambos, Guillamón (2009) afirma en términos coloquiales que "el TAV acerca lo lejano y aleja lo cercano".

Ribalaygua et al. (2004), al analizar las relaciones entre Madrid y el área constituida por Ciudad Real y Puertollano, indican que la alta velocidad está propiciando procesos de integración territorial entre estas tres ciudades, separadas por distancias superiores a los 200 kilómetros pero menores a 1 hora de trayecto. Surgen pues áreas metropolitanas discontinuas y grandes vacíos intermedios.

Figura 17: Contracción del espacio en la LGV Nord

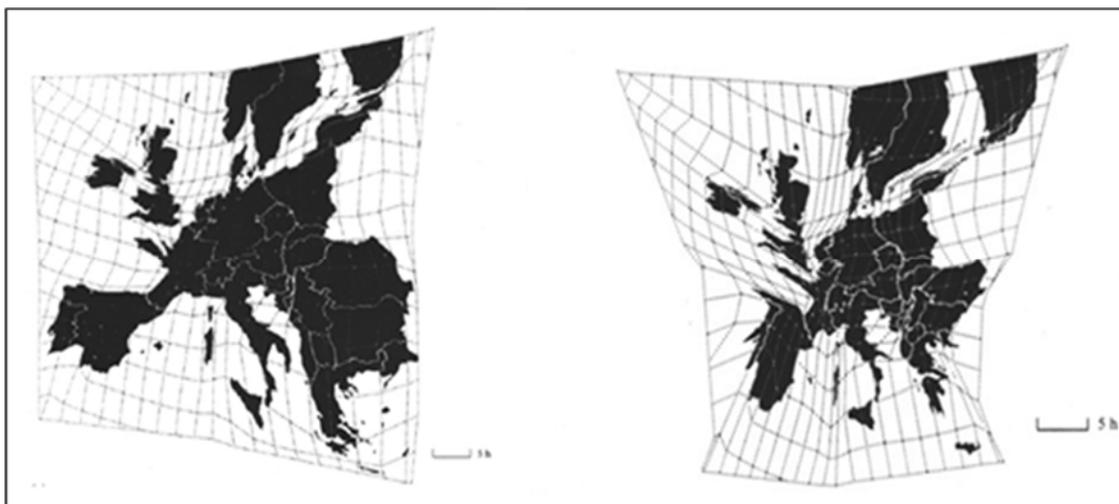


Fuente: Elaboración propia a partir de Menerault y Barré, 2005

Menerault y Barré (2005), realizaron un estudio de la contracción del espacio producida por la apertura del TGV Nord francés, entre las ciudades de Nord-Pas-de-Calais y París (Figura número 17). Puede comprobarse en él cómo las ciudades que conecta han pasado a estar comunicadas con la capital del país en un tiempo máximo de dos horas (Boulogne), y muchas de ellas se encuentran más próximas a la hora que a las dos horas, experimentando un ahorro del 50 % del tiempo de trayecto previo (Lille, Dunkerque, Calais, etc.)

En el Mapa número 37 el territorio de la Unión Europea se representa en función de las distancias en tiempo y no de las distancias reales, comparando 1993 con 2010. En este caso el mapa más reciente no es del todo real puesto que no se han llevado a cabo todas las actuaciones previstas en materia de red transeuropea de alta velocidad para posibilitar la integración de las diferentes redes nacionales.

Mapa 37. Contracción del espacio por efecto de la alta velocidad



Fuente: Spiekermann y Wegener (1998), en Gutiérrez (2004)

Puede comprobarse cómo existen áreas que se han contraído paulatinamente por efecto de la red de alta velocidad. Vickerman (2006) indica que con el desarrollo de la Red Transeuropea se maximizarán los cambios derivados de los efectos de red y habrá mayor grado de interconexión entre las redes estatales. El tráfico también será mayor, ya que el total de los tráficos de dos líneas unidas suele ser notablemente superior al de la suma de ambas por separado (Barrón, 2006).

En el momento en que todas las actuaciones asociadas a la Red Transeuropea de Transporte sean una realidad (en el caso de que así sea), la forma del continente europeo representada según el mapa anterior poco tendrá que ver con su morfología real. Las "islas" de mayor accesibilidad proliferarían en detrimento de las "áreas sombra".

El tren de alta velocidad no puede actuar como agente vertebrador a todas las escalas y en todos los territorios. Es necesario singularizar y estudiar individualmente cada caso para determinar sus potencialidades y efectos.

Resulta evidente que este tren no actúa contrayendo todo el espacio sino que pueden existir zonas que "pierden" accesibilidad (Martínez y Givoni, 2009). En éstas, debido a la falta de capilaridad de la red de alta velocidad (Serrano et al., 2010), los tiempos de viaje aumentan o bien se produce un trasvase de viajeros hacia otros modos o bien hacia el vehículo privado, en el caso de no existir acceso a la nueva red y el servicio en ferrocarril convencional haya empeorado o se haya suprimido. Para paliar las consecuencias del efecto túnel, de las polaridades y discontinuidades espaciales que puedan generarse y posibilitar la difusión territorial de sus ventajas, este tren necesita de otros modos de transporte para avanzar en la cohesión territorial, puesto que su grado de cobertura es limitado (Inglada, 2005; Preston, 2009).

La Unión Europea y numerosos autores coinciden en señalar la necesidad de favorecer un transporte intermodal y redes secundarias de calidad, coordinando los horarios de los trenes regionales y demás modos, favoreciendo una mayor accesibilidad y un aumento de la demanda potencial de transporte, clave para su rentabilidad. Estas ideas son compartidas por la Comisión Europea (1999), Martí-Henneberg (2000), Gutiérrez (2005), Rodríguez et al. (2005) y VV.AA. (2010).

7.4.3. Cancelación de servicios de alta velocidad y otros servicios ferroviarios

Históricamente se han cerrado líneas debido a su escasa competitividad con la carretera, como sucedió el 1 de enero de 1985. En la actualidad, siguen suprimiendo servicios convencionales pero por un motivo diferente, como el de la ampliación de la red de alta velocidad.

Esta supresión resulta contraproducente para amplios grupos de población (estudiantes, pensionistas, rentas bajas, etc.) dependientes del transporte público. Como en muchos casos una línea de alta velocidad actúa como servicio sustitutivo y no complementario, se ha producido una progresiva degradación en las conexiones por ferrocarril convencional y por transporte aéreo asociadas a la extensión de la alta velocidad. Una parte porcentual importante de los antiguos usuarios del tren convencional retornan al autobús, lo que también es un efecto negativo para RENFE (Guillamón, 2009).

Si la demanda global de ferrocarril permanece relativamente estable y el tráfico de alta velocidad aumenta, es porque ha disminuido el tráfico de ferrocarril convencional, debido no tanto al trasvase de demanda de un tipo de ferrocarril a otro, sino más bien por la supresión de servicios convencionales en favor de la alta velocidad.

La empresa consultora INECO, perteneciente al Ministerio de Fomento, publicó en 2013 un informe en el cual se realizaba un análisis intermodal por corredores de transporte a nivel nacional.

En cuanto al ferrocarril, el informe divide las líneas según el grado de ocupación y la rentabilidad, en base a los umbrales contenidos en la Tabla número 92.

Tabla 92. Categorización de líneas según nivel de ocupación y rentabilidad

LÍNEAS	NIVEL DE OCUPACIÓN	COEFICIENTE DE COBERTURA
Eficientes	>20%	>50% ¹⁴⁸
Baja o dudosa eficiencia	15-20%	>30% ¹⁴⁹
Muy baja eficiencia	10-15%	>30% ¹⁵⁰
Ineficientes	<15%	<30%

Fuente: Elaboración propia a partir de INECO, Ministerio de Fomento, 2013

Donde:

Ocupación media = Porcentaje ocupación (viajeros)* km / plazas * km

Coefficiente de cobertura = (Ingresos*100) - Gastos.

Estos niveles determinarían las acciones a tomar para cada una de las líneas y relaciones ferroviarias, de forma que:

Las líneas eficientes se mantendrán como líneas de interés público y se regirán por obligaciones de servicio público. Se prevé asimismo la adopción de medidas para aumentar sus coeficientes de cobertura por encima del 50 %.

Las líneas de baja o dudosa eficiencia serán objeto de actuaciones tendentes a mejorar su aprovechamiento, reduciendo o suprimiendo los servicios menos eficientes, pero en el marco de una reordenación de líneas dentro del corredor.

En las líneas de muy baja eficiencia se considerará la supresión parcial o progresiva de los servicios más ineficientes, pero en el marco de una reordenación de las líneas del corredor, al igual que en el caso anterior.

Las líneas ineficientes finalmente serán suprimidas y la demanda será atendida por el servicio de transporte por carretera existente y otros servicios ferroviarios de Media Distancia más eficientes. Los resultados obtenidos para cada uno de estos tipos de líneas pueden verse en la Tabla número 93.

Las propuestas indicadas supondrán, según el informe, una reducción de la oferta de servicios ferroviarios de Media Distancia convencional de casi el 37 %, y permitirán la reducción del déficit de explotación de estos servicios en un 59 %.

Tabla 93. Resultados económicos de los servicios convencionales

LÍNEAS	Nº	OCUPACIÓN MEDIA (%)	COBERTURA (%)
Eficientes	49	37,0	59,08
Baja o dudosa eficiencia	16	17,3	23,27
Muy baja eficiencia	6	11,5	30,93
Ineficientes	49	8,4	16,2
TOTAL	120	27,3	44,89

Fuente: Elaboración propia a partir de INECO, Ministerio de Fomento, 2013

¹⁴⁸ Más del 80 % de las líneas incluidas en dicha categoría superan el 50 %, y todas excepto dos superan el 30 %.

¹⁴⁹ O bien presentan un nivel de recurrencia significativo, mayor del 15 %.

¹⁵⁰ O bien presentan un alto nivel de recurrencia, mayor también del 30 %.

Este informe incluye un análisis del mismo tipo para el servicio Avant. Estos trenes de alta velocidad-media distancia ofrecen unos datos de ocupación y cobertura significativamente mejores, sin embargo tampoco son ajenos a la reestructuración general del servicio, sufriendo pequeños reajustes y reducciones de oferta para mejorar los índices de ocupación y rentabilidad.

Englobando ferrocarril convencional y Avant, los datos suponen la supresión del 100 % de las líneas ineficientes, alrededor de la mitad de las de dudosa o muy baja eficiencia, y un 11 % de las líneas eficientes, lo que resulta en una reducción de la oferta media del 32 %. En cuanto a la rentabilidad se calcula un ahorro de 86,5 millones de euros, de los cuales 46,5 (algo más del 53 %) corresponden al generado por la supresión de las líneas ineficientes.

RENFE una vez estudiado el documento inició el proceso de reestructuración de sus servicios, si bien el nivel de concreción respecto a cuáles son las líneas afectadas es bajo. Puede tomarse como referencia el propio informe de INECO, observando el Mapa número 38, que representa la propuesta de líneas ineficientes a suprimir, así como la leyenda asociada (incluida en la Tabla número 94).

Tabla 94. Propuesta de líneas ferroviarias de la red convencional a suprimir

1	Valladolid-Ávila	25	Guadalajara-Sigüenza
2	Vigo-Orense-Ponferrada	26	Huelva-Jabugo
3	Madrid-Ávila	27	Sevilla-Mérida
4	Zaragoza-Arcos de Jalón	28	Zaragoza-Teruel
5	León-Ponferrada	29	Valladolid-Reinosa
6	Madrid-Cuenca	30	Valencia-Teruel
7	La Coruña Ferrol	31	Mérida-Cabeza del Buey
8	Zaragoza-Lérida	32	Zaragoza-Jaca
9	Zaragoza-Castejón de Ebro	33	Valladolid-Burgos
10	Madrid-Segovia	34	Guadalajara-Arcos de Jalón
11	Valladolid-Miranda de Ebro	35	Valladolid-Palencia
12	Madrid-Arcos de Jalón	36	Badajoz-Mérida
13	Madrid-Alcázar de San Juan	37	Orense-Puebla de Sanabria
14	Cuenca-Valencia	38	Ronda-Algeciras
15	La Coruña-Lugo-Monforte	39	Mérida-Cáceres
16	Ciudad Real-A. de San Juan	40	Córdoba-Bobadilla
17	Valladolid-Puebla de Sanabria	41	Sevilla-Llerena
18	León-Gijón	42	Huelva-Zafra
19	Orense-Vigo	43	Huelva-Fregenal de la Sierra
20	Zaragoza-Mora la Nueva	44	Mérida-Zafra
21	Puertollano-Mérida-Zafra	45	Monzón-Lérida
22	Zaragoza-Ariza	46	Zaragoza-Calatayud
23	Zaragoza-Huesca	47	Salamanca-Ávila
24	Pamplona-Castejón de Ebro	48	Cercedilla-Segovia

Fuente: Elaboración propia a partir de INECO, Ministerio de Fomento, 2013

A la vista del mapa, Castilla y León, Aragón, Extremadura y Galicia se perfilan como las comunidades autónomas más afectadas por estos recortes. En el extremo opuesto, prácticamente la totalidad del corredor mediterráneo ha sido ajeno a estas medidas.

El informe “Tren 2020” señala diferentes objeciones respecto a las actuaciones previstas tras la publicación del informe de INECO, en particular respecto a los servicios convencionales:

Se orienta a la supresión de líneas deficitarias en vez de a su promoción.

Estima la eficiencia de una línea según su demanda actual y no la potencial.

España no cuenta con un plan de estimulación de la demanda y servicio del ferrocarril no perteneciente a la alta velocidad.

La ratio de aprovechamiento, que a priori es un buen indicador del nivel de eficiencia de una línea, resulta penalizada debido a la política de RENFE de sustituir determinadas series por otras con un mayor número de vagones. Si el volumen de demanda permanece estable pero se ofertan un mayor número de plazas, evidentemente el *load factor* o nivel de aprovechamiento registra menor valor.

Mapa 38. Propuesta de líneas ferroviarias de la red convencional a suprimir



Fuente: Elaboración propia a partir de INECO, Ministerio de Fomento, 2013

No se plantean medidas recíprocas respecto a la eficiencia: por ejemplo, analizar la existencia de rutas en las que el ferrocarril mejore los tiempos respecto al transporte por carretera (autobús).

Tabla 95. Distribución de oferta según tipología de trenes y línea de alta velocidad (%)

CONEXIÓN	AVE/AVANT/ AV CITY	REGIONAL	ALVIA
Madrid-Toledo	100,0	0,0	0,0
Madrid-Sevilla	79,1	11,1	9,8
Córdoba-Málaga	94,2	4,1	1,7
Madrid-Barcelona-F. francesa	64,7	24,3	11,0
Madrid-Valladolid	44,8	29,4	25,9
Madrid-Levante	65,2	21,4	13,4
Zaragoza-Huesca	14,3	85,7	0,0
La Coruña-Orense	33,3	53,3	13,3
MEDIA	61,9	28,7	9,4

Fuente: Elaboración propia a partir de www.renfe.com, 2014

En la Tabla número 95 están representados los ocho corredores y cuantificada la oferta de trenes (según tipología) con parada en las ciudades pertenecientes a cada corredor. Quedan contabilizados así el número de trenes que comunican pares de puntos siendo ambos ciudades con estación de alta velocidad.

Eso no significa que toda la oferta incluida se realice íntegramente por trazado apto para la circulación de estos trenes. De hecho, también hay casos en los que el punto de origen y/o destino es una estación diferente a la de alta velocidad dentro de la misma ciudad.

Planteando los recortes de oferta producidos en los servicios regionales, con esta tabla se pretende exponer la capacidad de comunicación que estos trenes representan para las ciudades que ya disponen de alta velocidad. Los números porcentuales que ofrecen son sensiblemente superiores a los que hubiera aportado al considerar los trenes que comunican estas ciudades y que además comparten trayecto con los trenes de alta velocidad.

Considerando también que la oferta varía según los días de la semana (habiendo más de lunes a viernes, en general), se ha elegido un lunes, tanto para el trayecto de ida como el de vuelta, para que se produzcan las mínimas variaciones entre ambos en relación a la oferta.

Las tres categorías son AVE/Avant, Regionales y Alvia. La primera de ellas incluye los servicios de alta velocidad ofertados por RENFE, ya sean de larga distancia como de Media. En cuanto a los regionales, se incluyen los siguientes trenes: MD (Media Distancia), Regional, Regional-Express, TRD (Tren Regional Diesel), Trenhotel, TALGO, Alaria, Alaris, Intercity, Arco y Euromed. Por último, se incluye en categoría aparte a los Alvia, al ofrecer la posibilidad de circular por los dos anchos de vía existentes en España.

Los resultados de la tabla reflejan varios hechos a tener en cuenta. El ferrocarril de alta velocidad, ya sea AVE o Avant, es claramente el tipo de tren dominante en cuanto a la oferta de RENFE, con más de un 60% de media respecto al total.

Esta media esconde contrastes destacados. A excepción de la conexión Madrid-Toledo, cubierta en su totalidad por servicios Avant, en el resto de líneas relativamente cortas (Zaragoza-Huesca, La Coruña-Orense y Madrid-Valladolid) los niveles de oferta del AVE son mucho más discretos. En el corredor Madrid-Valladolid es el tren más común, pero con sólo un 44 %, mientras que los regionales y el Alvia se encuentran en torno al 25-30 %. En La Coruña-Orense son los regionales los que se hallan en primer lugar, con un 53 %, mientras que el Avant (no circulan trenes AVE debido a la escasa distancia) se queda en un 33 %. En el ramal Zaragoza-Huesca, aun contando con infraestructura para circulaciones de alta velocidad, la proporción de AVE respecto a los regionales es ínfima, con solo un tren por día y sentido lo que representa un 14 %.

Por el contrario el AVE domina la oferta en las relaciones de larga distancia, especialmente en las conexiones entre Madrid y Andalucía. En las comunicaciones de Madrid con Sevilla, incluyendo las paradas intermedias, el tren de alta velocidad roza el 80 % de la oferta. El porcentaje es mayor aún en la línea Córdoba-Málaga, con un 94 %. En cuanto a las relaciones Madrid-Barcelona-Frontera francesa y Madrid-Levante, el AVE es el tren mayoritario aunque en una cuantía levemente inferior, con valores del 64 % y 65 % respectivamente. La oferta de regionales es mayor al 20 % en ambos casos y la de Alvia superior al 10 % también en ambos corredores.

Para la larga distancia la oferta de regionales se ha visto mermada con la irrupción del nuevo servicio. Numerosas relaciones convencionales han sido sustituidas por los AVE. Sirven como ejemplo el Alaris Madrid-Valencia, TALGO Madrid-Málaga, Estrella Costa del Sol (Madrid-Málaga), Estrella Costa Giralda (Madrid-Sevilla), Estrella Costa Brava (Madrid-Barcelona). Parte de estos servicios han sido sustituidos por trenes AVE pero también muchos otros por material convencional más moderno, a través de los Altaria, Trenhotel y Alvia, puesto que estos desplazamientos pueden realizarse al menos en parte por red convencional.

Si bien muchas rutas aún no han sido canceladas, sí han sufrido degradación de frecuencias y de oferta de asientos (Albaladejo y Bel, 2015). Los cambios han sido sustanciales en numerosas líneas. En la Tabla número 96 se indica la involución drástica sufrida por el ferrocarril convencional en el corredor Madrid-Sevilla, así como en la italiana Roma-Nápoles y rutas asiáticas, si bien destaca sobre todas ellas el corredor español.

Tabla 96. Cambios en el número de viajeros en ferrocarril convencional tras la inauguración de la alta velocidad (primeros cuatro años tras inauguración)

CONEXIÓN	CAMBIO EN PASAJEROS (%)
Roma-Nápoles (205 km)	-30
Madrid-Sevilla (471 km)	-94
Taipei-Kaohsiung (345 km)	-63
Taipei-Tainan (308 km)	-45
Taipei-Taichung (160 km)	-18
Seúl-Daegu (326 km)	-87

Fuente: Elaboración propia a partir de Givoni y Dobruszkes, 2013

Pese a que la mayor parte de los servicios ferroviarios suspendidos corresponden a líneas convencionales, destaca el hecho de que ya hay un servicio de alta velocidad que también ha sido suspendido, el AVE Toledo-Albacete.

Con objeto de mejorar la rentabilidad de las líneas de alta velocidad, además del cambio en la estrategia tarifaria de RENFE y la reducción o incluso suspensión de determinados servicios convencionales, desde el Ministerio de Fomento se planteó la posibilidad de aplicar esta reducción o suspensión también en servicios de alta velocidad deficitarios, como el caso anterior mencionado.

El servicio prestado entre Toledo, Cuenca y Albacete desde diciembre de 2010 fue suprimido el 1 de julio de 2011 por falta de demanda. De este modo, los viajeros que deseen desplazarse desde la capital toledana hasta Cuenca y Albacete deben hacer transbordo en Madrid (estación de Puerta de Atocha).

En la conexión Madrid-Toledo, en un principio operada con trenes AVE, han sido sustituidos por Avant, una opción más económica y con unas prestaciones muy similares a las de éste, con lo que la duración del trayecto es prácticamente análoga. Con la supresión del AVE Toledo-Albacete, RENFE ha optado por incluir dos trenes Avant más por sentido y día en el recorrido Madrid-Toledo, pasando de 11 a 13 trenes.

En el corredor Zaragoza-Huesca se suprimió el 13 de octubre de 2009 el servicio Avant, un año después de su puesta en servicio, debido a la baja ocupación. Sigue habiendo dos trenes AVE diarios, ambos procedentes de Madrid, en cada sentido, sin embargo la mayor parte de la oferta ferroviaria entre ambas ciudades es cubierta por regionales (el 75 %).

A vista de las cifras de demanda mínimas estimadas por la Unión Europea, no sería extraño que alguna línea más experimentara el mismo proceso que la ya inexistente línea de alta velocidad Toledo-Albacete, como por ejemplo la red gallega de alta velocidad, no obstante, se prevé un aumento de su demanda cuando queden inaugurados los tramos restantes que configuren la conexión con Madrid.

A nivel transfronterizo, hay que destacar la cancelación del AVE Madrid-Lisboa. En febrero de 2013 el gobierno luso anunció la cancelación del contrato para la construcción de la línea de alta velocidad entre ambas capitales, debido a la escasa rentabilidad de dicho proyecto para Portugal.

Esta cancelación supone un revés para el objetivo de desarrollar la Red Transeuropea de Transporte, puesto que este proyecto figuraba en el Reglamento 3359/90 y posteriormente en la lista de Van Miert (proyecto nº3). Previsiblemente, el proyecto final consistirá en la construcción de una línea ferroviaria entre el puerto de Sines y el río Caia, afluente del Guadiana y que ejerce de frontera natural con España, en las proximidades de Badajoz. Este ferrocarril Sines-Badajoz también figura en la lista de proyectos prioritarios, (nº 16), y no será un corredor exclusivo de mercancías sino que permitirá también la circulación de viajeros¹⁵¹.

De este modo se configuraría un corredor Madrid-Extremadura-Frontera portuguesa en alta velocidad, mientras que en territorio portugués la velocidad sería menor, en torno a 200-250 km/h, es decir, de "altas prestaciones".

La línea Madrid-Extremadura se encuentra en construcción, y el año programado para su puesta en servicio es finales de 2015. Para la línea Sines-Badajoz el gobierno portugués tiene previsto el inicio de las obras en 2017 y su finalización en 2019.

En resumen la decadencia del sector ferroviario en España ha implicado la supresión de servicios no rentables, con índices de ocupación y coeficiente de cobertura muy bajos. Esta cancelación se ha producido especialmente en el interior peninsular, como se desprende del informe realizado por la consultora INECO en 2013.

¹⁵¹ Publicado en www.capitalmadrid.com, 11 de febrero de 2013.

La mayor parte de las conexiones a larga distancia entre ciudades con estación de alta velocidad se realizan también con trenes de estas características. Especialmente dominante es en Andalucía, donde el 80 % del servicio se realiza con trenes AVE o Avant.

También se han producido fenómenos opuestos: cancelaciones de proyectos de alta velocidad o, más grave aún, supresión de líneas. Para el primero de los casos se halla el AVE Madrid-Lisboa, que finalmente será la línea de alta velocidad Madrid-Extremadura-Frontera portuguesa. Este cambio es debido a que el gobierno portugués decidió desmarcarse de dicho proyecto.

Para el segundo caso hay que hablar del corredor Toledo-Cuenca-Albacete. Esta línea fue cancelada después de prestar servicio durante 6 únicos meses, debido a la bajísima demanda de viajeros. En la actualidad, es preciso realizar un trasbordo en Madrid-Puerta de Atocha para realizar el viaje entre estas capitales manchegas.

7.4.4. Conclusiones

Para concluir este apartado, se indicará en primer lugar una reflexión general: es vital dudar del efecto estructurante por sí solo de una infraestructura al implantarse.

A nivel particular, analizando la capacidad de impulso territorial del tren de alta velocidad en base a masa demográfica de los núcleos beneficiarios y nivel de actividad económica, numerosos autores coinciden en que éste no crea dinámicas de la nada, es decir, “sólo mueve aquello que ya se mueve”, aunque sí es probable que, en determinados contextos, estimule la iniciativa empresarial preexistente.

A nivel de tamaño demográfico, el papel de las grandes áreas metropolitanas como agentes atradores de inversiones en alta velocidad es preponderante respecto a las ciudades intermedias, al ser los espacios con mayor masa demográfica y mayores posibilidades de desarrollo económico.

Con la inclusión de un mayor número de paradas los efectos beneficiosos de su puesta en marcha pueden extenderse a ámbitos poblacionales más reducidos. También puede suceder que las grandes aglomeraciones absorban los recursos de las ciudades intermedias, el denominado “efecto bombeo”, dificultando su desarrollo y erigiéndose como los espacios más beneficiados por la puesta en marcha de una línea de alta velocidad.

En principio, la localización de una estación de alta velocidad en regiones menos favorecidas puede fomentar su crecimiento. Gracias a las economías de aglomeración y a la reducción de los costes de transporte, es probable que resulte más económico concentrar la actividad en una región más rica que localizarse en otra menos desarrollada. El efecto final es positivo, pero no tiene porqué beneficiar *per se* a la región pobre.

Más que favorecer el desarrollo y la equidad territorial, se produce un efecto de succión de las potencialidades de regiones periféricas o menos desarrolladas hacia las grandes aglomeraciones demográficas y de actividad económica, incentivando procesos de competencia regional más que de equidad territorial, sobre todo en relación a las actividades del sector servicios, dentro de las cuales resultan especialmente significativas las relativas a los servicios avanzados y a las telecomunicaciones.

Llegados a este punto conviene señalar que a nivel de planificación, en vez de adoptar una visión mecanicista, puede resultar más favorable una perspectiva sistémica, introduciendo el contexto local y territorial sobre el que se insertará la nueva línea de alta velocidad. Este contexto alberga interrelaciones y sinergias entre sus múltiples elementos conformantes, y fruto de éstas, efectos específicos no determinables unívocamente.

Los estudios de caso incluidos reflejan la idea inicial de que es difícil que el nuevo servicio cree dinámicas por sí sólo. Los análisis realizados en las ciudades manchegas muestran cómo todas ellas han experimentado a nivel local la misma dinámica en relación a las variables consideradas, tengan o no estación de alta velocidad.

En cuanto a las consecuencias urbanísticas, es necesario indicar que para la práctica totalidad de las ciudades supone la mayor actuación de transformación urbana llevada a cabo en su historia. Hay que señalar también que en España, a la hora de integrar el tren de alta velocidad en la ciudad, no se ha optado por soluciones de transformación urbana “blandas” sino maximalistas, de tal forma que se aprovecha su llegada para realizar estas actuaciones a gran escala.

Esta transformación genera expectativas de dinamización socioeconómica que no siempre se cumplen, a nivel de recalificación de suelo y aprovechamiento para nuevas actividades. Por ejemplo, a nivel urbanístico, el conjunto residencial Valdeluz, en Guadalajara (Mohino et al., 2014), usos terciarios como el Complejo de ocio “Reino de Don Quijote”, aeropuerto de Ciudad Real, en Segovia el proyecto “Segovia 21”, Círculo de las Artes y la Tecnología (CAT), Expo de Zaragoza, etc., los cuales, hasta la fecha (2014), cuentan con graves problemas de viabilidad, rentabilidad o bien han sido cerrados, como el caso del aeródromo manchego¹⁵².

Los efectos espaciales son muy variados. El nuevo tren, como el resto de ferrocarriles genera efecto barrera en la ciudad, que se palia mediante soluciones más o menos contundentes. Pero aparte del efecto barrera también genera el efecto túnel, con una envergadura superior a la del ferrocarril convencional debido al escaso número de paradas que realiza, dicho de otra manera, debido a los escasos nodos de conexión a la red. De este modo, se generan “islas” de mayor accesibilidad (las ciudades con estación), rodeadas de “áreas sombra” que quedan apartadas de la red.

Se trata de un nuevo aislamiento. No es que el tren no pase por un territorio sino que sí que lo hace pero no para. Son áreas que actúan únicamente como soporte de la infraestructura y su actividad económica puede verse succionada por la preponderancia y poder atractor de los grandes núcleos. Se genera por tanto un espacio discontinuo y polarizado. El espacio se contrae en las áreas con mayor accesibilidad, pero también se dilata en las zonas de sombra al ser menos accesibles.

La decadencia del ferrocarril convencional por la escasez de demanda y la falta de mantenimiento de las líneas, debido al efecto de sustitución por el tren de alta velocidad, provocó el cierre de muchas de ellas en 1985. En la actualidad, la irrupción del nuevo tren no ha hecho sino replantear la existencia de otras muchas líneas y tramos. Con el informe publicado por INECO, se han considerado 48 líneas ineficientes, las cuáles deben ser suprimidas debido a los bajos índices de ocupación y al escaso coeficiente de cobertura. Esta decisión ha afectado a tramos del interior peninsular y Galicia sobre todo.

La reestructuración del servicio también ha afectado a la red de alta velocidad, incidiendo en ello la negativa de Portugal a construir su parte para la línea Madrid-Lisboa, quedándose solamente en el recorrido Madrid-Extremadura-Frontera portuguesa y la supresión del enlace directo entre Toledo, Cuenca y Albacete, debido a la bajísima demanda registrada en sus seis meses de servicio. Queda claro que, sobre todo en este caso, las pretensiones y expectativas esperadas no han sido cubiertas por el tráfico real de pasajeros existente, resultando del todo inviable su mantenimiento.

¹⁵² Obviamente, es difícil conocer la influencia del tren en estos casos, sobre todo teniendo en cuenta la situación previa de bonanza económica, que ha dado lugar a la proliferación de proyectos asociados a la llegada de la alta velocidad; y la recesión económica y financiera posterior.

7.4.5. Implicaciones ambientales

El sector del transporte y el ferrocarril de alta velocidad en particular, generan una serie de impactos externos sobre el territorio en el que se inserta, exigiendo su evaluación por diversos métodos.

Estos costes al igual que sucede con el Análisis Coste-Beneficio, son herramientas muy útiles para evaluar la variación del beneficio social anejo a la introducción del tren de alta velocidad (Inglada, 2005). Por ello han sido objeto de análisis de numerosos investigadores, equipos de expertos, asociaciones, grupos ecologistas, etc., los cuales ofrecen resultados dispares y en ocasiones contrapuestos, especialmente en lo referente a materia energética.

Según Serrano (2010), los costes externos del transporte pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- Deterioro de la calidad del aire
- Ocupación y fragmentación del territorio
- Ruido
- Generación de residuos
- Congestión del tráfico
- Siniestralidad

Dada la extensión de esta problemática, en la tesis se pondrá más énfasis en el consumo energético, para a continuación exponer de modo más conciso otros impactos ambientales que en mayor o menor medida genera el tren de alta velocidad.

7.4.5.1. Consumo energético

Dentro de los efectos a nivel medioambiental, la contaminación y, sobre todo, el consumo energético, son aquellos que, a la hora de analizarlos generan mayor debate a nivel científico.

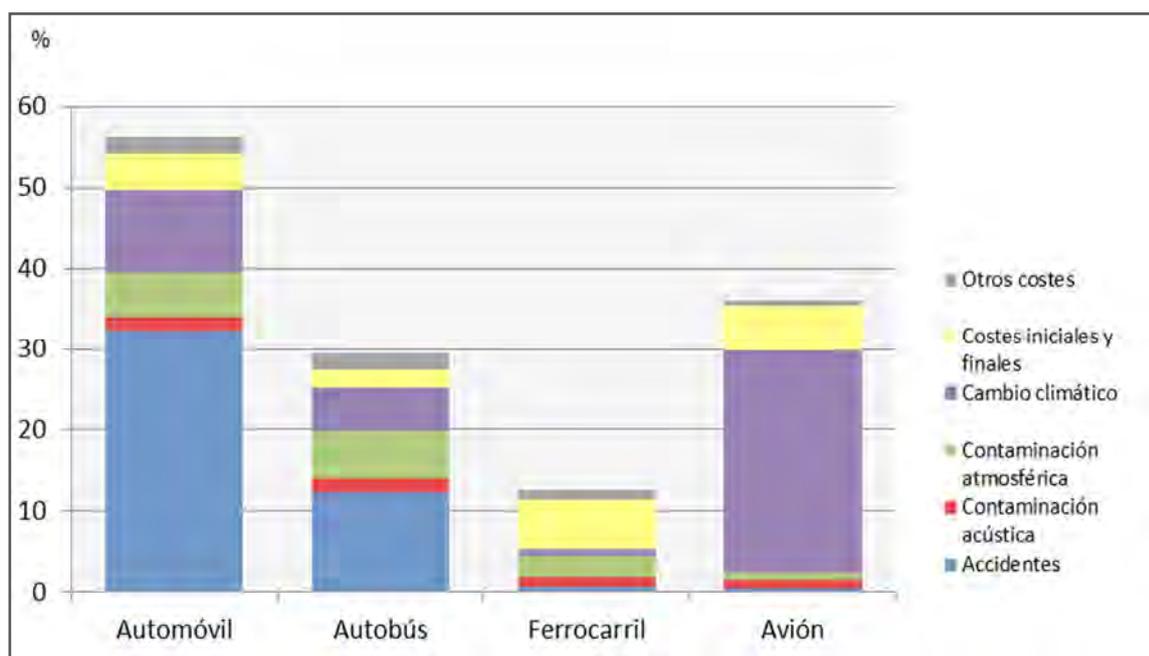
Siguiendo a De Rus, Campos y Barrón (2009), puede resultar extraño vincular la contaminación al transporte ferroviario moderno, ya que la tracción se realiza mediante unidades movidas por energía eléctrica. Pero la producción de energía eléctrica se realiza normalmente con fuentes de energía contaminantes, por lo que habría que asignar al ferrocarril la parte proporcional de emisión de gases contaminantes. Pese a ello, el ferrocarril presenta resultados más favorables por viajero que otros modos respecto al volumen de emisiones, la contaminación acústica, la siniestralidad y el conjunto de costes externos en general.

Sobre el consumo de energía existe bastante controversia, ya que se han realizado estudios que ponen en evidencia tanto que derrocha recursos como que es el modo de transporte más eficiente y sostenible.

En el Gráfico número 38, extraído del informe Infrac/CE Delft/Fraunhofer ISI, de la UIC (2011) se muestra cómo los costes externos del transporte ferroviario son mucho menores que los relativos al transporte por carretera, en todas las tipologías de costes externos consideradas.

Sólo hay una excepción: la tipología “Costes iniciales y finales”. Esta categoría hace referencia a los gastos derivados de la producción y distribución de la energía. Los valores expresados por el transporte ferroviario son mayores a los de anteriores informes realizados por el mismo equipo de expertos, y este aumento según se indica en dicho documento, tiene una justificación metodológica: los valores de los efectos de la precombustión derivados de la producción eléctrica se incluyen ahora en esta tipología de costes, mientras que en los informes precedentes se insertaban dentro de la tipología “Contaminación atmosférica” (Informe Infrac, 2011).

Gráfico 38. Costes externos medios para UE-27. Transporte de pasajeros (2008)



Nota 1: Valores expresados en euros/pasajero/kilómetro.

Nota 2: Otros costes = Impactos naturales/paisajísticos, pérdida de biodiversidad, contaminación hídrica y edáfica, costes adicionales en áreas urbanas.

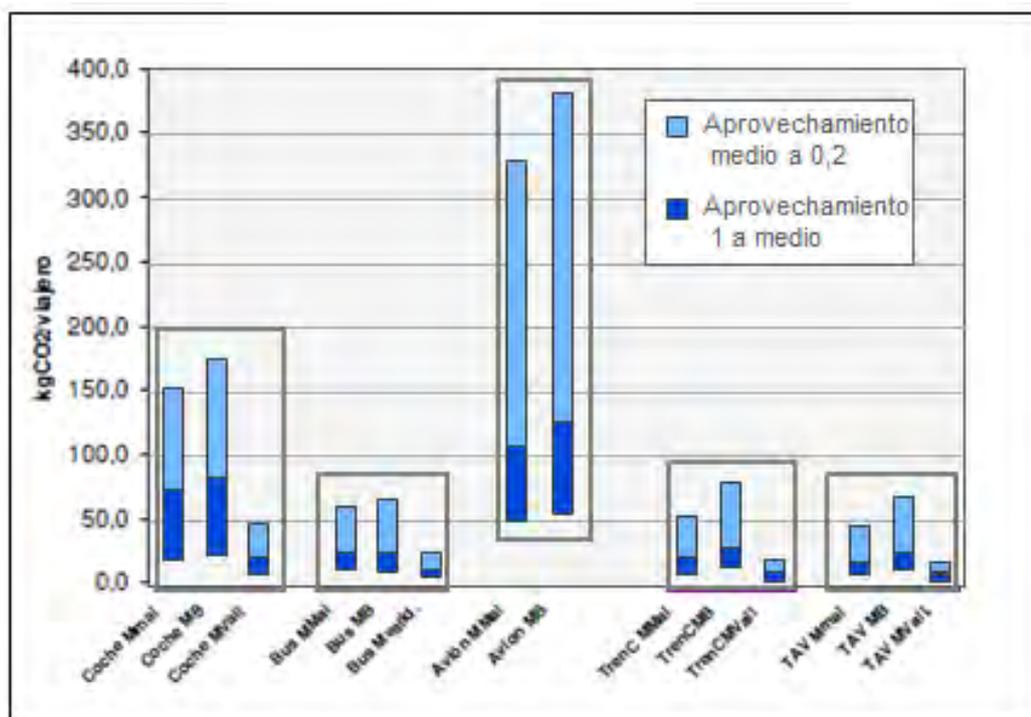
Fuente: Elaboración propia a partir del informe INFRAS/CE DELFT/FRAUNHOFER ISI, Union Internationale des Chemins de Fer, 2011

En visión comparativa con el transporte aéreo, ambos modos presentan valores bajos siendo incluso más reducidos los del avión, excepto en la tipología relativa al cambio climático. En ésta se evalúan los costes asociados a la reducción del riesgo de cambio climático y aquellos que se derivan de los daños producidos por el aumento de la temperatura media terrestre. El valor que se expresa es el coste unitario por tonelada de emisión de gases de efecto invernadero.

En esta tipología de costes el avión presenta unos valores mucho más altos que el resto de modos de transporte, lo que conlleva que en el cómputo global registre unas cifras más altas no sólo que el ferrocarril sino también que el autobús, quedándose sólo por debajo del automóvil.

El análisis realizado por García Álvarez (2008), muestra unos resultados en los que el ferrocarril de alta velocidad se configura como uno de los modos con cifras más favorables.

Gráfico 39. Emisiones por viajero



Fuente: Elaboración propia a partir de García Álvarez, 2008

Las emisiones de CO₂ en kg/viajero, para cinco modos de transporte: automóvil (un turismo de cinco plazas), autobús, avión, tren convencional y tren de alta velocidad se muestran en el Gráfico número 39. El autor utiliza tres variables clave como son la distancia, los vehículos empleados y el aprovechamiento, y tres trayectos diferentes como Madrid-Málaga, Madrid-Barcelona y Madrid-Valladolid, exceptuando para el avión, que sólo se han considerado los trayectos hacia Málaga y Barcelona.

Cada modo de transporte tiene una columna general y tres columnas inscritas diferenciando el trayecto del que se trate, cada una de éstas posee dos colores. La diferencia cromática se refiere al nivel de aprovechamiento estudiado, un nivel medio y un quinto. Se ha establecido como umbral mínimo el del 20 % (1/5), ya que es el que tiene un turismo de cinco plazas.

Los datos que arroja en cuanto a emisiones son claramente positivos para el tren de alta velocidad, y junto con el ferrocarril convencional y el autobús, son los medios con menores niveles de emisiones.

Este mismo autor expone varias razones que justifican que el servicio en alta velocidad es sostenible. Son las siguientes:

Las líneas de alta velocidad tienen un trazado más corto que las convencionales (un 18 % menos, típicamente) y que la carretera (un 8,6 % menos de media en las abiertas hasta ahora en España). Y menos longitud significa menos consumo.

Las líneas de alta velocidad están electrificadas en corriente alterna, por lo que las pérdidas en la transformación y transporte se reducen (del orden del 9 % en CA, frente al 22,6 % en CC). Menos pérdidas implican menos generación. Permite reducir el tiempo de viaje y con él el consumo de los servicios auxiliares del tren. Menos duración del viaje significa menos uso por servicios.

El ferrocarril de alta velocidad tiene menos rozamientos mecánicos y menos masa por plaza que el convencional. Eso significa que sufre menos resistencia al avance y pierde menos energía disipada en el frenado. Tiene mejor penetración en el aire gracias a su

perfil aerodinámico, y además permite un mejor aprovechamiento del espacio (más plazas para la misma superficie frontal).

El diseño de las líneas de alta velocidad permite velocidades máximas bastante altas en las bajadas. Eso se traduce en una menor necesidad de frenadas. El perfil de velocidad de estas líneas es más homogéneo, tanto por el menor número de paradas como de reducciones de velocidad (curvas, pasos a nivel, puentes, limitaciones temporales...). Ello permite obtener las mismas velocidades comerciales con velocidades máximas más modestas.

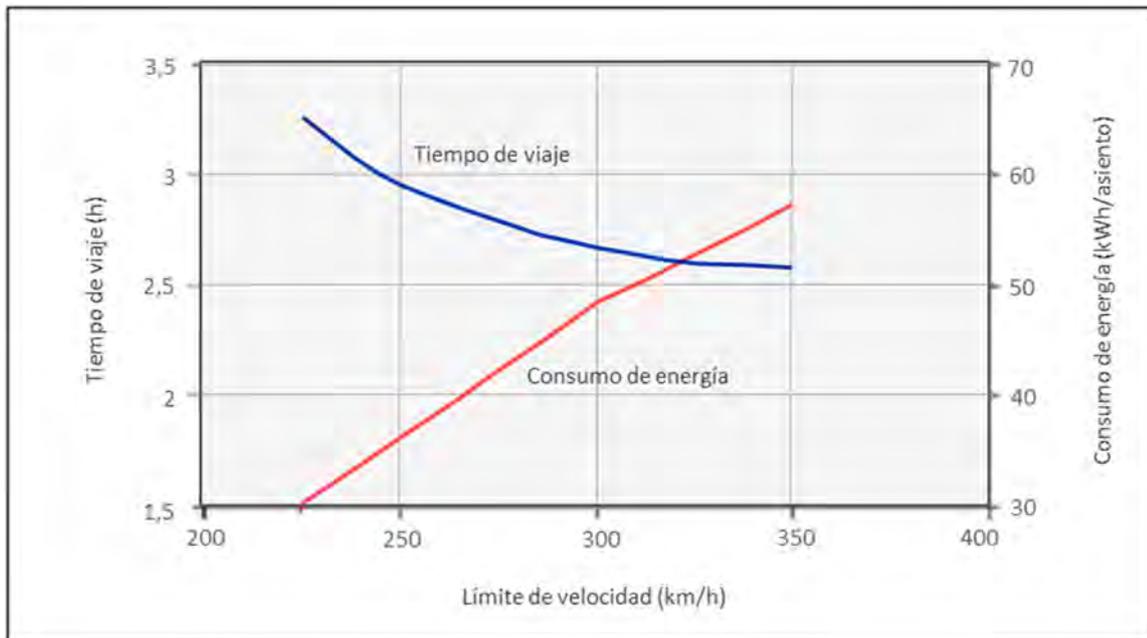
La electrificación en corriente alterna combinada con los trenes equipados con frenos de regeneración, permite devolver esa energía a la red en ausencia de otras circulaciones. Cuando sí hay trenes, contribuye a su tracción y a suavizar los fuertes picos de demanda eléctrica que provocan las aceleraciones.

Otro trabajo a destacar es el de R. Kemp (2004), relativo al consumo de energía por pasajero para el trayecto Londres-Edimburgo, según tiempo de desplazamiento y modos de transporte. A diferencia de los autores anteriores, los resultados son claramente opuestos, tal y como se observa en los Gráficos número 40 y 41.

Como ya se ha indicado, el ahorro de tiempo es mayor o menor dependiendo de las diferencias de velocidad entre un tipo de tren y otro. Pero también se reitera que según aumenta la velocidad, los ahorros de tiempo son menores pero no así los costes.

Es lógico plantearse dudas respecto a si merecían la pena determinados incrementos de velocidad a la hora de hacer frente a los costes, es decir, lo que se denomina ruptura funcional del ferrocarril, como señala Palacios (2006).

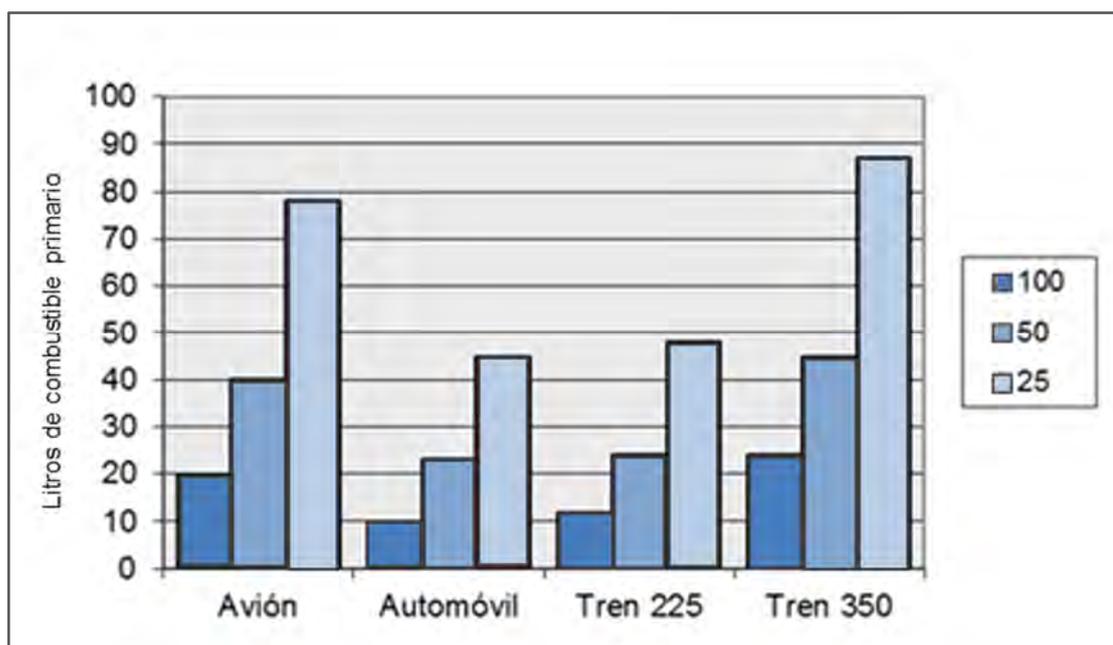
Gráfico 40. Comparativa tiempo, consumo y velocidad Londres-Edimburgo



Fuente: Elaboración propia a partir de Kemp, 2004

En cuanto a los modos de transporte, el autor consideró un avión (Airbus A320), un automóvil (Volkswagen Passat TDi), un tren circulando a 225 km/h (IC) y otro que lo hace a 350 km/h (TGV).

Gráfico 41. Consumo de energía por pasajero y nivel de aprovechamiento (*load factor*). Londres - Edimburgo (litros de combustible primario/pasajero)



Fuente: Elaboración propia a partir de Kemp, 2004

En el gráfico pueden apreciarse las diferencias de consumo por pasajero dependiendo del *load factor* o aprovechamiento, es decir, el cociente entre número de viajeros/kilómetro y el número de plazas totales/kilómetro (García et al., 2011), cualquiera que sea el modo de transporte. Por otro, la relación que existe entre el tiempo de desplazamiento y el consumo de energía, según la velocidad a la que circule el tren.

Para poder establecer comparaciones entre modos, la energía consumida por cada uno de ellos fue convertida a kg de petróleo, partiendo de la base que $1\text{kWh} = 8,3 \times 10^{-5}$ toneladas equivalentes de petróleo (Kemp, 2004).

A mayor nivel de aprovechamiento, corresponde un menor consumo por pasajero. Pero existen importantes disparidades entre modos. En los tres niveles de aprovechamiento (100, 50 y 25 % del total de plazas ofertadas), el avión y el TGV son los que más consumen. Además, existe una pequeña diferencia entre ambos, en perjuicio del tren de alta velocidad, que resulta ser así el más contaminante. Si se compara al TGV con el IC (el tren que circula a velocidad alta) los contrastes son grandes y puede concluirse que el primero de ellos, para los mismos niveles de *load factor*, consume el doble que el tren IC.

Según este estudio, tanto el nivel de aprovechamiento como el aumento de la velocidad penalizan al tren. De este modo, es fundamental conseguir un elevado nivel de aprovechamiento para disminuir los niveles de consumo energético y coste por pasajero, captando viajeros procedentes de otros modos (Wu, 2013).

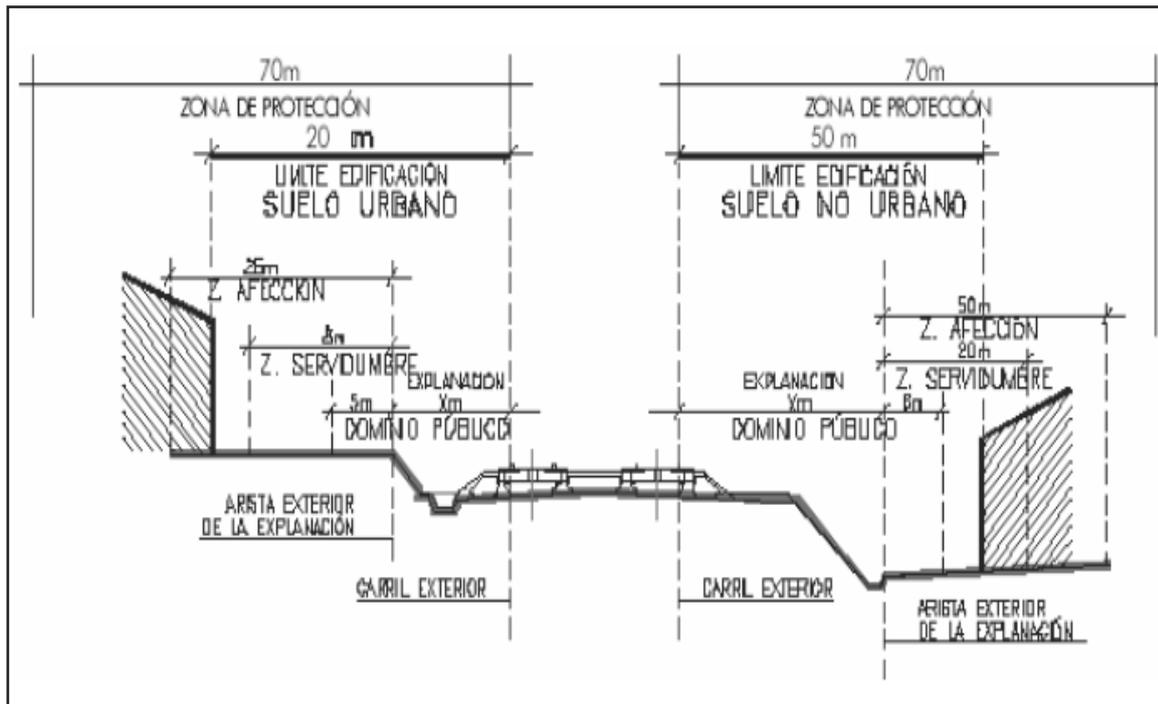
7.4.5.2. Otros impactos ambientales: intrusión visual, consumo de espacio, impacto acústico y otras repercusiones externas

Muy relacionado con lo anterior, el tren de alta velocidad consume una importante superficie de suelo. Desde instancias políticas se afirma que tan sólo ocupará quince metros de ancho. Teniendo en cuenta las exigencias técnicas que requiere y el fuerte determinismo impuesto por la compleja orografía, es coherente pensar que dicha medida se amplíe a cincuenta e incluso cien metros de ancho, con los desmontes, terraplenes y trincheras necesarios de ejecutar en cada caso.

Desde un punto de vista legal, es necesario tener en cuenta el Reglamento del Sector Ferroviario (R.D. 2387 de 30 de diciembre de 2004), que desarrolla la Ley 39/2003. Dicho Reglamento, ya mencionado, establece y acota las limitaciones a la propiedad definidas como dominio público, zona de protección (banda de 70 metros a cada lado de las aristas exteriores de explanación de la plataforma) y límite de edificación, tanto para suelo urbano como para suelo urbanizable o no urbanizable.

Así pues, queda claro que la medida de anchura afectada es mayor. La Confederación de Forestalistas del País Vasco elaboró un esquema en el que se representan las acotaciones acordadas para el diseño de la Y Vasca, que se detalla en la Figura número 18:

Figura 18. Corte transversal y zonificación en una infraestructura ferroviaria

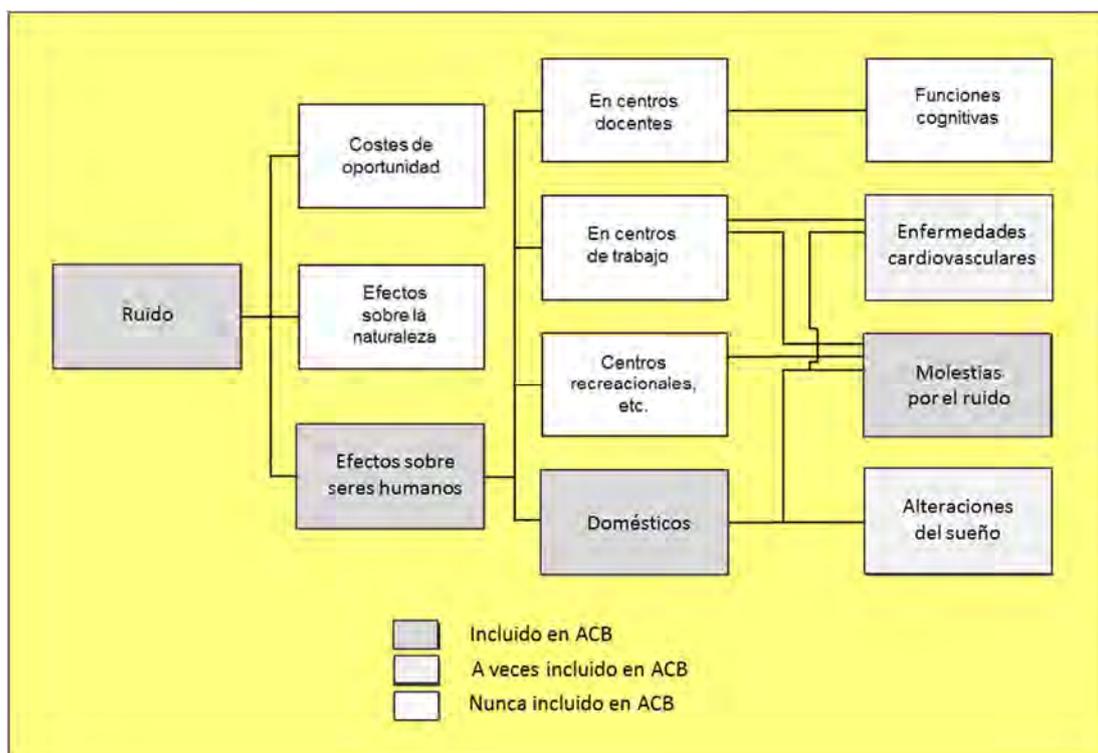


Fuente: Confederación de Forestalistas del País Vasco, 2009

Este subapartado está claramente relacionado con el relieve y el componente determinista que dicho factor físico adquiere a la agresión a ecosistemas, erosión del suelo, sobreexplotación de las canteras existentes y apertura de otras nuevas, contaminación sonora y campos electromagnéticos y consumo energético.

Respecto al ruido el tren de alta velocidad registra un comportamiento diferenciado en relación al de otros modos de transporte, puesto que sólo emite cuando pasa, no sucede así por ejemplo en una vía de gran capacidad, donde la contaminación acústica es más continuada. Como indican Nijland y Van Wee (2008), España es uno de los países en donde al establecer directrices de evaluación de los proyectos de infraestructura, la contaminación acústica se analiza pero no se monetariza. Sólo algunos de los factores que influyen en el ruido son analizados en un Análisis Coste-Beneficio, tal y como se indica en la Figura número 19:

Figura 19. Evaluación del ruido en los análisis previos de los principales proyectos ferroviarios y viarios a nivel comunitario



Fuente: Elaboración propia a partir de Nijland y Van Wee, 2008

Sólo se consideran los factores con consecuencias sobre los seres humanos. Si bien es cierto que son los más reseñables, no hay que olvidar que no todos ellos están considerados. De hecho, hay que destacar que sólo se incluyen los efectos a nivel doméstico, mientras que el impacto de la contaminación acústica puede estar presente en cualquier ámbito.

Los trabajos específicos relativos al impacto acústico del tren de alta velocidad en España no son demasiado frecuentes. Puede destacarse el reciente estudio de Pamies (2014), relativo al impacto acústico de este tipo de ferrocarril en Alicante. Dicha autora coincide en señalar que este modo de transporte registra un impacto acústico discontinuo, y establece también una diferenciación entre las fuentes del ruido ferroviario dependiendo de la velocidad a la que circule el tren, de tal forma que cuando éste se desplaza a velocidades inferiores a 200 km/h las fuentes de ruido predominantes son las producidas por la rodadura, la propulsión y el equipamiento auxiliar, mientras que, a partir de 300 km/h, las fuentes de ruido más importantes provienen del apartado aerodinámico. Otras fuentes generadoras de ruido son: operaciones de mantenimiento, frenado y sobre todo aceleración, megafonía en estaciones, etc.

Añade también que para solventar o al menos mitigar parte de los problemas que genera, puede actuarse mediante medidas preventivas, por ejemplo inversión en técnicas para mejorar vibraciones y sonorización del material rodante y/o correctoras como soterramiento de vías en tramos urbanos, instalación de pantallas acústicas, etc.)

Con carácter más general se sitúan otros trabajos. A escala comunitaria puede destacarse el *European Research Website*, donde se señala que "aunque hay, sin duda, quienes sueñan con trenes circulando a velocidades aún superiores, no es una perspectiva realista. El ruido, vibraciones, costes del mantenimiento de la vía y del material rodante y el consumo de energía (trenes circulando a 360 km/h consumen un 50 % más que aquellos que lo hacen a 300 km/h) se incrementaría excesivamente para un ahorro de tiempo marginal" (Takagi, 2005).

A nivel nacional español el Grupo de Transportes constituido en el seno del antiguo Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medioambiente en 1996, señala: "Los trenes de alta velocidad, que adquieren carácter prioritario en la definición de la política comunitaria producen, a través de su infraestructura, un efecto barrera superior al de la carretera, así como su uso del suelo, muy condicionado por los requisitos técnicos de diseño (radios de curvatura superiores a los 5.000 metros), mientras que sus consumos de energía por viajero/kilómetro son elevados, especialmente si consideramos los consumos derivados de la construcción de la infraestructura o el hecho de tener que recorrer un mayor número de kilómetros para unir dos puntos geográficos" (VV.AA., 1996; Costa, 2009).

Otros autores como Kageson o Sanz también matizan los beneficios medioambientales del tren de alta velocidad. En primer lugar, Kageson no duda del ahorro en cuanto a emisiones de CO₂ respecto al vehículo privado y el transporte aéreo, sin embargo indica que la reducción es pequeña y serán necesarias décadas para compensar las emisiones causadas por su construcción (Kageson, 2009). Por su parte Sanz (2000), indica las ventajas que ofrece el ferrocarril respecto a otros modos pero, a la vez, señala que la velocidad reduce drásticamente su compatibilidad ambiental. Plantea de este modo dudas respecto a basar en la alta velocidad ferroviaria el camino a seguir para compatibilizar ambientalmente el transporte.

De Rus (2012) comparte con Kageson y Sanz el hecho de que el tren posee menos externalidades ambientales que otros modos más contaminantes. Añade también que resulta necesario considerar algunos factores y su capacidad para compensar los efectos negativos: en su construcción, efecto barrera, impacto acústico, intrusión visual (túneles, viaductos, desmontes, escombreras...) Es fundamental tener estos factores en cuenta en aras de conseguir un balance medioambiental más positivo.

Considera primordial De Rus analizar la demanda: niveles mínimos de ocupación y aprovechamiento, volumen de tráfico captado de otros modos, etc. Como indica Jiménez (2011), la eficiencia energética del tren es cierta siempre y cuando se cumplan unos niveles mínimos de ocupación, ya que transportar trenes vacíos es muy ineficiente desde cualquier punto de vista. Por otro lado, estima vital estudiar los modos de obtención de la energía eléctrica.

Según Garrido (1999), las líneas de actuación para evitar, reducir o corregir los impactos ambientales son dos: los estudios de impacto ambiental (EIA) y el proceso de internalización de los costes del transporte. La Ley 21/2013 define la evaluación ambiental como "procedimiento administrativo instrumental respecto del de aprobación o de adopción de planes y programas (...) a través del cual se analizan los posibles efectos significativos sobre el medio ambiente de los planes, programas y proyectos. La evaluación ambiental incluye tanto la evaluación ambiental estratégica como la evaluación de impacto ambiental." La primera de ellas procede respecto de los planes y programas, mientras que la segunda procede de los proyectos y concluyen mediante la "Declaración Ambiental" o el "Informe Ambiental". Se trata de un procedimiento administrativo para buscar las alternativas de obras públicas y privadas más benignas a nivel ambiental y social ante todo, así como establecer medidas paliativas para aquellas afecciones que se consideren inevitables.

Dicho autor señala la convergencia de este procedimiento con las externalidades propias de este sector, y en concreto, del transporte ferroviario en alta velocidad. Las consecuencias de la actividad del transporte no se suelen traducir en un coste económico para el causante.

Por este motivo para mejorar las implicaciones ambientales del transporte y del tren de alta velocidad en particular, recalca la importancia de internalizar sus costes externos, solución compartida por otros autores como De Rus y Campos (2005), Serrano (2010), etc. Se trata de repercutir sobre los usuarios estos costes, para incitarles a que cambien

su comportamiento. Los principales instrumentos para ello son la fiscalidad, peajes, cánones y el comercio de derechos de emisión de CO₂.

La Unión Europea ha fijado una serie de instrumentos para regularizar esta internalización, centrados fundamentalmente en el transporte por carretera, al ser el más contaminante y extendido. Debe destacarse el control directo de las emisiones de los vehículos, en base al establecimiento de unos umbrales límites. Concretamente, se hace referencia a las normativas Euro 1, establecida en 1993, posteriormente la Euro 2, así hasta la actual Euro 6, con un nivel de restricción de emisiones de partículas y óxidos de nitrógeno cada vez mayor.

En palabras de Timilsina y Dulal (2009), los instrumentos reguladores son útiles pero no suficientes, ya que deben ser complementados con otras iniciativas. Por ejemplo, con la instauración de cánones y peajes. En este mismo sentido Morales (2013), señala la importancia de establecer una relación directa entre la utilización de recursos comunes y el pago, según las premisas de “quien contamina, paga” y “quien utiliza, paga”, especialmente en un escenario con un sector del transporte cada vez más liberalizado.

Determinan que debe desincentivarse el uso del transporte privado, a la vez que se invierta, favorezcan y promuevan los modos más sostenibles, sobre todo el ferrocarril, para de esta manera lograr un balance ambiental global más positivo para todo el sector.

En los ámbitos urbanos debe destacarse el programa Civitas, que promueve iniciativas en las ciudades para vehículos con bajos niveles de emisiones, mayor seguridad y menor congestión (Comisión Europea, 2014).

A nivel nacional ya existe una política para minimizar e internalizar los costes externos del ferrocarril. Se utiliza preferentemente energía eléctrica procedente de fuentes renovables, y además, la electricidad de otras fuentes que utiliza el ferrocarril se encuentra integrada en el esquema de comercio de emisiones de CO₂ de la Unión Europea (VV.AA., 2012).

El impacto visual entendido como otro elemento discordante de la alta velocidad, es difícilmente evaluable aunque se hace mención expresa del mismo por grupos y colectivos críticos. Puede destacarse a Ecologistas en Acción o AHT-Gelditu! Elkarlana, que suelen difundir recreaciones sobre la situación inicial y final de determinados parajes tras la construcción de trazados de alta velocidad ferroviaria, siendo especialmente representativo el caso de los viaductos en los grandes valles como el de Abdalajís (Málaga), con afecciones a las corrientes de agua subterráneas, así como otros de las líneas en ejecución con destino a Galicia y la “Y” Vasca. En estos dos últimos, la mayor parte del recorrido se efectuará a través de túneles o viaductos, en concreto en el trazado para el País Vasco sólo el 29 % de su recorrido será a cielo abierto.

7.4.5.3. Conclusiones

La consideración de los efectos ambientales dentro del debate sobre la sostenibilidad del transporte y del tren de alta velocidad en particular es cada vez más asumida, al igual que el hecho de que en cada modo de transporte existe una diferente apreciación de su eficiencia ecológica.

Se pueden reseñar multitud de trabajos que analizan los efectos ambientales producidos por el transporte en general y el referido tren a nivel específico, especialmente en lo relativo a las emisiones y consumo energético de diversa índole, orientación, metodología y resultados, igualmente válidos para analizar esta temática y expresar su complejidad pero a la vez difíciles de unificar y de establecer unos parámetros estables.

Dentro de los costes externos el consumo energético y las emisiones se perfilan como el factor de análisis más recurrente. Sobre éste influyen a su vez otros elementos como son la velocidad, el tipo de tren, el modo de obtención de la energía, el volumen de ocupación y el aprovechamiento así como la ruta estudiada.

Las conclusiones aportadas a este respecto son diferentes y a menudo contrapuestas, por los motivos indicados en el primer párrafo. Ejemplos de ello son los resultados expuestos en el informe INFRAS/CE Delft, publicado por la Union Internationale des Chemins de Fer (2011), relativo a costes externos del transporte, en trabajos sobre la sostenibilidad del tren de alta velocidad en base a razones técnicas, y en el artículo que relacionan emisiones con aprovechamiento.

La velocidad es uno de los elementos que ha generado mayor controversia, puesto que su aumento provoca la disminución del tiempo de desplazamiento (aunque cada vez en menor cuantía) y el aumento de los costes (con una ascendencia cada vez más abultada), se trata de la ruptura funcional del ferrocarril. Cabe plantearse en este sentido que según el caso, sí puede ser conveniente la inversión en ferrocarril aunque no tiene porqué ser imprescindible la apuesta por el tren de alta velocidad, como se ha señalado también en el capítulo anterior.

En cuanto a la demanda de viajeros y aprovechamiento, son factores especialmente cruciales para determinar el consumo por pasajero y kilómetro y su comparación con los resultados de otros modos de transporte, que dejan entrever las ventajas e inconvenientes del ferrocarril de alta velocidad respecto al resto de modos.

Aparte de las emisiones y el consumo, debe señalarse la importancia de otros factores, por ejemplo, el impacto visual o el consumo de superficie de suelo. Las exigentes condiciones técnicas junto al complejo relieve español provocan la proliferación de grandes obras civiles de notable impacto visual, sobre todo los viaductos, así como el aumento de la superficie necesaria para su construcción: plataforma, desmontes, terraplenes, trincheras, junto a un aumento del área de dominio público, de zona de protección y del límite de edificación.

Otro factor a destacar es el de la contaminación acústica. A nivel nacional los estudios relativos a ruido han sido tradicionalmente escasos o bien incompletos. Existe una clasificación de los efectos del ruido según sean incluidos o no en un Análisis Coste-Beneficio y se concluye que se trata de un factor más analizado que monetarizado.

En trabajos más recientes se establece una diferenciación de las fuentes predominantes de ruido según la velocidad de desplazamiento y otra respecto a las medidas a considerar para paliar sus afecciones, ya preventivas o bien correctoras.

En cuanto a la velocidad también debe destacarse el estudio del *European Research Website* (2005), en el que se indica que a partir de una determinada velocidad, un pequeño aumento de la misma implica un crecimiento mucho mayor del nivel de ruido generado, a semejanza de lo expuesto para el consumo energético.

Al objeto de disminuir las externalidades ambientales del transporte en general y del ferrocarril de alta velocidad en particular, la Unión Europea y diversos autores han planteado la necesidad de considerar dos líneas de actuación: la elaboración de estudios de impacto ambiental para los proyectos planificados al respecto y la internalización de sus costes externos, con instrumentos reguladores (por ejemplo las normativas Euro) y también con medidas fiscales (cánones, peajes) y de apoyo al transporte público y modos más sostenibles (fundamentalmente el ferroviario).

En este mismo sentido en España se ha implantado una política para la internalización de costes, pero la evaluación de sus resultados es compleja, a la hora de establecer una comparativa entre los efectos producidos tras su aplicación respecto a la situación inicial.

8. CONCLUSIONES FINALES

Tras la valoración de la literatura científica consultada, del estado de la cuestión, la propuesta de diferentes hipótesis de trabajo, la aplicación de técnicas operativas en base a teorías y modelos, así como la obtención de resultados, después de su discusión la etapa final de la tesis consiste en el establecimiento de una serie de conclusiones que permitan validar o refutar las hipótesis planteadas.

En este capítulo se exponen las conclusiones y reflexiones fruto del trabajo de investigación, tanto como las posibles líneas temáticas de análisis abordables en un futuro.

Alta velocidad es un concepto un tanto ambiguo. Según la Union Internationale des Chemins de Fer no existe una definición única, consistente en una combinación de infraestructura, material rodante y compatibilidad entre ambos. Tampoco es fija la velocidad a partir de la cual se considera un servicio como de alta velocidad, dependiendo de si se desagrega o no entre alta velocidad y velocidad alta. El primero de ellos haría referencia exclusiva a aquellos trayectos cuya velocidad máxima es de al menos 250 km/h, mientras que para el segundo de los casos la velocidad máxima es igual o superior a los 200 km/h.

En la tesis se han considerado sólo aquellos enlaces en la red de alta velocidad y con trenes que superan los 250 km/h para larga distancia, o bien los Avant para media distancia. Esta desagregación de acuerdo a la distancia se realiza a partir del umbral de 300 kilómetros.

El tren de alta velocidad ha supuesto una revolución en el sector ferroviario y poco se parece al ferrocarril convencional, por lo menos en lo referente a infraestructuras y especificaciones técnicas, siendo una modalidad de ferrocarril más exigente para muchas de estas especificaciones.

El radio mínimo de curva debe ser más amplio debido a la mayor velocidad de desplazamiento y el consiguiente aumento de la fuerza centrífuga, mientras que la pendiente máxima admisible longitudinalmente es muy pequeña, en torno a 30-40 milésimas por metro, lo que hace necesaria una elevada proliferación de obras públicas en el diseño de sus trazados (túneles y viaductos). El ancho de la vía establecido es superior al métrico, concretamente el más generalizado a nivel mundial es el de 1.435 milímetros. La entrevía también debe ser mayor que para el ferrocarril convencional, de igual forma debido a la velocidad puesto que el efecto de succión en los cruces es más elevado, lo que implica la necesidad a su vez de ampliar el gálibo en los túneles y su sección.

El sistema de electrificación trabaja a mayor potencia, el de señalización presenta un doble componente, la propia señalización y la transmisión de radio. Este sistema denominado ERTMS, está diseñado para ser viable teniendo en cuenta las elevadas velocidades a las que opera el servicio.

Los frenos son más potentes y cuentan con un sistema de devolución a la catenaria de la energía sobrante durante el frenado. El sistema de suspensión es doble, con muelles helicoidales y suspensión neumática, en tanto que el material móvil es autopropulsado, con composiciones fijas y bidireccionales.

Otros factores a considerar son la exclusividad de la vía (si es mixta o no), la interoperabilidad (conexiones a nivel transfronterizo) y la accesibilidad. Esta última se relaciona con el número de paradas que componen una determinada línea de alta velocidad, la población existente en el corredor o núcleo y el emplazamiento de la estación.

Una asociación que resulta también controvertida es la de velocidad y tiempo, donde si aumenta la velocidad disminuye la duración del viaje. Dicha afirmación es cierta a priori

pero suele darse en un punto, los 250 km/h, a partir del cual un aumento de la velocidad provoca un ahorro de tiempo menos significativo, por lo que debe plantearse a partir de la situación de partida hasta qué punto puede ser rentable la inversión, al objeto de ahorrar una determinada proporción de tiempo.

En cuanto a la historia de este ferrocarril, tras su comienzo en Japón y extensión a Europa, en la actualidad hay en torno a quince países que disponen de este tipo de servicio, más otros cuya red se halla en construcción o en proyecto. A nivel individual, China se configura como el país con la red de mayor envergadura del planeta, seguido de España.

El transporte es un sector económico de primera magnitud y sus impactos tanto positivos como negativos son determinantes. Esa dicotomía puede resumirse en que por un lado es un sector clave para facilitar la actividad comercial, la turística y la actividad económica en general, así como los intercambios sociales. Pero también es cierto que facilita tendencias de signo contrario, pues incide en el incremento de la insostenibilidad ambiental y sus riesgos asociados en relación al bienestar de la población.

En la actualidad prevalece más que una política de transporte, una política de construcción de infraestructuras. Dicha política además se entiende no tanto a nivel de conjunto sino desde una perspectiva sectorial, es decir, por modos de transporte. En esa misma línea, se puede señalar que el sistema de transporte no se concibe como una suma de modos interrelacionados entre sí y unidos por un mismo fin: garantizar y facilitar al máximo las comunicaciones en el territorio.

A nivel de la Unión Europea la política en materia de transporte ya queda planteada con el Tratado de Roma de 1957, aunque hasta mediados de los años ochenta se mantuvo relegada a un plano secundario.

Al igual que se diseñaron políticas transfronterizas en diversos ámbitos, a nivel de transporte el primer objetivo era la creación de un mercado común, debido a la problemática existente en cuanto a la existencia de barreras a los intercambios y al fuerte intervencionismo de los Estados en materia económica. Para el establecimiento de dicho espacio común, a través de la Política Común de Infraestructuras de Transporte y el Reglamento 3359/90/CE, se opta por aliviar la congestión de tráfico en base a un listado específico de proyectos de infraestructuras.

Con el aumento de los flujos de transporte, el diseño de nuevos proyectos para mejorar los crecientes problemas de congestión junto a la celebración de la cumbre de Rio de Janeiro de 1992, resultaba necesario plantear la necesidad de apoyar la creación de un mercado común de transporte basado en su sostenibilidad.

Este binomio se presentó con una cierta indefinición y ambigüedad, que prosigue al cabo del tiempo si se observan los planteamientos del Libro Blanco de Transporte de 2011. Se trata de separar el desarrollo económico del crecimiento del transporte, pero también de favorecer el aumento de la movilidad en vez de gestionarla. Estas cuestiones suscitaron críticas, aunque con posterioridad surgieran conceptos e iniciativas destinados a favorecer su complementariedad: "movilidad inteligente", co-modalidad, la iniciativa 20-20-20, la reducción del consumo energético, etc.

A partir de la Política Común de Transporte y los primeros diseños de proyectos infraestructurales, se inicia la configuración de una Red Transeuropea de Transporte como instrumento clave para la consecución del Mercado Único, tomando forma especialmente desde principios de los noventa con su inclusión como título específico en el Tratado de Maastricht de 1992.

La creación de un espacio de transporte único comunitario es entendido como un nuevo proceso de crecimiento de las redes de transporte, a juzgar por la proliferación de proyectos que se diseñan. Debe destacarse la Lista de Essen en 1994, con catorce proyectos de los que sobresalen las actuaciones que fortalecen la accesibilidad de la "dorsal" europea, y según modos las centradas en favorecer el desarrollo de la alta velocidad ferroviaria. Hay que considerar de la misma manera, la perspectiva de que se

trata de un proceso para el cual debe resultar determinante la colaboración entre los Estados miembro, como señala el Libro Blanco Delors en 1993.

La Red Transeuropea de Transporte es dotada de objetivos y orientaciones mediante la Decisión 1692/96/CE. A través de esta norma legislativa también se fija el horizonte de ejecución de los proyectos de Essen para 2010.

La incorporación de nuevos Estados miembro a la Unión Europea provocó la necesidad de ampliar el número de proyectos a treinta. Su diseño fue encargado al Grupo de Trabajo Van Miert e incluidos en la Decisión 884/2004/CE. Esta ampliación junto a la persistente falta de colaboración entre Estados, las dificultades de financiación pese al incremento del número de instrumentos financieros y el predominio de una planificación más sectorial que integrada, acentuó la complejidad a la hora de la ejecución de los proyectos, generando importantes retrasos que obligaron en gran medida a extender el horizonte de finalización al año 2020.

Por ello, en documentos posteriores como la Comunicación de la Comisión, COM, 2007, 135 y el Libro Verde de 2009, existe un componente autocrítico referente a dichos retrasos y a la consideración de la sostenibilidad como un elemento clave dentro de la planificación en el transporte.

Esta autocrítica condujo más adelante a un proceso de reestructuración de toda la Red Transeuropea de Transporte, a través del Libro Blanco de 2011 y el Reglamento 1315/2013. Surge el mecanismo “Conectar Europa”, con la idea de favorecer el interés comunitario frente a los nacionales a la hora de la planificación y se estructura la nueva Red en un doble sistema, formado por red principal y red global. La primera de ellas es la prioritaria al tratarse de los proyectos de interés comunitario. No obstante, su horizonte de ejecución es más amplio, hasta 2030. La red global alude a los proyectos derivados de las respectivas planificaciones nacionales, de tal forma que al tener una mayor componente estatal que trasfronteriza, el horizonte de ejecución es aún más dilatado prolongándose hasta 2050.

Sean prioritarios o no lo cierto es que la problemática referida es amplia y compleja, suponiendo el retraso en la ejecución de los proyectos entendidos como de interés comunitario y más aún para otros con una componente nacional más acusada.

En lo que respecta al ferrocarril, su evolución es en parte similar a la del transporte en general, permaneciendo en un segundo plano de la planificación comunitaria hasta mediados de los ochenta, en paralelo en líneas generales a la Red Transeuropea de Transporte.

El aumento de la movilidad a partir de la mejora y competitividad de otros modos de transporte, fundamentalmente el aéreo, fue generando una progresiva situación marginal del ferrocarril. Para cambiar esta tendencia, se fijaron una serie de objetivos sectoriales como crear la creación de un espacio ferroviario único, favorecer su liberalización y revitalización. De igual manera, fue el modo preferente seleccionado para lograr los objetivos de cohesión territorial y equilibrio regional.

Para la creación del espacio ferroviario único son necesarios ciertos progresos en materia de interoperabilidad, al objeto de eliminar los llamados *missing links* así como un ingente volumen de inversión. Para facilitar la entrada de capital se ampliaron los tipos de recursos financieros de la Unión Europea y se favoreció la entrada de capital privado.

Resulta evidente que teniendo en cuenta esta situación de partida, para la consecución de un espacio ferroviario único era necesaria su revitalización. De este modo, se convierte en un objetivo preferente de la inversión realizada.

Como ya se ha indicado, en las listas de proyectos diseñadas por diferentes grupos de trabajo y publicadas en la legislación comunitaria, el ferrocarril es el protagonista, especialmente el tren de alta velocidad, hasta el punto de fijarse el propósito de crear una red europea de alta velocidad.

La apuesta por este modo se extiende hasta la actualidad y continuará en el futuro, puesto que en el nuevo sistema de la Red Transeuropea se fijan entre otros objetivos el triplicar la red de alta velocidad comunitaria en 2030 y finalizar todos los proyectos diseñados al respecto para 2050, incluyendo una relación mayor de complementariedad entre este modo y el transporte aéreo. Dichas premisas se trasladarán también a escala nacional, de acuerdo con dichos principios.

El otro objetivo para convertir al ferrocarril en el modo preponderante en la política comunitaria, se refiere al hecho de favorecer su proceso de liberalización.

La apertura al mercado del sector se ha llevado a cabo a través de diversos "Paquetes Ferroviarios". El transporte de mercancías fue el objetivo primordial tanto en el primer Paquete como en el segundo, al tratarse de un proceso menos complejo que el de viajeros. Por tanto, en 2015 se halla en una situación más avanzada que el transporte de pasajeros. Es la piedra angular además de la actual estructura de la Red Transeuropea de Transporte, en base a la consideración de los nueve corredores ferroviarios de mercancías expuestos en el Reglamento 913/2010 e incluidos en la red principal, es decir, la de aquellos proyectos cuyo horizonte de finalización es 2030.

El transporte de viajeros, como ya se ha indicado, presenta una situación menos desarrollada desde la óptica de la liberalización. Hay que resaltar la existencia de estructuras monopolísticas con una única compañía ferroviaria, de carácter estatal que controlaba tanto la infraestructura y material rodante como la explotación de los servicios ferroviarios, situación que persiste aún en algunos países.

De esta manera tanto el tercer como el actual cuarto Paquete Ferroviario, se centran esencialmente en su impulso. Arrancando de una situación de partida en régimen de monopolio, otros problemas a tener en cuenta son los derivados del distinto grado de desarrollo de las respectivas redes de alta velocidad, el ritmo variable de transposición de la normativa comunitaria a cada legislación nacional, los desequilibrios en cuanto al acceso al mercado entre las empresas nacionales y los nuevos operadores, los cánones y restos de costes asociados, así como la baja interoperabilidad entre las redes, en el caso de enlaces transfronterizos.

Todo ello se inscribe en una situación muy diversa en cada país estudiado. Suecia, Alemania y Reino Unido son los que presentan una situación más avanzada, mientras que países bálticos y algunos de los mediterráneos, como por ejemplo España, se hallan en el polo opuesto.

La evolución de la política española de transporte sigue una trayectoria similar a la comunitaria, con un claro predominio de las políticas sectoriales frente a las conjuntas de transporte.

A nivel ferroviario debe destacarse el monopolio ejercido por RENFE y las escasas inversiones recibidas hasta los años ochenta. La trayectoria analizada parte de una etapa de progresiva decadencia del sector ferroviario, con niveles de tráfico bajos en muchas líneas y un sistema obsoleto tanto en infraestructura como en material rodante, derivados de la falta de inversión y de la baja demanda. Dicha espiral de ineficiencia provocó el cierre de numerosas líneas con déficit en 1985.

La reforma del sector ferroviario continuó con la promulgación de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres y el Plan de Transporte Ferroviario (1987-2000), en el que se indicaba la necesidad de invertir en los corredores con mayor demanda. Es en ese momento cuando surgen nuevos criterios de planificación en la entonces denominada Comunidad Económica Europea (CEE), con la puesta en servicio de los primeros trazados de alta velocidad, fomento de la creación del espacio ferroviario único y con el objetivo de la cohesión territorial en base al ferrocarril.

La administración española tras el reciente ingreso en la Comunidad Económica Europea en 1986 comenzó a adoptar una mentalidad más europeísta y un mayor interés en el nuevo modo de transporte. La mayor parte del presupuesto previsto para el Plan de Transporte Ferroviario se destinó al primer corredor de alta velocidad en España, la

línea Madrid-Sevilla. Debe afirmarse también que desde instancias comunitarias los proyectos incluidos en el anexo II de la Resolución 91/C 33/01 y calificados como clave, aparece sólo la conexión número 9 entre Madrid, Barcelona y la frontera francesa (Perpignan), junto a los enlaces 10a (Oporto-Lisboa-Madrid) y 10b (Madrid-Vitoria-Dax), o lo que es lo mismo, el enlace finalmente ejecutado no figuraba en esta lista.

Lo que es evidente es que esta decisión supuso un punto de inflexión en la política de transporte española, pues a partir de ese momento la mayor parte de las inversiones presupuestadas en los sucesivos planes fueron destinadas al ferrocarril, especialmente al tren de alta velocidad.

Con el Plan Director de Infraestructuras (1993-2007) y su sucesor, el Plan de Infraestructuras de Transporte (2000-2007), se pretende desarrollar la red de alta velocidad en el país, y en el caso del último conectar todas las capitales de provincia con Madrid mediante este modo, así como con Francia y Portugal.

El Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (2005-2020) o PEIT, sustituto del anterior, marca una tendencia igualmente continuista, aunque en este caso se trata del mayor presupuesto calculado para un plan de estas características: 248.000 millones de euros, de los cuales 83.000 serían destinados al ferrocarril de alta velocidad. Debe recalcar la importancia de las aportaciones comunitarias a dicho desarrollo, sin las cuales a día de hoy el modelo de red de alta velocidad española sería probablemente mucho más simple.

Volviendo al PEIT, este Plan aporta la novedad de implementar tramos de vías mixtas, si bien en la actualidad son muy escasos en España, por ejemplo la línea transfronteriza Figueras-Perpignan. Como curiosidad más que novedad, al referirse al tren de alta velocidad no alude al acrónimo AVE como concepto generalizado hasta ese momento en los documentos oficiales, sino a “ferrocarril de altas prestaciones”. Sea como fuere lo cierto es que el modelo de transporte diseñado resulta ser de tipo infraestructural, en el que el servicio se acomoda a la infraestructura existente o de nueva creación, en vez de conllevar un modelo de servicio donde, tras realizar los pertinentes análisis y estudios económicos, financieros, de demanda, sociodemográficos, etc., la infraestructura creada se adecúe a dicho planteamiento.

En el proceso de actualización del PEIT, al igual que sucede a nivel comunitario, se intenta complementar el desarrollo del transporte con la perspectiva de la sostenibilidad y respeto al medioambiente, con la Ley 9/2006 para la determinación de los efectos ambientales de los planes y programas de transporte, mediante la inclusión de un Informe de Sostenibilidad Ambiental y la Ley 2/2011 de Economía Sostenible, al objeto de aunar crecimiento económico y sostenibilidad.

De igual forma se elabora el Plan Extraordinario de Infraestructuras y la Estrategia Española de Movilidad Sostenible, aplicados a la finalización de los proyectos de infraestructura ya en ejecución y para el fomento de la movilidad desde una óptica más ambientalista. El resultado de apostar simultáneamente por ambos objetivos es difícil de valorar, pues existe una cierta ambigüedad a la hora de definir las actuaciones a realizar, similar al ejemplo de la Unión Europea, lo que ha generado diversas críticas al respecto. Lo que sí se ha llevado a cabo es la paralización de algunos proyectos de alta velocidad, como por ejemplo las líneas de alta velocidad Ponferrada-Monforte de Lemos o Calatayud-Soria, debido a la priorización de las inversiones en los proyectos con un grado de ejecución más avanzado y previsiblemente más rentables.

El último Plan elaborado es el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI), con un horizonte de ejecución que comprende el periodo 2012-2024, aunque con fecha de 2015 no se encuentra aún aprobado en su totalidad. La filosofía inicial es similar a la del Plan Extraordinario de Infraestructuras, con una reducción importante de la partida presupuestaria y de los proyectos fijados, aunque sólo se realizarán aquellos en un avanzado estado de ejecución. Lo que sí comparte con el PEIT es la preponderancia de la alta velocidad en términos de inversión y kilómetros a construir.

En cuanto a la liberalización del sector ferroviario español, presenta una evolución contrastada entre mercancías y pasajeros a favor de la primera, de forma análoga a la escala comunitaria. La Directiva 91/440/CE fue transpuesta mediante la Ley 13/1996 suponiendo la creación del Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF), y con posterioridad se transpone la Directiva 96/48/CE relativa a la interoperabilidad del sistema ferroviario.

Resulta clave sin embargo la promulgación de la Ley 39/2003, que supuso la derogación de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres (LOTT), la transposición del primer Paquete Ferroviario, la desaparición del GIF y la división de RENFE en dos compañías - ADIF y RENFE Operadora- separando así gestión y administración de la explotación del servicio de ferrocarril.

El segundo y tercer Paquete Ferroviario se transponen mediante diferentes Reales Decretos, R.D. 354/2006 y R.D. 355/2006, y R.D. 1434/2010, respectivamente.

También hay que destacar la Ley 22/2012, mediante la cual RENFE se divide en cuatro empresas más la Entidad Pública Empresarial y el Real Decreto 1315/2013, por el que ADIF se divide en este caso en dos partes: ADIF Alta Velocidad y la propia ADIF.

Cabe señalar que recientemente se ha iniciado la apertura a la competencia de la línea de alta velocidad Madrid-Levante. Diferentes operadores han mostrado su interés en operar en dicho corredor, aunque la situación al respecto no es del todo ideal puesto que existen todavía fuertes condicionantes a la entrada de nuevos operadores y altos cánones. Pese a realizar una bajada de las tarifas en algunos de ellos, se han creado otros nuevos y los precios de alquiler del material rodante son también altos.

Por ello diversas compañías muestran su preocupación por la realidad existente y se plantean alianzas al objeto de contrarrestar la presencia de RENFE Operadora. Para esta compañía la situación no es tampoco boyante, al haberse convocado un expediente de regulación de empleo y diferentes huelgas durante 2014 y 2015. Por consiguiente, el escenario futuro se prevé un tanto incierto en este sentido.

En relación a las hipótesis planteadas, como se puede observar en el análisis del capítulo 3, existe una alta correlación entre la evolución de la red y el diseño de un creciente aparato legislativo tanto comunitario como español, a partir del anterior. Es preciso destacar la importancia de las Redes Transeuropeas, en concreto del papel de la Red Transeuropea de Transporte y el claro apoyo otorgado al desarrollo de redes de alta velocidad ferroviaria nacionales y de la Unión Europea, a través de la mejora de su interoperabilidad.

La expansión de la red española está en plena vigencia gracias a los planes de desarrollo para el futuro, aunque algo más a largo plazo en ciertos casos debido al leve cambio de orientación al que alude el actual Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda. Se terminarán de ejecutar los corredores en fase avanzada de construcción (en 2015 se han finalizado los corredores Santiago-Vigo y Valladolid-Palencia-León), mientras que otros corredores permanecen paralizados, como el servicio Ponferrada-Monforte de Lemos.

Las redes de alta velocidad consideradas en la tesis presentan importantes diferencias en cuanto a motivación principal, grado de desarrollo, evolución temporal, características técnicas y nivel de incidencia territorial.

Japón cuenta con una de las redes más desarrolladas y de mayor éxito a nivel mundial, a juzgar por su elevada demanda, puntualidad, altas frecuencias y segmentación de sus servicios, con tres tipos de trenes de alta velocidad en función de las paradas que realice para un destino concreto.

Francia es uno de los países pioneros en alta velocidad, inaugurando la línea París-Lyon en 1981. La filosofía de uso exclusivo para pasajeros consistente en enlazar ciudades distantes al menos 300 kilómetros, con una población que alcance los 20 millones de habitantes y una red centralizada en París, ha ido evolucionando con el paso del tiempo.

La publicación del Informe Rouvillois implicó un cambio de tendencia, para por un lado fomentar la complementariedad entre modos, especialmente con el transporte aéreo y el ferrocarril convencional, y por otro, promover una red menos centralizada. Sirven como ejemplo del primer punto la construcción de estaciones intermodales, así como la creación de servicios ferroviarios regionales de alta velocidad. Por su parte, para favorecer una red menos focalizada en París, se construyó la línea TGV Interconnexion, una circunvalación en alta velocidad alrededor de la capital gala que permite el tránsito entre diferentes líneas sin pasar por ésta.

Con la elaboración del Informe Duron, la pretensión es seguir apostando por la inversión en ferrocarril pero en este caso por el convencional, mejorando sus infraestructuras y material rodante y permitiendo unas velocidades máximas comerciales mayores. Diversos autores señalan que la administración francesa no debe apostar por la construcción de líneas estructuralmente deficitarias, como sí se ha hecho en otros países.

La red alemana presenta un carácter muy distinto con predominio de los trayectos mixtos de pasajeros y mercancías, fruto del deseo de conectar los grandes centros industriales generadores de actividad económica, con los puertos del norte y las principales aglomeraciones urbanas del país, que se sitúan más distribuidas a lo largo del territorio germano. De igual modo y al estar situado en posición central dentro del continente, se consideran muy necesarias las comunicaciones transfronterizas mediante este modo.

Desde una perspectiva más operativa se aprovechan buena parte de las vías preexistentes mejorándolas, y en general los servicios se caracterizan por realizar un mayor número medio de paradas que aquellas redes en las que predominan los trazados exclusivos para pasajeros. Se prioriza un servicio con más paradas y frecuencias que mejora la accesibilidad del territorio por el que transita, aunque penaliza la velocidad con una media inferior a la de trenes con enlaces directos y vías exclusivas para viajeros.

En Italia pese a ser uno de los países pioneros en el desarrollo de líneas de alta velocidad, lo cierto es que su crecimiento posterior ha sido muy contenido respecto al de otras naciones. Se ha configurado una red en forma de T, debido a la propia fisiografía del territorio italiano y a la presencia de las cordilleras de los Alpes y los Apeninos, que condicionan en gran medida la posibilidad de construcción de nuevos corredores.

Se intenta aprovechar de este modo buena parte de los trazados preexistentes, para que sean compartidos tanto por trenes de alta velocidad como por convencionales y de mercancías. La red italiana pese a ser una de las que registra un tráfico de viajeros inferior, ha experimentado un cierto repunte en su cuota de mercado respecto a otros modos concurrentes.

La red china es la que presenta en la actualidad un crecimiento más vertiginoso. Aunque se trata de la de más reciente creación, figura ya como el país con mayor desarrollo de red de alta velocidad ferroviaria del mundo, destacando sobre cualquier otro.

La motivación principal para su desarrollo es aliviar los problemas de congestión de diferentes corredores debido al fuerte crecimiento económico del país, al objeto de conectar en alta velocidad todas aquellas ciudades que cuenten con al menos medio millón de habitantes. Dado que la masa demográfica china supera los 1.300 millones de habitantes, no cabe duda de que existen numerosos núcleos que alcanzan dichas cifras, lo que genera un sistema de red de carácter policéntrico y mallado.

La red española empezó a desarrollarse a partir del objetivo de lograr mayor equidad y articulación territorial, priorizando dichos fines sobre la selección de rutas con un mayor volumen de tráfico potencial y dejando en un segundo plano los criterios de eficiencia económica. Todo ello contribuye a que se detecten problemas a la hora de ajustarse a los mínimos de demanda potencial recomendados por la Comisión Europea en 2008.

Se configura como un modelo centralizado de red, casi exclusiva para pasajeros, con centro en Madrid y de tipo radial-troncal, con un eje diagonal destacado de dirección noreste-suroeste y varias ramificaciones que le otorgan cierta capilaridad al conjunto. Su carácter centralizante condiciona el diseño, desarrollo y viabilidad de determinados proyectos, aparte del estructural hándicap del ancho de vía.

A partir de los criterios señalados, se constata que el país que ostenta la hegemonía constructiva de líneas de alta velocidad ha cambiado a lo largo del tiempo. Comenzó Japón, para después en cierta manera compartir este liderazgo con Francia. En la primera década del siglo XXI ha sido España el país con un ritmo de crecimiento más significativo, pasando de contar solamente con la línea Madrid-Sevilla a convertirse en la red más extensa. En la actualidad es China el mayor referente mundial con cifras difícilmente alcanzables por otros países tanto por su superficie, como por masa demográfica a servir, la longitud de las líneas, etc., desembocando en una prolongada lista de líneas ya en explotación más otras en proceso de construcción o en proyecto.

Como es natural China también registra el primer puesto en cuanto a volumen de tráfico, superando recientemente a Japón que queda en segundo lugar. El país nipón cuenta no obstante con la línea más rentable del mundo (Tokio-Osaka), según autores como Feigenbaum o el informe publicado por Albalade y Bel.

Francia es el país europeo con una demanda superior pese a no ser el que cuente con la red más desarrollada del continente, puesto ocupado por España. Ostenta además la segunda línea con una rentabilidad mayor a nivel mundial, el trayecto París-Lyon, según datos del mismo informe de Albalade y Bel.

Alemania e Italia también presentan redes menos desarrolladas que la española, pero igualmente cuentan con un tráfico superior.

Así pues, de las redes analizadas es la española la que cuenta con un diagnóstico menos positivo, junto con la china. En España se ha producido al igual que en los demás países un aumento de la movilidad y también de las infraestructuras de alta velocidad, lo que valorando la superficie del país hace que las ratios de densidad de red por superficie y por población, sean de las más elevadas de la muestra.

Sin embargo, el crecimiento del tráfico ha sido más discreto. Presenta un récord de kilómetros, pero no así de viajeros. Es especialmente reseñable el dato referido a pasajeros por kilómetro de red (11.949), mientras que la misma cifra registrada en Francia es cinco veces superior y la italiana algo más del doble, destacando que las masas demográficas de estos dos países son ciertamente mayores, pero no al extremo de dichas proporciones. Puede afirmarse que la implantación de una infraestructura no implica necesariamente su uso.

Por ello, la rentabilidad económica y social puede ser menor en gran parte de las experiencias internacionales en alta velocidad, siendo factible que la situación pueda agravarse al irse conectando nodos cada vez con menor masa demográfica o potencial económico.

Las situaciones de las redes consideradas son muy dispares, de acuerdo con el nivel de acogida y el contexto territorial en el que se insertan.

Por otro lado, y haciendo mención estrictamente a España, debe afirmarse que el proceso de reestructuración del que ha sido objeto RENFE debido a la cercanía de la apertura al mercado del sector, ha venido acompañado de una importante modernización en cuanto al material rodante disponible. De esta manera se busca crear un modelo de convoy más seguro, cómodo, eficiente, rápido, etc. En definitiva, más atractivo frente a la futura competencia.

En relación con lo expuesto, la tecnología española de alta velocidad se ha desarrollado ostensiblemente y es a día de hoy una de las más punteras del mundo. Las innovaciones tecnológicas realizadas son valorables en diferentes aspectos: por ejemplo, el sistema de gestión (Da Vinci), el de señalización (colaboración para la implantación del sistema

ERTMS), la anchura de bogies (característica inherente a la red nacional), el sistema de pendulación (TALGO Pendular, Sistema Inteligente de Basculación Pendular o SIBI), así como en el material rodante, con los proyectos AVRIL (diseñado por TALGO) y OARIS (debido en este caso a la empresa CAF).

Junto a las aportaciones comunitarias, estas innovaciones suponen un hecho a reseñar como parte responsable del desarrollo de la red de alta velocidad española. Dichos avances técnicos han despertado interés a nivel transnacional, consiguiendo la adjudicación de diferentes proyectos de alta velocidad en distintos países y continentes, como Arabia Saudí, Estados Unidos o Marruecos.

En cuanto a la gestión operativa de la red resulta complejo su análisis, debido a la existencia de multitud de factores que inciden sobre ésta y a la escasa disponibilidad de información al respecto. Los elementos a considerar son la frecuencia, capacidad, demanda, estacionalidad, elasticidad, tiempo de viaje, tarificación, puntualidad, y por último, pero no menos importante la competencia, en base a la apertura del sector al mercado.

En cuanto a la plantilla debe afirmarse que el personal destinado a atención al cliente, restauración y servicios a bordo, fue aumentando paulatinamente según se desarrollaba la red y se fortalecía la visión comercial del servicio. En la actualidad la situación no es tan halagüeña por el anuncio de una regulación de empleo, que finalmente no se ha llevado a cabo pero que ha sido sustituida por la promoción de bajas voluntarias, tratando de disminuir así el balance económico negativo de RENFE.

Considerando el análisis realizado en el capítulo 4, se verifica la hipótesis de que la red española de alta velocidad ha evolucionado rápidamente sobre todo desde comienzos del siglo XXI, destacando sobre países de su entorno, y sigue en crecimiento, aunque el nivel de demanda no registre los mismos resultados favorables. Igualmente se corrobora lo indicado en la tercera hipótesis, respecto a que en esta evolución hay que destacar las innovaciones aportadas por diferentes empresas españolas, como TALGO o CAF, con un reflejo evidente tanto en el contexto nacional (nuevo material rodante con colaboración española, aplicación de sistemas de ancho de vía variable, etc.) como en el internacional, siendo adjudicados diversos proyectos en esta materia.

Una de las aportaciones de la tesis a destacar es el análisis topológico de la red, considerando elementos propios de la Teoría de Grafos mediante la aplicación de índices de conectividad y accesibilidad, que determinan características intrínsecas de la misma y posibilitan su comparación con otras redes de alta velocidad del mundo.

El análisis realizado muestra que la importancia de cada nodo dentro de la red, depende más del número de destinos con los que está conectado que de su posición relativa en la misma. Existe una cierta peculiaridad al comparar centralidad con perifericidad, puesto que numerosos nodos más distales presentan mayores conexiones que otros con una posición más central, por ejemplo Barcelona o Valladolid.

El grafo principal comprende la práctica totalidad de la red exceptuando los nodos de Galicia, que configuran un subgrafo aislado del resto (en alta velocidad se refiere). Dentro del circuito principal Madrid cuenta con el carácter de nodo rector, como ya se indicó al exponer la estructura de la red. Para este capítulo debe destacarse su función central permitiéndole mayores posibilidades de conexión con todos los nodos, lo que a su vez le dota de valores de conectividad y accesibilidad más favorables.

Las cifras de accesibilidad de otros nodos dentro del grafo principal, mejoran gracias a la puesta en servicio de los by-pass y evitan así la entrada y parada en Madrid cuando no se trata del nodo fin de trayecto. También repercute en unos valores más favorables la existencia de conexión directa entre nodos no consecutivos, al haber determinados servicios que no realizan parada en todas las estaciones intermedias entre los dos puntos cabecera y fin de línea.

Un elemento clave a partir del cual pueden obtenerse algunas características de la red de alta velocidad es la frecuencia. Se trata de un factor complejo de establecer puesto

que varía según los enlaces, cambia a lo largo del tiempo y está muy relacionado con la demanda y su estacionalidad.

Un caso singular es el de Toledo, donde no sólo han disminuido las frecuencias entre los enlaces a los que estaba conectado, sino que muchos de estos han sido cancelados debido a la escasa demanda existente, por tanto, en la actualidad resulta un nodo mucho menos accesible siendo además necesario el paso por Madrid para realizar un trasbordo que le comunique con el tren deseado, aunque se desplace en dirección sur.

Se ha comprobado que se establece una relación directa y proporcional entre la frecuencia y la accesibilidad, de tal modo que en el eje principal dentro del grafo, con dirección suroeste-noreste, es donde se dan las mayores frecuencias y los valores de accesibilidad más positivos, en tanto que el resto de líneas y ramales se sitúan en un segundo plano para ambos factores. Dicho resultado denota que los valores de accesibilidad del subgrafo gallego se limitan exclusivamente a las conexiones entre sus nodos conformantes.

El estudio topológico expuesto en el capítulo 5 corrobora la hipótesis de que existe un gran dinamismo en la red española de alta velocidad, fruto del desarrollo experimentado a partir de una ambiciosa y continuada política de transporte orientada a este tipo de ferrocarril. Este desarrollo se traduce en unos valores de conectividad y accesibilidad muy contrastados, dependiendo de la importancia relativa de cada uno de los nodos sobre el resto.

Resulta asimismo indudable la influencia de la administración en la localización de algunas de las estaciones, y con ello del trazado de las rutas. Llama la atención la trayectoria curvilínea que dibuja la línea Madrid-Levante para comunicar las capitales de provincia manchegas que aún no estaban conectadas en alta velocidad: Cuenca y Albacete. En algunos tramos de otras redes, los trazados se sitúan relativamente paralelos a los de las infraestructuras viarias de alta capacidad, por ejemplo en una parte destacada de la línea Madrid-Barcelona-Frontera francesa. En este caso la línea de alta velocidad levantina realiza un gran rodeo desde el sur de Madrid, para dirigirse posteriormente en dirección noreste hacia Cuenca y a continuación retomar dirección sur hacia Motilla del Palancar. En todo ese tramo la autovía de Valencia (A-3) presenta una trayectoria mucho más rectilínea y por tanto el ahorro de tiempo en el ferrocarril - al menos en cuanto a diseño de trazado - no es demasiado significativo.

En el capítulo 6 se ha aplicado la recursividad de los modelos gravitatorios en el cálculo del flujo potencial máximo de viajeros, que puede existir en cada una de las relaciones directas posibles dentro de la red de alta velocidad ferroviaria.

Previo al análisis de los resultados obtenidos, la caracterización de las variables consideradas ratifica rasgos identificativos de dicha red y permite añadir otros nuevos.

La distribución de la masa demográfica por ejemplo presenta un desequilibrio centro-periferia notable, tal como se refleja en los análisis de conectividad y accesibilidad realizados, a excepción de Madrid y en menor medida Zaragoza y Valladolid.

Madrid es el nodo emisor y receptor de flujos más importante de toda la red y su influencia es visible a todas las escalas. Su dinámica demográfica se caracteriza por una cierta estabilidad, no así la de algunas provincias limítrofes como Toledo o Guadalajara que presentan una clara tendencia positiva fruto sobre todo de beneficiarse de la difusión de actividades económicas, fundamentalmente industriales y de servicios, provenientes de Madrid. En términos topológicos la influencia es más reseñable en los nodos con estación, como las ciudades de Toledo y Guadalajara, que a nivel provincial.

Esta difusión de actividades desde Madrid también afecta a provincias no limítrofes como Ciudad Real. Desde una perspectiva político-administrativa no comparten fronteras, pero sí son consecutivas desde una óptica topológica. Existe enlace directo entre Madrid y Ciudad Real y además el tiempo de trayecto es reducido, menor a una hora. Puede decirse que para este enlace existe un destacado efecto túnel, ya que es común un tiempo de viaje de una hora dentro de la Comunidad de Madrid o incluso

dentro de la propia capital, mientras que en este caso y para la misma duración se trata de un desplazamiento dentro de dos provincias que no comparten fronteras administrativas. Como puede deducirse para este enlace, el tren pasa por la provincia de Toledo, pero no realiza parada, por lo que tanto su capital como a priori la provincia no se benefician de este servicio.

Los desequilibrios demográficos del país no se dan sólo entre el centro y la periferia sino también a otras escalas. En las provincias que cuentan con dos estaciones de alta velocidad a nivel provincial, existen algunas de éstas donde la capital y el otro nodo con estación presentan cifras relativamente similares de población. Es el caso de la propia Ciudad Real y Puertollano, con una proporción del 14,4 % y el 9,9 % sobre el total de la provincia respectivamente, o el de Gerona y Figueras, con un 13 % para la capital y un 6 % para el municipio más septentrional. En el otro extremo se hallan Zaragoza y Calatayud. La macrocefalia de la capital aragonesa es la más destacada de toda la red, con más de un 70 % del total demográfico de su provincia, mientras que Calatayud apenas supera el 2 %.

A nivel de municipios los contrastes son aún mayores. Madrid es el nodo más poblado, con una cifra superior a los 3 millones de habitantes, seguido de Barcelona con 1,6 millones aproximadamente y otras ciudades también periféricas como Valencia, Sevilla o Alicante. En el lado opuesto se halla Tardienta, municipio oscense con masa demográfica en torno al millar de habitantes.

Según líneas también se observan notables diferencias. La dinámica demográfica más positiva en general se da en el eje principal del grafo, desde Sevilla y Málaga hacia Barcelona y Figueras. Dichos valores favorables añaden otra semejanza respecto al análisis del capítulo 5 relativo a la frecuencia, la conectividad y la accesibilidad.

La distancia muestra como conclusión más reseñable, que el espacio medio existente entre dos estaciones es de 87,7 kilómetros, cifra que es consecuencia de las políticas de transporte llevadas a cabo en España, sobre todo desde la entrada en vigor del Plan de Infraestructuras de Transporte (2000-2007), que abogaba por la conexión en alta velocidad de todas las capitales de provincia.

A mayor número de paradas es evidente que la distancia media entre ambas decrece, lo que dificulta poder aprovechar las ventajas que ofrece este modo de transporte, en especial desde un punto de vista dinámico y de favorecer la eficiencia de la red a nivel económico, social o territorial.

Con el cálculo de los coeficientes gravitatorios, paso previo a la aplicación de la ecuación del modelo, se continúa con el mismo planteamiento en referencia a situar a Madrid como nodo central, con mejores valores de conectividad o accesibilidad y también con un coeficiente de gravitación superior al del resto de nodos.

Los valores de los respectivos coeficientes se hallan más condicionados por las cifras de masa demográfica que por la distancia. Los coeficientes mayores se localizan en los dos grandes nodos de la red, Madrid y Barcelona, junto a sus nodos consecutivos sobre todo Madrid-Toledo, Barcelona-Tarragona, Barcelona-Gerona y Madrid-Guadalajara. Por el contrario, la gravitación de núcleos no capitales o con reducida población es muy baja, haciendo referencia en la mayor parte de los casos a municipios del interior peninsular.

Un mayor coeficiente gravitatorio no implica indefectiblemente un volumen potencial de viajeros mayor. Los valores más altos calculados se dan en los enlaces entre nodos cabeceras y finales de línea, más que en conexiones entre nodos consecutivos.

La aplicación del modelo gravitatorio ha resultado ser una compleja tarea, debido a la necesidad de realizar una aproximación progresiva a nivel de formulación para poder obtener resultados coherentes.

De igual manera, la diversidad de nodos existentes y la complejidad a la hora de definir a cuánta población puede dar servicio una determinada estación, ha obligado a

establecer una tipología de enlaces según el dato a considerar y otra posterior discriminando entre dos umbrales: uno para la población (un millón de habitantes) y otro para la distancia (300 kilómetros), al ser los que figuran en el Observatorio del Ferrocarril 2013 para diferenciar entre servicios ferroviarios de Media y Larga Distancia.

De los cuatro grupos resultantes el más representativo es el tipo 1, que comprende los enlaces cuya suma de masas demográficas es mayor al millón de habitantes y cuyos nodos están separados por una distancia de al menos 300 kilómetros. Este grupo comprende enlaces tales como Madrid-Barcelona, Madrid-Valencia, Madrid-Sevilla, Madrid-Alicante, Zaragoza-Barcelona, etc., es decir, se corresponden con las conexiones más representativas de la red de alta velocidad española. Son también las más fácilmente comparables con los datos reales porque cuentan con niveles de demanda potencial y real superiores. Como se ha indicado anteriormente, ninguno de estos enlaces son los que registran los valores más altos de la red en cuanto a coeficiente gravitatorio.

Llegados a este punto, de los doce enlaces analizables deben hacerse las siguientes consideraciones:

La demanda potencial resultante es mayor a la real. Esto debe entenderse a priori como un rasgo positivo pues en el cálculo se manejan valores máximos de demanda. Dentro de esta idea, hay que señalar a su vez que existen importantes contrastes según los enlaces respecto a la proporción entre el flujo potencial y el real.

Los mayores ajustes se dan en conexiones entre nodos no consecutivos, más concretamente en los enlaces entre Madrid y los finales de línea del sur, Madrid-Sevilla y Madrid-Málaga, seguidos por Madrid-Valencia y Madrid-Barcelona, todos ellos con una proporción de demanda real frente a la potencial que supera el 50 %. Por el contrario, en las conexiones con nodos intermedios el ajuste es menor: son los casos de Madrid-Albacete, Madrid-Lérida y Madrid-Tarragona.

Se desconoce si en dichos resultados puede tener alguna influencia el hecho de que en el Observatorio del Ferrocarril aparezcan los tráficos de AVE y Larga Distancia agregados. De igual manera en dicha fuente se recoge que los datos son para ambos sentidos al igual que se ha realizado en la tesis, aunque existe una cierta confusión en cuanto a si se cuantifican sólo los datos entre enlaces directos o no.

En lo que respecta a los datos reales, la implantación del tren de alta velocidad ha supuesto un incremento de la demanda de viajeros para el corredor en cuestión, aunque después el crecimiento no es continuo para todos los casos.

El más reseñable es el del enlace Madrid-Valladolid, en el que tras la puesta en servicio del nuevo tren y el incremento de demanda registrado el primer año, el descenso del número de viajeros ha sido muy notable. Posiblemente esté relacionado con el hecho de que es el enlace que conecta nodos más próximos de los doce comparados, con una distancia que resulta escasa para que un servicio de alta velocidad ferroviaria establezca importantes diferencias en cuanto a tiempo respecto a otros modos. Se trata pues del corredor enlazado con Madrid que presenta una dinámica menos favorable y se espera que tras la apertura completa de la línea Madrid-norte su situación mejore.

Los gráficos de dispersión incluidos señalan la existencia de una mayor correlación entre demanda de viajeros y masa demográfica, tanto a nivel potencial como real, que entre demanda y distancia. Por tanto, la intensidad del flujo de viajeros es más dependiente de la población considerada, que de la distancia espacial que separa dos núcleos.

Haciendo referencia a la línea Madrid-norte, puede augurarse que su materialización al completo conlleve cambios en la distribución de resultados del modelo de demanda, al menos a nivel potencial, así como en los de los coeficientes gravitatorios, especialmente los correspondientes a los nodos integrantes de dicha línea. Resulta más difícil determinar su alcance a nivel real, tanto en nivel de tráfico como en el reparto modal de la ruta. En principio debería tener cierta impronta, al menos el enlace que conecte Madrid con las paradas gallegas, puesto que se situaría en un umbral de distancia

idóneo para la mayor parte de los autores señalados en la tesis (entre 300 y 750 kilómetros aproximadamente).

En cuanto a la otra variable aplicada, la masa demográfica, cualquier cambio que se produzca en su dinámica tendrá influencia en el modelo, que dependerá de su intensidad. La casuística también podrá cambiar en función de esta variación y con ello la caracterización última de la red.

Desde la implantación del tren de alta velocidad en un corredor determinado, la evolución general ha sido la de registrar significativos aumentos del flujo de pasajeros, según los datos aportados por el Observatorio del Ferrocarril 2013, de tal forma que se corrobora la hipótesis de que el transporte ferroviario en alta velocidad nacional ha evolucionado rápidamente, destacando sobre otros países de su entorno. Su expansión continúa en plena vigencia gracias al Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (2012-2024), pese a que la coyuntura económica atravesada desde 2007 haya afectado también a los tráficos, como se demuestra en la conexión Madrid-Valladolid.

Los efectos que este tipo de trenes pueden producir a nivel económico, social, ambiental y en definitiva territorial, dependen de multitud de factores, algunos intrínsecos a la alta velocidad, otros dependientes de la estrategia llevada a cabo por las diferentes administraciones con competencias al respecto en las fases de planificación, construcción y mantenimiento de la infraestructura y material rodante. Al mismo tiempo, cabe reseñar que es decisivo también el contexto espacial en que se inserta dicha infraestructura.

Transporte y movilidad son dos conceptos habitualmente muy interrelacionados. En los últimos tiempos por el incremento de las infraestructuras y con lapsos más cortos en los recorridos entre núcleos alejados, pero con mejores conexiones de transporte, junto al abaratamiento general de las tarifas, se están generando mejores niveles de accesibilidad tanto a escala regional, nacional como transnacional.

Este cambio implica una nueva fase en la evolución de la movilidad, la denominada hipermovilidad, auspiciada por la asociación entre libertad y "derecho" a la movilidad conectado con el "derecho a una accesibilidad mínima", convirtiéndose éste en el "derecho a las infraestructuras" pero no a cualquier infraestructura, sino a las que en cada momento puedan ser consideradas como "imprescindibles" y propias de un territorio "moderno". En esta línea argumental la construcción de líneas de alta velocidad junto a aeropuertos y autovías, está propiciando un cierto sentimiento de "derecho" a las infraestructuras de transporte, defendido especialmente desde el plano político.

También en relación con el transporte y la movilidad se sitúa la demanda. Para el tren de alta velocidad este factor es un elemento clave. Dicho modo de transporte se relaciona con la creación de la denominada demanda inducida, aquella que no se produciría si no existiera un modo de transporte en cuestión, en este caso el tren de alta velocidad.

Como planteamiento contrario al anterior se encuentra la estimulación de los valores de cercanía y proximidad, compartida por diferentes autores y colectivos. Se crearía entonces una demanda local que necesita un tiempo de desplazamiento muy reducido para dirigirse al lugar de trabajo o para satisfacer las necesidades de acceso a bienes y servicios. Bajo esta óptica existe otra disyuntiva en relación a cómo actuar con la demanda: fomentarla, regularla o disminuirla, con los mismos planteamientos contrapuestos que respecto a la movilidad.

En cuanto a la cuota de mercado el ferrocarril presenta una situación poco favorable respecto al resto de modos, tanto en pasajeros como mercancías, de ahí que uno de los objetivos fundamentales sea su revitalización y mejorar su competitividad respecto al resto de modos.

Haciendo referencia expresa al tren de alta velocidad, presenta unos umbrales de competitividad para las distancias espacial y temporal de viaje que resulta muy variable según autores, por lo que no existe consenso en cuanto a su fijación, con

posicionamientos que se sitúan desde poco más de 100 kilómetros de distancia hasta 500 o incluso 1.000.

La mejora de la competitividad puede implicar un efecto de sustitución sobre otros modos, particularmente el transporte aéreo y el ferrocarril convencional. El de alta velocidad es más capaz de atraer viajeros de otros modos que de generar demanda nueva o inducida.

En otros países como Francia se pretende ahora buscar más complementariedad que competencia entre los modos. Por un lado, en base a la creación de estaciones intermodales que alberguen parada de TGV más aeropuerto, algo de lo que España carece a fecha de julio de 2015, y por otro, mediante conexiones que enlacen la red convencional a la de alta velocidad extendiendo así sus beneficios a nodos no conectados directamente a ésta. Italia y Japón, también han apostado por fomentar la interoperabilidad entre ambos tipos de redes ferroviarias.

Tampoco puede garantizarse plenamente que la implantación de una infraestructura sea una inversión rentable. De hecho, para determinar dicha rentabilidad se requiere el análisis de multitud de factores, tal como sucede con la alta velocidad.

En España aparecen en diversas ocasiones divergencias y discordancias entre el análisis económico y las políticas de transporte, incluso de carácter antagónico. La determinación tan clara existente en cuanto al fomento de la red de alta velocidad ferroviaria, viene generando una gran controversia. La mayor parte de los proyectos requieren para su rentabilidad una elevada densidad de tráfico que sólo aparece justificada en determinados corredores, debido al carácter indivisible e irrecuperable de las inversiones en infraestructura de alta velocidad. Dichas afirmaciones son compartidas por significados especialistas que han tratado la alta velocidad en España.

Los discursos críticos en relación a los costes y a la carencia de análisis de rentabilidad con un cierto grado de profundidad, coinciden en cuestionar la rentabilidad socioeconómica de este tren, incluso el Tribunal de Cuentas indica las deficiencias en la gestión de la red de alta velocidad e insta a aplicar el principio de racionalidad en la ejecución del gasto público.

En España existe un déficit de proyectos que incluyan un análisis suficientemente pormenorizado y complejo de la viabilidad socioeconómica de los proyectos de alta velocidad, o en su caso muestren las deficiencias existentes a la hora de planificar la red.

Resulta fundamental la aplicación de un Análisis Coste-Beneficio como criterio de decisión, pues se tiende a sobreestimar la demanda y a subestimar costes como los de oportunidad, planificación, construcción, mantenimiento, etc., sin valorar debidamente la incidencia de otros actores intervinientes que influyen o pueden influir en éstos, como usuarios, operadores, administradores, etc.

Hay que tener en cuenta, además, que recopilando los datos de ocupación, los estándares indicados por la Unión Europea para la demanda mínima de tráfico (6,5 millones de viajeros anuales) resultan difíciles de alcanzar en España, debido a factores como el nivel de movilidad y también la densidad de población.

Para una política de transporte más acorde, eficiente y ajustada a las necesidades reales, no sólo debe considerarse la dotación de infraestructuras, sino también la propia estructura del sistema de asentamientos, la localización de los principales centros de producción y consumo y las condiciones del mercado de trabajo, así como un análisis pormenorizado de costes.

No deberían aceptarse proyectos cuyo índice de ocupación previsto sea menor al indicado por la Comisión Europea y sí basarse en previsiones reales de demanda. Bien puede decirse que el propio sistema de ciudades en España, determina que las potenciales relaciones rentables en ferrocarril sean escasas.

En 2013, considerando la coyuntura económica existente a nivel nacional y con objeto de incentivar la demanda, extender la utilización del nuevo tren intentando separar gradualmente la asociación entre ferrocarril de alta velocidad como ferrocarril elitista y mejorar su rentabilidad socioeconómica, RENFE Operadora ha modificado sustancialmente su estrategia comercial. Han sido introducidos elementos de las políticas tarifarias aéreas y el *yield management* acuñado por las compañías aéreas americanas en la década de los setenta, con unas promociones más extendidas temporalmente y más variadas con prevalencia de las de enfoque lúdico, más posibilidades para la adquisición del billete y precios más bajos. De igual manera se ha creado una página web (www.altavelocidad.org) y una revista homónima, que muestran las virtudes y ventajas de viajar en este modo de transporte, como soporte publicitario.

Se pretende acortar la distancia con el transporte aéreo, tanto en la estrategia comercial como en el volumen de tráfico, puesto que sigue existiendo una sensación bastante extendida de que el tren de alta velocidad es un modo de transporte selectivo y minoritario.

La nueva estrategia de tarifas de RENFE ha suscitado diversas críticas en distintas direcciones. Las compañías que operan líneas regulares de autobuses muestran su descontento puesto que con una promoción concreta y cierta antelación en determinadas ocasiones, el precio final del billete en tren puede resultar más barato que el de autobús. Por otro lado en el actual escenario incipiente de liberalización del transporte ferroviario de pasajeros, los operadores candidatos muestran su desconfianza respecto a RENFE, debido a las modificaciones tarifarias tan profundas y el momento concreto en que se han llevado a cabo.

Los cambios a nivel de precios pueden tener su efecto del mismo modo en cuanto al desarrollo turístico. Resulta difícil determinar hasta qué punto el crecimiento de la red de alta velocidad incide positivamente en éste. El nuevo tren se halla muy ligado a la denominada demanda inducida, que aumenta el flujo de potenciales clientes. Pero por sus propias características, sobre todo respecto a la velocidad, el número de pernoctaciones suele resentirse y también lo hace entonces la demanda de servicios hoteleros.

Llegados a este punto tiene plena actualidad el debate entre el ferrocarril de alta velocidad y su "utilidad" societaria, entendiéndose por ello que sea utilizado por un número relevante de los potenciales clientes que se muevan en una relación dada.

En este contexto se sitúa la disyuntiva de si seguir apostando por mejorar el transporte ferroviario en base a las inversiones en alta velocidad, o bien hacerlo a partir de su focalización en el ferrocarril convencional. Pese a considerar que la inversión en el nuevo tipo de tren implica unos altos costes y multitud de incertidumbres, eso no significa que la inversión en ferrocarril no sea necesaria.

Existen por un lado diferentes puntos de vista aglutinados en la defensa de la construcción de nuevas líneas, como posibilidad más factible de hacer frente a los avances instaurados en otros modos. Por ejemplo, la planificación realizada en España en materia de transporte ferroviario, se posiciona más por la nueva construcción que por la mejora.

Se hallan por otra parte valoraciones que defienden que el coste de las nuevas líneas no aconsejaría la inversión en nuevas secciones, siendo más eficiente recurrir a la modernización de las existentes y adaptarlas para posibilitar circulaciones a velocidad alta.

Según disminuye la escala de un desplazamiento, el mensaje de estimar la conveniencia o no de construir nuevas líneas en alta velocidad cobra mayor incidencia, pudiendo abarcar consideraciones tanto económicas como sociales y espaciales, convirtiéndose incluso en medidas disuasorias en ámbitos comarcales o regionales, donde se apuesta más claramente por el tren convencional y la mejora de su red.

En España se da un hándicap particular que debe ser considerado a este respecto, que no es otro que el ancho de vía. Las líneas convencionales mejoradas para alta

velocidad, que pueden suponer una mejora en la totalidad de la red de transporte, no han supuesto un beneficio que pueda aplicarse de forma directa al conjunto de España, debido precisamente al distinto ancho de vía.

Lo cierto es que cada corredor constituye un caso específico y no puede haber soluciones apriorísticas de carácter universal. En función de las características propias de cada corredor se debe buscar la solución más adecuada.

Para trayectos cortos como por ejemplo Madrid-Toledo, con un servicio eficiente de cercanías el trayecto está cubierto y con unos incrementos de tiempo que pueden considerarse admisibles para la mayor parte de la población. Si se pretende que sea un tren "social" para todos, las inversiones proyectadas para ahorros de tiempo tan pequeños y el correspondiente sobreprecio no son el mejor estímulo para su uso. En ese sentido, puede resultar positiva la eliminación de servicios AVE para dicho enlace y la cobertura total a través de los Avant.

Como ya se ha indicado con la nueva estrategia comercial de RENFE Operadora, se busca un tren de alta velocidad que sea utilizado por una parte de la población. Para ello es necesario aparte de disminuir los precios, ofertar mayores frecuencias y mejor flexibilidad. Es llamativo por el caso de la Tarjeta Plus de RENFE, esta forma de pago destinada a los servicios Avant, no puede emplearse en trenes de inferiores prestaciones.

Para la planificación de un proyecto de alta velocidad es recomendable la realización de un análisis de rentabilidad social o la inclusión de medidas para lograr mejorar dicho factor. Se ha señalado que en España los grandes proyectos de alta velocidad han de decidirse tras un exhaustivo análisis de su rentabilidad social (pública) y económica (privada). Una clara línea divisoria separa en muchos casos ambas rentabilidades, de forma que el atractivo social suele ser muy superior al económico. Se destaca pues la necesidad de aplicar criterios de rentabilidad social además de económica a la hora de su planificación.

En el Plan Extraordinario de Infraestructuras (PEI), se expone sin embargo cómo lograr una mayor rentabilidad económica para sus objetivos, explicando los métodos de concertación entre el capital público y el privado, pero se sigue tratando con cierta ambigüedad las medidas destinadas a lograr una mayor rentabilidad social.

A nivel territorial las infraestructuras de transporte no garantizan en sí mismas el desarrollo y la integración de un determinado espacio, pero pueden establecer unas oportunidades territoriales derivadas de la accesibilidad, conexión e interrelación, aumentando su potencial competitividad respecto al entorno. De esta forma contribuyen a producir efectos sobre todo el territorio, bien sea en positivo mediante la vertebración e integración del espacio a diferentes niveles o en negativo con fenómenos de polarización, de succión de actividades, etc.

Puede observarse que existen ciudades como Gerona, con un importante crecimiento demográfico para el periodo 2008-2014 y una estación de alta velocidad inaugurada en 2013, por tanto, la dinámica demográfica positiva es previa a la implantación del tren. Por el contrario, otra ciudad cuya estación fue inaugurada en el mismo año que el comienzo de dicho periodo de estudio (2008), presenta una dinámica netamente negativa, este sería el caso de Valladolid.

También hay casos con dinámica positiva y que ya se beneficiaban de la estación, como por ejemplo Lérida, Guadalajara o Ciudad Real, y otros con tendencia negativa como Calatayud. Puede concluirse que no tiene por qué ser intrínseca la puesta en marcha de un nuevo servicio de alta velocidad por causa del crecimiento demográfico.

Según lo expuesto por un numeroso grupo de autores, es necesario dudar de la capacidad estructurante a nivel territorial del tren de alta velocidad únicamente por su presencia, puesto que sólo mueve aquello que ya se mueve con anterioridad.

Conviene destacar la relación entre la alta velocidad y el crecimiento urbanístico. Existe un cierto carácter conflictivo entre el ferrocarril y la ciudad, o expuesto de otra forma, una disociación entre las políticas ferroviarias y las urbanísticas, siendo más un obstáculo a solventar para el crecimiento de la ciudad, el denominado “efecto barrera”, que un componente característico de lo urbano.

En muchos casos para la integración de la nueva infraestructura en estos entornos se ha optado por soluciones maximalistas, lo que ha supuesto la transformación urbana de mayor envergadura en la historia de algunas ciudades como Ciudad Real o Figueras.

Estas modificaciones generan expectativas de dinamización socioeconómica en cuanto a la recalificación de suelo y al aprovechamiento para diferentes actividades de la nueva superficie disponible, que no siempre se han cumplido. Casos paradigmáticos son los del aeropuerto de Ciudad Real, el conjunto residencial de Valdeluz en Guadalajara, el proyecto Segovia 21, etc.

Se señala también la necesidad de localizar las estaciones de alta velocidad en emplazamientos céntricos en la medida de lo posible, integrando urbanísticamente la nueva infraestructura e intentando ejecutarla por ejemplo mediante opciones minimalistas, como a través de pasos inferiores o superiores. La idea no es tanto expandir el núcleo urbano, con posibilidad de crear nuevos barrios aislados o con déficit de servicios, sino fortalecer un tejido urbano compacto y continuo, ya que además una política de planificación basada en la ubicación periférica de las estaciones puede penalizar la demanda potencial del ferrocarril, por mucha mejora que se produzca en la velocidad del servicio.

Desde un punto de vista demográfico, a mayor tamaño de población de una determinada aglomeración urbana con estación de alta velocidad, a priori puede darse una mayor capacidad de atracción de inversiones. De igual manera si se aumenta el número de paradas que el tren realice, esos efectos pueden extenderse a núcleos más reducidos y a territorios con densidad demográfica menor.

En la realidad es más frecuente el “efecto bombeo”, en el cual el núcleo de población que cuenta con estación es el que más dinámico se muestra, incluyendo la succión de las actividades realizadas en núcleos próximos pero que no cuentan con una estación. El efecto global puede ser positivo sin embargo con un nivel de análisis más profundo, no tienen por qué existir beneficios para la región pobre, ya que además para una empresa puede resultar más barato concentrar su actividad en el núcleo con estación que localizarla en otro territorio cercano, pero menos desarrollado.

Para que las ciudades intermedias puedan salir más beneficiadas por la presencia del tren de alta velocidad es importante apostar por la intermodalidad, al objeto de que puedan consolidar su posición como nodos dentro de la red de alta velocidad.

Se trata de una labor difícil puesto que son necesarios acuerdos entre las diferentes instituciones para crear complementariedad con la red de alta velocidad, en vez de fenómenos de competitividad. Las administraciones local y regional pujan por conseguir una estación de alta velocidad, pero una vez lograda la predisposición a dotar a dicha estación de servicios complementarios imprescindibles como autobuses, paradas de taxi, aparcamientos, etc., es menor. Las consecuencias de esta falta de colaboración de la administración local, es especialmente palpable en estaciones situadas en algunas ciudades medias o pequeñas.

Otra consecuencia a destacar es el “efecto túnel”. La necesidad de realizar escasas paradas provoca que el tradicional “efecto corredor” creado por el ferrocarril convencional se sustituya por este efecto túnel, que supone un nuevo tipo de configuración espacial.

Este nuevo espacio generado ahora se compone de “islas” de mayor accesibilidad y un territorio circundante de mayor o menor extensión con accesibilidad más reducida, denominado “áreas sombra”, que actúan como un mero soporte de la infraestructura, ya que el tren pasa, pero no efectúa parada, por lo que además su actividad económica

previa puede verse absorbida por el núcleo más accesible y con estación, denominado isla en este caso.

Este conjunto de islas y áreas sombra conforman un espacio discontinuo y polarizado, que se contrae en las islas ya que la mayor accesibilidad acorta los tiempos de viaje con el resto de la red, expandiéndose luego en las áreas sombra por el efecto contrario.

A la vista de estos procesos el objetivo rector de lograr mayor equidad y cohesión territorial mediante el tren de alta velocidad, puede decirse que no se encuentra próximo a ser alcanzado.

La expansión de este tren ha forzado al replanteamiento de numerosas líneas consideradas altamente deficitarias, según un estudio de INECO publicado en 2013, al igual que el que se realizó en 1985, con el cierre de diferentes corredores y tramos debido a su escasa demanda. De todas formas, no debe olvidarse que a mediados de los ochenta el sector ferroviario comenzaba a reformarse, no sólo a través del cierre de líneas deficitarias, sino también reorientándose para la creación de una futura red de alta velocidad.

Pese a que el estudio de INECO se centra en líneas convencionales, la alta velocidad no ha estado exenta de cancelaciones de servicios. Hay que señalar el cierre de la relación Toledo-Cuenca-Albacete, debido a su escaso tráfico de viajeros. Además, a nivel de planificación el proyecto primigenio del AVE Madrid-Lisboa ha sido reformulado para denominarse Madrid-Extremadura-Frontera portuguesa, dada la negativa del gobierno luso a participar en la construcción del tramo correspondiente en su territorio hasta la capital.

Este hecho permite invalidar parte de la cuarta hipótesis planteada en la tesis, en el sentido de que el tren de alta velocidad no va a constituir, al menos de cara a un futuro próximo, un aporte apreciable al tejido territorial entre España y Portugal debido a que la red finalizará en la frontera extremeña, pudiendo proseguir en vía convencional y a velocidad menor hasta la capital lusa.

Para las otras dos rutas referidas en dicha hipótesis, la conexión con el norte de África a través del estrecho de Gibraltar y el desarrollo de alta velocidad en Marruecos, la situación no es tan negativa. La red de alta velocidad marroquí se encuentra en ejecución mientras que el enlace por el estrecho se halla más retrasado, todavía aún en fase de planificación. El aporte a la conectividad con el norte de África, aún debe esperar un tiempo que se prevé prolongado.

La conexión con Francia a partir de la línea en ancho estándar Barcelona-Figueras-Perpignan sí es un hecho ya, tras quedar inaugurado dicho corredor en 2013, lo que posibilita trayectos directos desde Barcelona y Madrid hacia territorio galo.

Las implicaciones ambientales del tren de alta velocidad suponen otra de las facetas que tras la revisión de la literatura consultada, permiten constatar que las posibilidades de análisis son amplias así como las metodologías, contenidos y también los resultados, de tal forma que son difíciles de unificar y aportan conclusiones en ocasiones divergentes o incluso contrapuestas.

Dentro de los costes externos el nivel de emisiones y el consumo energético es la temática más referida, viéndose influidos por multitud de factores: velocidad, tipo de tren, modo de obtención de la energía, índice de ocupación, aprovechamiento, ruta, etc., así como la metodología utilizada para su análisis, ya que hay que tener en cuenta que deben cuantificarse también las emisiones de CO₂ durante el periodo de construcción.

La velocidad es uno de los factores que deben destacarse, de tal forma que si aumenta, disminuye el tiempo de viaje como hecho razonable puesto que se necesita menos tiempo para recorrer la misma distancia, aumentando los costes de este modo en una proporción cada vez más acusada. Es la denominada ruptura funcional del ferrocarril.

Teniendo en cuenta esta premisa resulta recomendable plantear al menos como posibilidad, la inversión en ferrocarril convencional si las ventajas asociadas a un tren de alta velocidad no resultan demasiado patentes. Es obvia la necesidad de conocer el contexto territorial para determinar cuál es la mejor opción, en cuanto a la estructura de asentamientos, existencia de paisajes naturales protegidos, orografía, usos del suelo, longitud de la ruta, adecuación o no de la realización de obras públicas adicionales, etc.

El consumo energético también depende de la demanda existente, en cuanto al índice de ocupación y el aprovechamiento. No consume lo mismo un tren lleno que otro con baja ocupación. El consumo de energía y las emisiones tanto por viajero como por viajero y kilómetro son mucho más contenidos en el caso de unos altos índices de ocupación y aprovechamiento, lo que resulta más barato en los planos económico y medioambiental.

Con la medida de dichas emisiones en función de distintos porcentajes de aprovechamiento según modos, se llega a la conclusión que el tren de alta velocidad, circulando a 350 km/h es el modo más contaminante de los analizados, todo lo contrario que otro tren circulando a 225 km/h.

El tren de alta velocidad consume una mayor superficie de suelo que el convencional. Por sus propias características la plataforma debe ser más ancha para evitar las succiones en los cruces, con mayor área de dominio público, área de protección y un límite para la edificación más amplio.

Los estudios sobre la contaminación acústica son más aislados e incompletos. Al contrario que sucede en una infraestructura viaria, el tren sólo emite ruido cuando pasa. Este es un factor escasamente referido a nivel de planificación.

Se ha señalado la conveniencia de incluirlos en un Análisis Coste-Beneficio, y dentro de este factor existen diferentes subfactores que no suelen aparecer en dicha técnica analítica, como por ejemplo los efectos del ruido a nivel de coste de oportunidad o sobre la naturaleza. No obstante, sí suelen hacerse más alusiones en cuanto a las medidas a adoptar para la prevención y/o la corrección o mitigación del impacto acústico, lo que a priori puede parecer una contradicción.

Actualmente se da una compleja dualidad: se pretende seguir creciendo económicamente para aumentar el nivel de vida de los ciudadanos, lo cual se ha asociado al auge del transporte en la era global, y a la vez se desea reducir la congestión, el ruido, la contaminación, la intrusión visual, el efecto barrera, etc.

La propuesta de la Comisión Europea para conciliar estos planteamientos ciertamente opuestos o antagónicos, consiste en "romper el vínculo entre el crecimiento económico y del transporte sin restringir la movilidad, mediante un uso más eficiente de los recursos". Las medidas para conseguirlo combinan estudios de impacto ambiental para los proyectos de infraestructuras, internalización de sus costes externos, revitalización de modalidades de transporte diferentes a la carretera e inversión selectiva en la Red Transeuropea de Transporte.

Respecto a los proyectos de dicha Red Transeuropea ya se ha hecho referencia expresa al principio de estas conclusiones, discriminando entre los pertenecientes a la red prioritaria y a la red global.

En cuanto a la Evaluación Ambiental en España se ha incluido el denominado Informe de Sostenibilidad Ambiental (ISA), para el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (PEIT) y el Plan de Infraestructuras de Transporte y Vivienda (PITVI), sin embargo ha generado muchas críticas por su cierta ambigüedad e imprecisión, hecho que dificulta tanto el análisis como la aplicación.

La internalización de los costes externos se lleva a cabo a nivel comunitario a través de instrumentos reguladores como la normativa Euro, y medidas fiscales como el cobro de cánones y peajes, junto al apoyo para el incentivo del uso de modos alternativos a la carretera, sobre todo el ferroviario. A lo largo de esta tesis se ha podido evidenciar el

apoyo al impulso del sector ferroviario a escala comunitaria y nacional, siendo medidas considerables como acertadas aunque difíciles de evaluar, tanto a nivel comunitario como nacional.

La tesis doctoral abarca una gran amplitud de temáticas relacionadas con la alta velocidad. Por ello, las líneas de investigación que pueden desarrollarse a posteriori son también muy diversas.

Una de ellas es la comparación con otros modos de transporte, especialmente significativo puede ser el análisis alta velocidad-transporte aéreo, teniendo en cuenta las rutas que ofertan, la demanda que atraen, las tarifas y descuentos que promocionan, etc.

Otra puede ser la liberalización del sector ferroviario, pues es una temática que sigue estando de plena actualidad al hallarse en proceso de ejecución y con distintos grados de desarrollo según los países.

En relación con el análisis gravitatorio aplicado en la utilización de la variable distancia, ésta se configura como un factor a considerar con más profundidad, tanto como su combinación con la variable población, puesto que en conjunto permiten obtener unas primeras interpretaciones sobre el volumen potencial de demanda para cada uno de los enlaces de la red objeto de estudio, así como su evolución futura. Sin embargo, no debe considerarse como el único factor determinante del gradiente de flujos.

Se trata pues de un modelo de evaluación potencial en un momento social de equilibrio y con un concepto isotrópico, con masas demográficas brutas, que puede ajustarse a futuro con nivel de renta familiar disponible, volumen de personal de negocios, índices de natalidad y mortalidad empresarial, etc. Podría valorarse también el impacto de la atracción turística, comparándolo con los tráficos actuales y cuotas de mercado por modos.

También pueden resultar de especial interés las facetas que integran el capítulo 7, en este caso las afecciones relacionadas con el tren de alta velocidad. No se pueden desarrollar con más detalle en este momento ya que excederían la dimensión prevista inicialmente para la tesis, pero a futuro se podrá profundizar en tan controvertida problemática.

BIBLIOGRAFÍA

- ADEY, P. (2009): "Mobility. Key ideas in Geography". Nueva York, Londres. Routledge, 267 pp.
- AHLFELDT, G. y FEDDERSEN, A. (2010): "From periphery to core: economic adjustments to high speed rail". Working paper London School of Economics & University of Hamburg, 64 pp.
- ALBALATE, D. y BEL, G. (2010): "Cuando la economía no importa: auge y esplendor de la alta velocidad en España". *Revista de Economía Aplicada*, nº 55, pp. 171-190.
- ALBALATE, D. y BEL, G. (2012): "High speed rail. Lessons for policy makers from experience abroad". *Public Administration Review*, 72 (3), pp. 336-349.
- ALBALATE, D. y BEL, G. (2015): "La experiencia internacional en alta velocidad ferroviaria". FEDEA, Universitat de Barcelona, 82 pp.
- ALCOVER, M. et al. (2012): "Estudio de repercusiones de las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad en obras de permeabilización de la red ferroviaria de interés general española". Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Railway R & D, pp. 21-36.
- ÁLVAREZ, O. y HERCE, J. A. (1993): "Nuevas líneas ferroviarias de alta velocidad en España y sus efectos económicos". *Revista de Economía Aplicada*, nº 1, vol. 1, pp. 5-32.
- AMADOR, J. (2014): "Renfe publica las cifras del caos ferroviario español". Artículo publicado en "Preferente", noticias de turismo para profesionales, 10 de mayo.
- AMORÓS, M. (2003): "Contra el despotismo de la velocidad". *Encyclopédie des Nuisances*. Virus, 56 pp.
- ANDERSON, J. E. y VAN WINCOOP, E. (2003): "Gravity with Gravitas: A solution to the Border Puzzle". *American Ec. Review*, 93, 1, pp. 170-192.
- ANDERSON, J. E. (2011): "The Gravity Model". Boston College and NBER, 45 pp.
- ANTOLÍN, J. E. (2000): "El debate del tren de alta velocidad dentro del sistema ferroviario vasco". *Euskonews & media* 80, nº 6-2, pp. 5-26.
- ANTÓN, F. J. (2008): "Apuntes sobre la Política de Transportes de la Unión Europea: PCT, PCIT y RTE-T". Universidad Complutense, 15 pp.
- ANTÓN, F. J. (2013): "Redes de transporte, articulación territorial y desarrollo regional". *Revista de Estudios Andaluces*, nº 30, pp. 27-47.
- ANTÓN, F. J. y CÓRDOBA, J. A. (1994): "La liberalización del transporte aéreo en España". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 19, pp. 113-132.
- ANTÓN, F. J. y CÓRDOBA, J. A. (2003): "Análisis neuronal y redes de transporte". En LÓPEZ LARA, E. (Coord.): "Servicios y transportes en el desarrollo territorial de España", pp. 337-346.
- APARICIO, A. C. (2010): "Territorio e infraestructuras. La Alta Velocidad Española: ¿desarrollo o despilfarro?". VI Congreso Internacional de Ordenación del Territorio, Fundicot, Pamplona, pp. 373-380.
- APARICIO, A. C. (2011): "El transporte en la ciudad". Fundación Ideas, Madrid.
- ARBESÚ, A. (2003): "Posible nuevo escenario competitivo del ferrocarril de alta velocidad: las compañías aéreas de bajo coste". Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya, 284 pp.
- ARCHER, B. H. y SHEA, S. (1974): "The gravity model: a case study of Llandudno". Bangor, University college of North Wales.

- ARDUIN, J. P. (1991): "Las líneas de alta velocidad y el acondicionamiento del territorio". Obras Públicas, nº 22, pp. 22-23.
- ARROYO, C. (2008): "La Política Común de Transportes: Origen, evolución en Europa del transporte público por carretera". Análisis Jurídico y Económico Escorialense, XLI, pp. 49-68. Real Centro Universitario "Escorial-María Cristina", San Lorenzo de El Escorial, Madrid.
- AUPHAN, E. (1992): "Le grande vitesse ferroviarie de part et d'autre du Rhin: face à face ou rapprochement?". *Révue géographique de l'Est*, 4, pp. 257-272.
- AUPHAN, E., DUPUY, G. y WALRAVE, M. (2008): "Territoires et grandes vitesses en Europe". Table ronde: "Voyage dans les réseaux et la mobilité: grandes vitesses, développement, et évolution des réseaux ferrés". *Révue d'histoire des chemins de Fer*, nº 39, pp. 127-137.
- AXHAUSEN, K. W. et al. (2006): "Constructing time-scaled maps". *Switzerland 1950-2000. Transport Review*, 28 (3), pp. 391-413.
- AXHAUSEN, K. W. (2008): "Accessibility: Long-term perspectives". *Journal of Transport and Land Use* 1:2 (Fall 2008), pp. 5-22.
- AZNAR, M. J. (2005): "La Política Estructural y de Cohesión de la Unión Europea en el ámbito de las infraestructuras de transporte terrestre: una valoración de sus actuaciones en la Comunidad Autónoma de Andalucía hasta 1999". Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Granada.
- BALDWIN, R. y TAGLIONI, D. (2006): "Gravity for dummies and dummies for gravity equations". National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper, 12516, 29 pp.
- BANISTER, D. y STEAD, D. (2002): "Reducing transport intensity". *European Journal of Transportation and Infrastructure Research*. Nº 2, ¾, pp.161-178.
- BARCENA, I. y LARRINAGA, J. (Coord.) (2009): "TAV: las razones del no". Txalaparta, 408 pp.
- BARREIRO, J. (2011): "Sobre la rentabilidad social y económica de las líneas de alta velocidad ferroviaria". *Revista Alta Velocidad*, nº 1, pp. 5-16.
- BARREIRO, J. (2012): "La historia tecnológica no es retroactiva". *Revista Alta Velocidad*, nº 2, pp. 39-43.
- BARRÓN, I. (2006): "Alta Velocidad: servicios regionales e interconexión de redes". *IT*, nº 76, pp. 76-85.
- BATTY, M. (2003): "Network Geography". Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA), paper 63, University College London, 23 pp.
- BAVAUD, F. (2001): "The quasi-symmetric side of gravity modelling". *Environment and Planning A*, no. 34 (1), pp. 61-79.
- BECK, A. (2006): "Colonia-Frankfurt: Una línea de alta velocidad con vía en placa". *Mobility Network Logistics*, Bilbao, 24 pp.
- BECK, A. (2011): "Barriers to entry in rail passenger services: empirical evidences for tendering procedures in Germany". *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, issue 11 (1), pp. 20-41.
- BEL, G. (2009): "Las infraestructuras y los servicios de transporte". *Fundación de Estudios de Economía Aplicada*, pp. 101-107.
- BEL, G. (2011): "Capital total, competencia desleal". *Diario El País*, 8-3-2011.
- BELLET, C. (coord.) (2000): "Les oportunitats del tren d'alta velocitat a Lleida". Pagès Editors. Lleida.

- BELLET, C. (2008): "La alta velocidad y el medio urbano en el siglo XXI". En VV.AA., "Ciudades, culturas y fronteras", IX Coloquio de Geografía Urbana, Sevilla, pp. 136-171.
- BELLET, C. et al. (2010): "Infraestructuras de transporte y territorio. Los efectos estructurantes de la llegada del tren de alta velocidad en España". Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, nº 52, pp. 143-163.
- BELLET, C. et al. (2011): "La integración del ferrocarril de alta velocidad en el medio urbano: el caso de Segovia-Guiomar". Anales de Geografía de la Universidad Complutense, vol. 30, nº 1, pp. 11-28.
- BELLET, C. y GUTIÉRREZ, A. (2011): "Ciudad y ferrocarril en la España del siglo XXI. La integración de la alta velocidad ferroviaria en el medio urbano". Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, nº 55, pp. 251-279.
- BELLET, C. y JURADO, J. (2014): "La localización de las estaciones de alta velocidad en España". Anales de Geografía de la Universidad Complutense, vol. 34, nº 2, pp. 9-24.
- BERMEJO, R. et al. (2005): "Análisis socioeconómico del PEIT 2005-2020. En base al escenario convencional y al escenario fin de la era del petróleo". Bilbao.
- BERMEJO, R. (2009): "Fin de la era de los combustibles fósiles y sus consecuencias". Ponencia en "I Jornada sobre desarrollo sostenible en la Escuela de Ingeniería Industrial de Eibar", Universidad del País Vasco, 50 pp.
- BOIRA, J. V. (2007): "El eje mediterráneo y las redes transeuropeas de transporte (RTE-T): Historia de un desencuentro". Papers, nº 44, pp. 44-57.
- BONNAFOUS, A. (1987): "The regional impact of the TGV". Transportation, nº 14, pp. 127-137.
- BOSCÁ, J. E. et al. (2004): "Efectos macroeconómicos de las Inversiones en Infraestructuras Públicas". Universidad de Valencia.
- BOSQUE, J. (1997): "Sistemas de información geográfica". Rialp, Madrid, 451 pp.
- BUNGE, W. (1962): "Theoretical Geography". Lund studies in Geography. Series C: General and Mathematical Geography. Lund, Sweden: Gleerup.
- BURCKHART, K., MARTÍ-HENNEBERG, J. y TAPIADOR, F. J. (2008): "Cambio de hábitos y transformaciones territoriales en los corredores de alta velocidad ferroviaria. Resultados de una encuesta de viajeros en la línea Madrid-Barcelona". X Coloquio Internacional de Geocrítica, Universidad de Barcelona.
- BUZAI, G. D. (2004): "Geografía y Sistemas de Información Geográfica: Aspectos conceptuales y aplicaciones". Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial (GESIG). Universidad Nacional de Luján, Argentina, 704 pp.
- CAGLIANI, G. (2010): "Trenes a paso de caracol". Revista Actualidad Económica.
- CAMAZÓN, R. M. (2003): "El cierre de líneas de ferrocarril en España. Línea Valladolid-Ariza (1895-1985)". RENFE. III Congreso de Geografía Ferroviaria. Gijón.
- CAMPENON, G. (1995): "2nd Report of the Working Group of the European Commission. High-Speed Europe". In: PTRC, Proceedings of Seminar A, Pan-European Transport Issues, Warwick, pp. 53-60.
- CAÑIZARES, M. C. y MARTÍNEZ, H. S. (2014): "Ciudad Real y Puertollano. Áreas funcionales urbanas (FUA) y policentrismo en Castilla-La Mancha (España)". Documents d' Anàlisi Geogràfica, vol. 60/1, pp. 31-55
- CAPEL, H. (2007): "Ferrocarril, territorio y ciudades". Biblio 3W, Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales (Serie Geocrítica). Vol. XII, nº 717.

- CARDOZO, O. D. et al. (2009): "Teoría de Grafos y Sistemas de Información Geográfica aplicados al transporte público de pasajeros en Resistencia (Argentina)". *Revista Transporte y Territorio*, 1, Universidad de Buenos Aires, pp. 88-111.
- CARRASCO, J. (2011): "Posibilidades de los servicios ferroviarios nocturnos en la futura red de alta velocidad". Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya, 404 pp.
- CARRASCO, M. (2009): "Interés de la alta velocidad en los países del este de Europa". Tesina de especialidad. Universitat Politècnica de Catalunya, 123 pp.
- CASCALES, F. J. (2005): "PCT. Desarrollo histórico y situación actual". En revista *Viajeros on-line*, nº 106, marzo 2005.
- CASCETTA, E. y COPPOLA, P. (2014): "High speed rail (HSR) induced demand models". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, nº 111, pp. 147-156.
- CASTILLO-MANZANO, J. I. et al. (2015): "Measuring the substitution effects between high speed rail and air transport in Spain". *Journal of Transport Geography*, nº 43, pp. 59-65.
- CEMBRERO, I. (2011): "Sarkozy y Mohamed VI inauguran en Tánger el arranque del AVE marroquí". *Diario El País*, sección Internacional, 29 de septiembre.
- CERDÁ, J. (2010): "Calibración de modelos gravitatorios acotados en origen, para predecir variaciones en el total atraído de movilidad laboral". Report de recerca nº 4, Universitat Politècnica de Catalunya, 6 pp.
- CHASCO, P. (2000): "Modelos de Gravitación Comercial: una aplicación al anuario comercial de España". Instituto L. R. Klein, Universidad Autónoma, Madrid, 9 pp.
- CHEN, Y. y WANG, F. (2013): "Fourier Analysis of an Expanded Gravity Model for Spatio-Temporal Interactions". Department of Geography, Beijing, 21 pp.
- CISNEROS, J. L. (2011): "Introducción a la Teoría de Nudos". V Jornadas de Física y Matemáticas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2011, 55 pp.
- CLEWLOW, R. L. (2012): "Interaction of high-speed rail and aviation. Exploring air-rail connectivity". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, nº 2.266 (1), pp. 1-10.
- CLIFFORD, N. et al. (2010): "Key methods in Geography". Le Sage, London, 546 pp.
- CODINA, E. (2015): "La Junta agiliza la tramitación del puerto seco de Antequera". *Diario El País*, sección Andalucía, 24 de febrero.
- CÓRDOBA, J. A. y GAGO, C. (2012): "Globalización, movilidad y análisis de conectividad aérea: una herramienta para la práctica multidisciplinar". *Revista de Antropología Social*, nº 21, pp. 117-146.
- CORONADO, J. M. y RIVAS, A. (2005): "La movilidad de alta velocidad en estaciones situadas en ciudades de tamaño pequeño. El corredor Madrid-Ciudad Real-Puertollano". *Ingeniería y Territorio*, nº 70, pp. 52-57.
- COSTA, P. (2009): "AVE: desmesura y conflicto". *Le Monde Diplomatique*, 3, mayo.
- CROCCOLO, F. y VIOLI, A. (2012): "New entry in the Italian high speed rail market". Discussion Paper nº 29, OECD, International Transport Forum, 16 pp.
- CROZET, Y. (2013): "High speed rail performance in France: From appraisal methodologies to ex-post evaluations". OCDE, International Transport Forum, Discussion Paper 13-26.
- DE BRUCKER, K. et al. (2011): "Multi-criteria analysis in transport Project evaluation: an institutional approach". *European Transport*, nº 47, pp.3-24.
- DE LA MATA, T. y LLANO, C. (2010): "Modelo gravitatorio y turismo: una aplicación al comercio interior del sector turismo en España". CEPREDE, Universidad Autónoma de Madrid, 21 pp.

- DE RUS, G. e INGLADA, V. (1993): "Análisis coste-beneficio del tren de alta velocidad en España". *Revista de Economía Aplicada*, nº 1 (3), pp. 27-48.
- DE RUS, G. y CAMPOS, J. (2005): "Los fundamentos económicos de la política de transporte europea: un análisis crítico". Departamento de Análisis Económico Aplicado. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Las Palmas de Gran Canaria.
- DE RUS, G. y ROMÁN, C. (2006): "Análisis económico de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona". *Revista de Economía Aplicada*, nº 14 (42), pp. 35-79.
- DE RUS, G., CAMPOS, J. y BARRÓN, I. (2009): "El transporte ferroviario de alta velocidad. Una visión económica". Fundación BBVA, 35 pp.
- DE RUS, G. (2012): "Economic evaluation of the High Speed Rail". Expert Group on Environmental Studies. Ministry of Finance, Sweden, 93 pp.
- DEAKIN, E. (2010): "Environmental and other co-benefits of developing a high-speed rail system in California: A prospective vision 2010-2050". Working paper - University of California, Berkeley Center for Environmental Public Policy no. CEPP001, 15 pp.
- DEL VAL, Y. (2013): "25 años de alta velocidad en Alemania". *Vía Libre*, nº 574, pp. 4-7.
- DEL VAL, Y. (2014): "China reanuda su programa de alta velocidad". *Vía Libre*, nº 583, 1 pp.
- DELGADO, O. (2003): "Debates sobre el espacio en la geografía contemporánea". Universidad Nacional de Colombia, 254 pp.
- DEPIANTE, V. S. y GALARRAGA, J. J. (1999): "Redes neuronales en planificación y operación del transporte". *Actas del IX Congreso Chileno de Ingeniería del Transporte*, Santiago de Chile, pp. 121-133.
- DÍEZ, R. (2012): "High speed rail (HSR) vs air transportation: Trendy competition in the transport geography of Spain". *Information Technology Research Journal*, Vol. 2 (1), pp. 8-19.
- DOMÈNECH, M. (2008): "La oportunidad de los servicios ferroviarios "low cost" en Europa". Tesis Doctoral, Dir.: López Pita, A. y Casas, C.
- DUCRUET, C. y LUGO, I. (2011): "Structure and dynamics of transportation networks: models, methods and applications". *Sciences de l'Homme et de la Société*, 00605653, version 1, pp.1-28.
- DUPUY, G. (1987): "Les réseaux techniques sont-ils des réseaux territoriaux?" *Institut d'Urbanisme de Paris. L' Espace Géographique*, nº 3, pp. 173-184.
- DUTZIK, T. et al. (2011): "High-Speed Rail: Public, Private or Both? Assessing the prospects, promise and pitfalls of Public-Private Partnerships". US PIRG Education Fund, 40 pp.
- EDDINGTON, R. (2006): "The Eddington Transport Study: transport's role in sustaining the UK's productivity and competitiveness". Vol. I, London, 46 pp.
- ELHEDELI, S. (2006): "Hub and Spoke Network Design". Project Report, University of Waterloo, 27 pp.
- ELLIS, J. B. y VAN DOREN, C. S. (1966): "A comparative evaluation of gravity and system theory models for statewide recreational traffic flows". *Journal of Regional Science*, 6, pp. 57-70.
- ELLWANGER, G. y WILCKENS, M. (1994): "30 years of High-Speed Railways. High Speed for Europe". *Japan Railway & Transport Review*, nº 3, pp.17-25.
- ESTEBAN, V. (1998): "La alta velocidad ferroviaria en la Unión Europea. Impacto urbano en Francia y España". *Geographicalia*, nº 36, pp 19-32.

- FAGEDA, X. (2013): "El despilfarro del AVE". Diario *El País*, sec. Política, 8 de enero.
- FEIGENBAUM, B. (2013): "High-Speed Rail in Europe and Asia: Lessons for the United States". Policy Study 418, Reason Foundation, p. 46.
- FELIU, J. (2006): "Desarrollo socioeconómico de las ciudades intermedias europeas con TAV". Universitat de Gerona, 12 pp.
- FELIU, J. (2007): "La organización de los actores en el desarrollo territorial. El tren de alta velocidad en ciudad intermedia." Investigaciones Geográficas, nº 43, pp. 97-120.
- FERNÁNDEZ, A. (2010a): "¿A qué renunciamos con cada nueva línea de AVE? El coste real de la Alta Velocidad". Blogspot Sintetia, sección Economía.
- FERNÁNDEZ, A. (2010b): "El AVE: una verdad realmente incómoda". Blogspot Sintetia, sección Economía.
- FERNÁNDEZ, A. y GARCÍA, J. (2013): "El AVE y la difícil tarea de fijar precios". Blogspot Sintetia, sección Economía.
- FERNÁNDEZ-ALLER, A. (2003): "El ferrocarril convencional también existe". Tyspa-Cataluña, 6 pp.
- FERNÁNDEZ-ALLER, A. (2014): "La red ferroviaria en España. Situación actual y recomendaciones para el futuro". Comisión de Fomento, Subcomisión de Estudios y Análisis del Sistema Ferroviario Español, Madrid.
- FERNÁNDEZ DURÁN, R. (1999): "El transporte, columna vertebral de la globalización". Boletín CF+S, Ciudades para un Futuro más Sostenible, Madrid.
- FERRI, M. (2010): "El acceso sostenible al trabajo". En Serrano (2010) (Coord.): "Cambio global España 2020. Programa Transporte", pp. 165-173.
- FITZSIMONS, E. et al. (1999): "Explaining the Volume of North-South Trade in Ireland: A Gravity Model Approach". *The Economic and Social Review*, 30, 4, pp. 381-401.
- FOLFAS, P. (2011): "FDI between EU member states: gravity model and taxes". Institute of International Economics, Varsovia, 16 pp.
- FRANQUET, J. M. (2007): "Un modelo nacional de organización territorial". Tesis doctoral, Lérida, 1.032 pp.
- FREIRE, D. y SÁNCHEZ, M. (2011): "Una nueva metodología para el análisis coste-beneficio de la alta velocidad ferroviaria". Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española, Aula de Proyectos Innovadores, 18 pp.
- GANUZA, J. J. (2010): "Para no perder el tren, cambiemos algo de AVE por fibra óptica". Blogspot NeG (Nada es Gratis), Economía.
- GARCÍA, P. (2013): "Abandonemos la ilusión del AVE a todas partes". Blog vozpópuli Actualidad, 1-7-13.
- GARCÍA, P. (2013): "Fomento recula en la liberalización ferroviaria y blindo a Renfe frente a la competencia". Blog vozpópuli Actualidad, 26-2-13.
- GARCÍA ÁLVAREZ, A. (2008a): "Consumo de energía y emisiones del tren de alta velocidad en comparación con otros modos". *Vía Libre*, nº 515, 16 pp.
- GARCÍA ÁLVAREZ, A. (2008b): "Consumo de energía y emisiones del ferrocarril: situación actual y posibilidades de mejora". Jornada anual de la Cátedra Rafael Mariño de Nuevas Tecnologías Energéticas. Universidad Pontificia de Comillas.
- GARCÍA ÁLVAREZ, A. (2010): "Cambio automático de ancho de vía de los trenes en España". Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 124 pp.
- GARCÍA ÁLVAREZ, A. (2011): "Efecto en el diseño y en la explotación del carácter troncal de la red de alta velocidad". *Revista Alta Velocidad*, nº 1, pp. 17-22.

- GARCÍA ÁLVAREZ, A. et al. (2011): "Operación de trenes de viajeros. Claves para la gestión avanzada del ferrocarril. Parte I". Colección Técnica, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 130 pp.
- GARRIDO, J. (1995): "La organización espacial de la red de carreteras en Aragón. Aplicación metodológica de la Teoría de Grafos". Geographicalia, 10 pp.
- GARRIDO, J. (1999): "Impactos medioambientales y sociales del transporte". Geographicalia, nº 37, 14 pp.
- GARRIDO, M. (2014): "Proyecto Meca-Medina". Asamblea de la Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española. Dirección de Internacional y de Gabinete de Presidencia. ADIF, 13 pp.
- GAVIRA, A. (2013): "Nodos, redes y áreas de influencia ferroviaria". Cuadernos Geográficos, nº 52 (2), pp. 50-75.
- GIL, E. (2011): "Impacto en Segovia de la implantación del tren de alta velocidad en la formación superior y en la I+D". Lurralde: investigación y espacio, nº 34, pp. 33-50.
- GITLESEN, J. P. y JÖRNTSEN, K. (2000): "A disaggregated gravity model". Norwegian School of Economics and Business Administration, Stavanger (Norway), 12 pp.
- GIVONI, M. (2006): "Development and impact of the modern High-Speed Train: a review". Transport Reviews, Vol. 26, nº 5, pp. 593-611.
- GIVONI, M. y DOBRUSZKES, F. (2013): "A review of ex-post evidence for mode substitution and induced demand following the introduction of high-speed rail". Transport Reviews, Vol. 33, nº 6, pp. 720-742.
- GÓMEZ, B. y JONES III, J. P. (2010): "Research Methods in Geography". Critical introductions to Geography. Wiley-Blackwell, 459 pp.
- GÓMEZ, C. (2002): "El impacto social de la llegada del AVE". Economía Aragonesa, Jornada titulada "El impacto socioeconómico del AVE en Zaragoza", Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Zaragoza, Aragón y La Rioja, Centro de Estudios de Ibercaja, pp. 11-45.
- GÓMEZ, C. (2010): "Liberalización del sector ferroviario". PFC, Universidad Pontificia de Comillas, 151 pp.
- GÓMEZ, 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.
- GONZÁLEZ, J. (2013): "Accesibilidad a las estaciones de alta velocidad". Trabajo fin de Máster. Universidad Complutense de Madrid, 92 pp.
- GONZÁLEZ-SAVIGNAT, M. (2004): "Competition in air transport. The case of the High Speed Train". Journal of Transport Economics and Policy, Volume 38, Part I, pp. 77-108.
- GONZÁLEZ-SAVIGNAT, M. y MATAS, A. (2010): "Evaluación económica de las inversiones en transporte". Ekonomiaz, 73, pp. 60-77.
- GORDON, I. R. y EDWARDS, S. L. (1973): "Holiday trip generation", Journal of Transport Economics and Policy, 7 (2), pp. 153-168.
- GRIFFITH, D. A. (2007): "Spatial Structure and Spatial Interaction: 25 years later". The Review of Regional Studies, 37, 1, pp. 28-38.
- GRIMALDI, R. P. (1998): "Discrete and Combinatorial Mathematics. An applied introduction". Addison Wesley Longman, México, 636 pp.
- GRIMALDI, R. y BERIA, P. (2011): "An early evaluation of Italian high-speed projects". Trimestrale del Laboratorio Territorio Mobilità e Ambiente, Vol. 4, nº 3, pp. 15-28.

- GRUPO DE TRANSPORTES (1996): "Políticas europeas de transporte. Efectos territoriales derivados de las políticas comunitarias relacionadas con las infraestructuras de transporte". Revista Obras Públicas, nº 36, pp. 20-37.
- GUDMUNDSSON, H. (2005): "Mobility as a Policy Concept". En Thomsen, T., Drewes, L. y Gudmundsson, H. (Eds.): "Social perspectives on mobility", Ashgate, 2005.
- GUILLAMÓN, D. (2009a): "La rentabilidad social del tren de alta velocidad". En Barcena, I. y Larrinaga, J. (Coord.): "TAV: las razones del no". Txalaparta, pp. 33-50.
- GUILLAMÓN, D. (2009b): "¿Es sostenible el tren de alta velocidad?". En Barcena, I. y Larrinaga, J. (Coord.): "TAV: las razones del no". Txalaparta, pp. 77-86.
- GUIRAO, B. (2013): "Spain: highs and lows of 20 years of HSR operation". Journal of Transport Geography, nº 31, pp. 201-206.
- GUISASOLA, I. (2009): "Un parque de trenes joven y versátil". Revista En Punto, nº 29, pp. 10-13.
- GUTIÉRREZ, J. (1998): "Redes, espacio y tiempo". Anales de Geografía de la Universidad Complutense, nº 18, pp. 65-86.
- GUTIÉRREZ, J. (2001): "Accessibility impact of High-Speed lines in peripheral regions: The case of the future line Madrid-Barcelona-French border". Journal of Transport Geography, nº 9 (4), pp. 229-242.
- GUTIÉRREZ, J. (2004): "El tren de alta velocidad y sus efectos espaciales". Investigaciones Regionales, nº 5, pp.199-221.
- GUTIÉRREZ, J. A. et al. (2003): "Aplicación de técnicas SIG en la planificación del transporte por carretera en Extremadura". Finis terra, XXXVIII, nº 75, pp. 67-83.
- GUTIÉRREZ, J. A. et al. (2015): "Delimitación de áreas comerciales: el caso de las Vegas Altas del Guadiana". En Espinosa, A. y Antón, F.J. (Eds.), "El papel de los servicios en la construcción del territorio: redes y actores", Grupo Geografía de los Servicios, AGE, Universidad de Alicante, pp. 63-80.
- HACAR, F. (2005): "De la diligencia de Larra al AVE". Revista Cimbra, nº 361, pp. 20-35.
- HAGGETT, P. y CHORLEY, R. J. (1969): "Network analysis in Geography". Edward Arnold, London.
- HALL, R. (Ed.) (2003): "Handbook of Transportation Science". International Series in Operations Research & Management Science, vol. 56, 741 pp.
- HARVEY, D. (1969): "Explanation in Geography". Edward Arnold, London, 521 pp.
- HELPMAN, E. y KRUGMAN, P. (1987): "Market structure and foreign trade". Mit Press, 283 pp.
- HERCE, M. (1983): "La utilización de indicadores topológicos en el análisis de la red de comunicaciones. Ensayo sobre la red de carreteras de Cataluña". Documents d'Análisis Geogràfica, nº3, Universitat Autònoma de Barcelona, pp. 3-45.
- HERCE, M. (2009): "Ferrocarril de alta velocidad: impactos socioeconómicos, efectos territoriales y oportunidades de renovación urbana". Ciudad y territorio. Estudios Territoriales, nº 159, pp. 43-64.
- HERNÁNDEZ, A. (2007): "Las catenarias de alta velocidad". Anales de mecánica y electricidad, nº 84, pp. 24-28.
- HERNÁNDEZ, A. (2010): "Los efectos territoriales de las infraestructuras. La inversión en redes de alta velocidad ferroviaria". EIT, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 27 pp.

- HERNÁNDEZ, A. (2011): "AVE y empleo. ¿Bienvenido Mr. Marshall?". EIT, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 21 pp.
- HEUERMANN, D. F. y SCHMIEDER, J. F. (2013): "Warping space: High-speed rail and returns to scale in local labor markets". Regensburg University, Boston University, NBER, IZA, 28 pp.
- IBARRA, G. (2009): "Y: Implicaciones territoriales". En Barcena, I. y Larrinaga, J. (Coord.): "TAV: las razones del no". Txalaparta, pp. 127-134.
- INFRAS/CE DELFT/FRAUNHOFEN ISI (2011): "External Costs of Transport in Europe". Informe encargado por la Union Internationale des Chemins de Fer (UIC), Delft (Países Bajos).
- INGLADA, V. (2005): "Reflexiones sobre la rentabilidad social del ferrocarril: El caso español". Universidad Carlos III. Madrid.
- IRANZO, J. E. et al. (2003): "La demanda de turismo". En: Iranzo, J.E.: "La estructura económica de los mercados turísticos". Instituto de Estudios Económicos, Madrid, pp. 59-93.
- IVORRA, C. (2008): "Análisis matemático". Universidad de Valencia, 496 pp.
- IZQUIERDO, L. (1994): "Algunas consideraciones en torno a la Alta Velocidad Ferroviaria". Cuadernos de Estrategia, Instituto Español de Estudios Estratégicos, Ministerio de Defensa, nº 71, pp. 15-21.
- IZQUIERDO, R. (1986): "La Política Común de Infraestructuras de Transporte y su financiación mediante los fondos e instrumentos comunitarios". Obras Públicas, nº 3.246, 133, pp. 273-286.
- IZQUIERDO, R. (1993): "La Política Comunitaria de Grandes Ejes de Transporte". Obras Públicas, nº 3.323, 140, pp. 7-19.
- JIMÉNEZ, J. L. y BETANCOR, O. (2011): "When trains go faster than planes: the strategic reaction of airlines in Spain". Transport Policy, nº 23, pp. 34-41.
- JIMÉNEZ, J. M. (2011): "El ferrocarril y la sostenibilidad". En SERRANO, A. (Dir.): "Cambio global España 2020. Programa Transporte". Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental. Fundicot, 206 pp.
- JIMÉNEZ, M. (2005): "Los anchos de vía y sus cambios en los ferrocarriles españoles". Vía Libre, nº 489, pp. 4-7.
- JOUSINIEMI, A. (2005): "The birth of polynucleated metropolitan landscape", Tampere University of Technology, 10 pp.
- JUÁREZ, E. (1993): "Interacción de Mercados laborales municipales en el estado de Tabasco: una aproximación a través del uso de modelos gravitatorios". Estudios Demográficos y Urbanos, vol. 8, nº 1 (22), pp. 157-189.
- KAGESON, P. (2009): "Environmental aspects of inter-city passenger transport". OECD-International Transport Forum, Discussion Paper N. 2009-28.
- KANSKY, K. y DANSCOINE, P. (1989): "Measures of network structure". Flux, Vol. 5, nº 1. pp. 89-121.
- KEMP, R. (2004): "Environmental impact of high-speed rail". Institution of Mechanical Engineers. High Speed Rail Developments, 2004.
- KIRCHNER, C. et al. (2011): "Liberalisierungsindex Bahn 2011. Marktöffnung: Eisenbahnmärkte der Mitgliedstaaten der Europäischen Union, der Schweiz und Norwegens im Vergleich". IBM Global Business Services und Humboldt-Universität zu Berlin, 220 pp.

- KUNEMAN, G. (1997): "Towards more sensible decision making on infrastructure building", Contribution to the Third Pan-European Transport Conference. Transport and Environment (T&E), The European Federation for Transport and Environment, 26 pp.
- LE SAGE, J. P. y FISCHER, M. M. (2008): "Spatial econometric methods for modeling origin-destination flows". *Journal of Regional Science*, 48, 5, pp. 941-967.
- LEVINSON, D. et al. (1999): "Air, High Speed, or Highway: A cost comparison in the California Corridor". *Transportation*, nº 53, pp. 123-132.
- LEVINSON, D. (2010): "Economic Development Impacts of High-speed rail". University of Minnesota, 24 pp.
- LLANO, L. R. y MOSQUERA, V. (2006): "El modelo logit: una alternativa para medir probabilidad de permanencia estudiantil". Universidad Nacional de Colombia, 35 pp.
- LLOBET, G. (2013): "A ninguna parte pero en alta velocidad". Blogspot NeG (Nada es Gratis), Economía.
- LLOBET, G. y BETANCOR, O. (2015): "Contabilidad financiera y social de la Alta Velocidad en España". *Estudios sobre la Economía Española -2015/08*, FEDEA, 60 pp.
- LLOP, J. M. (Dir.) (1999): "Ciudades intermedias y urbanización mundial". UNESCO, UIA, Ministerio de Asuntos Exteriores de España, Ajuntament de Lleida, 168 pp.
- LÓPEZ, A. M. (2011): "Integración europea y las Redes Transeuropeas de Transporte". Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, 64 pp.
- LÓPEZ, J. L. (2012): "Cómo la alta velocidad ha hecho posible el desarrollo de una industria ferroviaria exportadora nacional. El caso del material rodante". *Revista de Alta Velocidad*, nº 2, pp. 53-56.
- LÓPEZ PITA, A. (1989): "Amb la nova xarxa ferroviària d'alta velocitat, Espanya superarà la seva situació perifèrica europea". *Espais*, nº 16, pp. 29-33.
- LÓPEZ PITA, A. (1990): "Condicions de qualitat derivats de les noves prestacions ferroviàries". *Espais*, nº 23, pp. 42-56.
- LÓPEZ PITA, A. (1991): "La línea Barcelona-Frontera francesa contribuyó a la xarxa europea d' alta velocitat". *Espais*, nº 27, pp. 4-9.
- LÓPEZ PITA, A. (1996): "La elección del trazado de las nuevas líneas de ferrocarril en Europa. Relación Madrid-Barcelona". *Revista de Obras Públicas*, nº 3.359, pp. 63-83.
- LÓPEZ PITA, A. (1999): "Los ferrocarriles". *Obras Públicas*, nº 49, pp. 26-31.
- LÓPEZ PITA, A. (1999): "Los orígenes de la primera línea internacional del ferrocarril español del siglo XXI: Barcelona-Perpignan". Fundación de los Ferrocarriles Españoles, DocuTren, 15 pp.
- LÓPEZ PITA, A. (2001): "Ferrocarril y avión en el sistema de transportes europeo". Ediciones UPC, Barcelona.
- LÓPEZ PITA, A. (2003): "Los orígenes en España de las conexiones aeroportuarias de líneas de alta velocidad". Fundación de los Ferrocarriles Españoles, DocuTren, 14 pp.
- LÓPEZ PITA, A. et al. (2005): "Threats and opportunities for high speed rail transport in competition with the low-cost air operators". CENIT, Barcelona, 21 pp.
- LÓPEZ PITA, A. (2006): "Apuntes para la historia de la alta velocidad ferroviaria". IV Congreso Ferroviario, Málaga, pp. 1-14.
- LÓPEZ PITA, A. et al. (2006): "Alta velocidad y ordenación del territorio". Universidad Politécnica de Cataluña, 30 pp.
- LORENZO, J. C. y DE SANTIAGO, 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, pp.56-63.

- LÖSCH, A. (1954): "The economics of location". New Haven and London. Yale University Press, 517 pp.
- MACHO, M. (2002): "¿Qué es la topología?". *Sigma: revista de matemáticas*, nº 20, pp. 63-77.
- MÄKITALO, M. (2011): "Why do open rail freight markets fail to attract competition? Analysis on Finnish transport policy". *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, issue 11 (1), pp. 1-19.
- MANNONE, V. (1995): "L' impact régional du TGV Sud-Est". Tesis Doctoral, 2 vol., Université de Provence.
- MÁRQUEZ, J. A. (1997): "Equilibrios y desequilibrios territoriales, el perfil de las disparidades territoriales". I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía en el umbral del siglo XXI, pp. 109-117.
- MÁRQUEZ, J. A. (2010): "Deconstrucción y articulación territorial en frontera luso-andaluza". *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*, nº 47, pp. 297-316.
- MÁRQUEZ, J. A. et al. (2014): "El mercado laboral español y la población inmigrante extranjera". En Márquez, J.A. (Ed.): "Jornaleros extranjeros en España", 192 pp.
- MARRADI, A. et al. (2007): "Metodología de las Ciencias Sociales". Emecé Editores, Buenos Aires, 322 pp.
- MARTÍ-HENNEBERG, J. (2000): "Un balance del tren de alta velocidad en Francia. Enseñanzas para el caso español". *Ería*, nº 52, pp. 131-143.
- MARTÍ-HENNEBERG, J. (2015a): "Challenges facing the expansion of the high-speed rail network". *Journal of Transport Geography*, nº 42, pp. 31-33.
- MARTÍ-HENNEBERG, J. (2015b): "Attracting travelers to the high-speed train: a methodology for comparing potential demand between stations". *Journal of Transport Geography*, nº 42, pp. 145-156.
- MARTÍN, J. (2011): "El tren del tiempo". Ed. Público, 143 pp.
- MARTÍN, J. C. y NOMBELA, G. (2008): "Impacto de los nuevos trenes AVE sobre la movilidad". *Revista de Economía Aplicada*, nº 47, vol. XVI, pp. 5-23.
- MARTÍN, P. (2011): "Determinación de la velocidad óptima de los trenes de muy alta velocidad para minimizar las emisiones de dióxido de carbono en un corredor". *Revista de Alta Velocidad*, nº 1, pp. 53-62.
- MARTÍN, S. (2008): "El AVE: planteamientos y realidades". En Antón, F.J. y Sánchez, S. (Eds.): "Comercio, servicios y transporte: patrones de una sociedad avanzada", Grupo Geografía de los Servicios, AGE, pp. 317-327.
- MARTÍN, S. (2013a): "La red española de Alta Velocidad Ferroviaria: Análisis mediante un modelo gravitatorio". *Revista de Estudios Andaluces*, nº 30, pp. 74-96.
- MARTÍN, S. (2013b): "La Red Transeuropea de Transporte (RTE-T): una perspectiva diacrónica". En Gutiérrez, J.A. et al. (Eds.): "Los servicios: dinámica, infraestructuras y cohesión territorial", Grupo Geografía de los Servicios, AGE, Universidad de Extremadura, pp. 371-387.
- MARTÍN, S. (2015): "Alta velocidad ferroviaria en el mundo: descripción y análisis comparativo". En Espinosa, A. y Antón, F.J. (Eds.): "El papel de los servicios en la construcción del territorio: redes y actores", Grupo Geografía de los Servicios, AGE, Universidad de Alicante, pp. 637-653.
- MARTÍN DEL BRÍO, B. y SANZ, A. (2006): "Redes neuronales y sistemas borrosos". Ra-Ma, Madrid.

- MARTÍNEZ, H. S. y GIVONI, M. (2009): "The accesibility impact of a new high-speed rail line in the UK – a preliminary analysis of winners and losers". School of Geography and the Environment, Working Paper nº 1.041, 18 pp.
- MATO, J. (2015): "Negro sobre blanco: los datos del despilfarro del AVE". En www.preferente.com, 16 de mayo de 2015.
- MATUTE, M. A. y MARCO, A. (2014): "Proyectos ferroviarios en países emergentes (I): La alta velocidad en Marruecos". Blogspot Viajes ferroviarios de ayer, hoy y mañana.
- MCCALLUM, J. (1995): "National Borders Matter: Canada-US. Regional Trade Patterns". *American Economic Review*, 85, 3, pp. 615-623.
- MENERAULT, P. y BARRÉ, A. (2005): "El TGV y la reorganización de los transportes ferroviarios en la región de Nord-Pas-de-Calais". *Ingeniería y Territorio*, nº 70, pp. 28-36.
- MIÉREZ, L. A. (2005): "Análisis de accesibilidad e interacción espacial a través del potencial dinámico: su aplicación a los partidos de la cuenca del río Luján." Buenos Aires, 34 pp.
- MOHÍNO, I. et al. (2014): "Impacts of high-speed rail on metropolitan integration: an examination of London, Madrid and Paris". *International Planning Studies*, 36 pp.
- MORALES, M. I. (2013): "La internalización de los costes externos del transporte". Foro Tribuna Mercantil, INEAF Business School, UNIR (Universidad Internacional de La Rioja).
- MORENO, J. G. (1997): "Túnel y ferry en el estrecho de Gibraltar. Cambios en la futura concepción estratégica basados en el modelo del Canal de la Mancha". I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía en el umbral del siglo XXI, pp. 916-927.
- MORENO, J. G. y VENTURA, J. (2008): "El nuevo esquema de competitividad portuaria en el estrecho de Gibraltar. La irrupción de Tánger-Med". En Antón, F.J. y Sánchez, S. (Eds.): "Comercio, servicios y transporte: patrones de una sociedad avanzada", Grupo Geografía de los Servicios, AGE, pp. 355-365.
- MORENO, J. G. et al. (2011): "Nodos, redes y áreas de desarrollo en el entorno del estrecho de Gibraltar". En Cooperación Transfronteriza Andalucía-Alentejo-Algarve, pp. 90-106.
- MORENO, J. G. et al. (2015): "Dinámicas en las redes de transporte: de lo global a lo local". En Espinosa, A. y Antón, F.J. (Eds.): "El papel de los servicios en la construcción del territorio: redes y actores", Grupo Geografía de los Servicios, AGE, Universidad de Alicante, pp. 415-434.
- MUÑOZ, A. et al. (1994): "Modelos de gravitación en el contexto turístico". IV Congreso de Economía Regional de Castilla y León, Burgos, Comunicaciones 3, pp. 1549-1562.
- MUÑOZ, C. (2012): "La Red Transeuropea de Transportes y el Corredor Mediterráneo". Departamento de Economía Aplicada, Universidad Nacional de Educación a Distancia, 21 pp.
- NAGURNEY, A. (2002): "Spatial equilibration in Transport Networks". University of Massachusetts, 38 pp.
- NARANJO, F. (1987): "Los olvidos del Plan de Transporte Ferroviario". Sindicato Ferroviario de CCOO.
- NAREDO, J. M. (2012): "Prólogo". En Segura, F.: "Infraestructuras de Transporte y crisis. Grandes obras en tiempos de recortes sociales". Libros en Acción, 95 pp.
- NASH, C. A. (1991): "The case of high speed rail". Institute for transport studies. University of Leeds. *Investigaciones Económicas*, Vol. XV, nº 2, pp. 337-354.

- NASH, C. A. (2009): "When to invest in High-Speed Rail Links and Networks?" Joint Transport Research Centre, Discussion Paper nº 16. OECD, International Transport Forum, 24 pp.
- NIJLAND, H. y VAN WEE, B. (2008): "Noise valuation in ex-ante evaluations of major road and railroad Project". *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, issue 8 (3), pp. 216-226.
- OH, J. (2014): "Ten years of KTX operation: Impacts and station area development". Presentation at EASTS International Symposium in Tokio, 30 pp.
- OKUBO, T. (2003): "The Border Effect in the Japanese Market: A Gravity Model Analysis". Research Seminar in International Economics, Michigan, 20 pp.
- OLLIVIER, G. et al. (2015): "Chinese high speed: an evaluation of traffic". *International Railway Journal*, february 18.
- ONTOSO, L. M. (2015): "La liberalización del AVE encalla de nuevo en los cánones". *Diario ABC*, sección Economía, 13 de agosto de 2015.
- ORTEGA, E. et al. (2012): "Territorial cohesion impacts of high-speed rail at different planning levels". *Journal of Transport Geography*, nº 24, pp. 130-141.
- PALACIOS, A. (2011): "Privatización de la red ferroviaria alemana. Oportunidades de negocio". Nota sectorial. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, Comunidad de Madrid, 56 pp.
- PALACIOS, J. R. (2006): "¿Adónde va el AVE, tan deprisa?". *Revista Archipiélago*, nº 68. En "VII Jornadas en defensa del ferrocarril público", Zamora, 4 pp.
- PAMIES, M. I. (2014): "Estudio del impacto acústico de la llegada del AVE a Alicante". Trabajo Fin de Grado, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Alicante, 82 pp.
- PARK, Y. y HA, H. K. (2006): "Analysis of the impact of high-speed railroad service on air transport demand". *Transportation Research Part E*, nº 42 (2), pp. 95-104.
- PEASE, E. (2010): "Racionalizar las tarifas, no los trenes". Artículo publicado en *Ferropedia*, enciclopedia del ferrocarril, 23-4-10.
- PERL, A. D. y GOETZ, A. R. (2015): "Corridors, hybrids and networks: three global development strategies for high speed rail". *Journal of Transport Geography*, nº 42, pp. 134-144.
- PETERMAN, D. R. et al. (2009): "High-speed rail (HSR) in the United States". Washington DC: Congressional Research Service, 7-5.700, 31 pp.
- PIGEM, R. (2009): "50 años de alta velocidad en Japón". Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals y Ports de Barcelona. Universidad Politècnica de Catalunya, 147 pp.
- PILLET, F. (2004): "Ciudad Real: cambios en el espacio público y en la vida colectiva con la llegada del AVE a la ciudad". VII Coloquio de Geografía Urbana, AGE. Barcelona, pp. 325-334.
- PLASSARD, F. (1991): "Le train à grande vitesse et le réseau des villes". *Transports*, nº 345, p. 14.
- PLASSARD, F. (1992): "L' impacte territorial des transports à grande vitesse". En Derycke, P. H. (coord.): "Espace et dynamiques territoriales". Economica, Paris, pp. 243-261.
- PLASSARD, F. (1997): "Les effets des infrastructures de transport, modèles et paradigmes". En Busmeister, A. y Joinaus, G.: "Infrastructures de transport et territoire", París, pp. 39-54.
- POPPER, K. R. (1963): "Conjeturas y refutaciones. El crecimiento del conocimiento científico". Paidós Básica, Barcelona, 513 pp.

- PORTILLO, P. (2009): "Impacto de la red de alta velocidad española en el tráfico aéreo". Tesina d' especialitat, Escola Tècnica Superior d' Enginyers de Camins, Canals i Ports. Universitat Politècnica de Catalunya, 118 pp.
- POTRYKOWSKI, M. y TAYLOR, Z. (1984): "Geografía del transporte". Ariel, Barcelona, 303 pp.
- PRESTON, J. (2009): "The case of high-speed rail: a review of recent evidence". RAC Foundation, no. 09/128, 29 pp.
- PUENTE, F. (2007): "Potencia en la vía". Entrelíneas, revista de la Red Eléctrica de España, nº 6, pp. 40-45.
- PUMAIN, D. (2004): "Modelo gravitatorio". Hypergé (enciclopedia electrónica), sección "Análisis Espacial".
- RAMOS, D. (2005): "Modelo territorial, movilidad insular y sostenibilidad en Canarias: Una reflexión crítica". Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, nº 40, pp. 245-268.
- RAMOS, R. (2002): "El futuro de la política ferroviaria en España". Boletín Económico de ICE, nº 2.734.
- RAMOS, R. et al. (2011): "Principales aspectos a considerar para el desarrollo del marco regulador para la apertura a la competencia del transporte interurbano de viajeros por ferrocarril en España". En: "Memoria de artículos, publicaciones y conferencias 2009-2010", pp. 73-82. Ed. Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 244 pp.
- RESICO, M. F. (2010): "Introducción a la Economía Social de Mercado". Konrad Adenauer Stiftung, Buenos Aires, 384 pp.
- RIBALAYGUA, C. et al. (2004): "Alta velocidad, integración metropolitana y proyectos territoriales. El caso de Ciudad Real y Puertollano". Urban, nº 9, pp. 30-44.
- RIBALAYGUA, C. (2005): "Alta Velocidad ferroviaria y ciudad: Estrategias de incorporación de las nuevas estaciones periféricas francesas y españolas". Red de Cuadernos de Investigación Urbanística, nº 44, 123 pp.
- RICO, O. A. (2008): "Análisis gravitatorio de la movilidad de pasajeros en la red de transporte aéreo doméstico en México". Secretaría de Comunicación y Transportes, Querétaro, 50 pp.
- RICO, O. A. (2010): "Potencial de la distancia de viaje como variable explicativa de la distribución espacial del transporte aéreo en el territorio mexicano". Revista Transporte y Territorio, nº 2, Buenos Aires, pp. 1-17.
- RODRIGUE, J. P. et al. (2009): "The Geography of Transport Systems". Routledge, Taylor & Francis Group, London, 285 pp.
- RODRÍGUEZ, A. et al. (2002): "El efecto barrera de infraestructuras lineales sobre los vertebrados". En Delibes, M.: "Infraestructuras, hábitats y biodiversidad". I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. pp. 181-190.
- RODRÍGUEZ, E. y GUTIÉRREZ, J. (2012): "Análisis de vulnerabilidad de la red de carreteras mediante indicadores de accesibilidad y SIG: intensidad y polarización de los efectos del cierre de tramos en la red de Mallorca". Geofocus, nº 12, pp. 374-394.
- RODRÍGUEZ, F. J. (2007): "Las nuevas infraestructuras ferroviarias en Castilla-La Mancha y su incidencia sobre el territorio y la movilidad". En Polo, F. (Comp.): "Jornadas de historia ferroviaria: 150 años de ferrocarril en Albacete (1855-2005)", pp. 131-148.
- RODRÍGUEZ, M. et al. (2005): "Alta Velocidad y territorio. Algunas experiencias internacionales". Ingeniería y Territorio, nº 70, pp. 4-11.
- ROMÁN, C. (2008): "Competencia intermodal en el corredor Madrid-Zaragoza-Barcelona ante la introducción del tren de alta velocidad". Colección de Estudios Económicos 11-08. Serie Economía de las Infraestructuras, Cátedra Fedea-Abertis, 38 pp.

- RUANO, A. (2009): "Las líneas de alta velocidad frente a las convencionales. Adaptación de las líneas convencionales a Velocidad Alta". Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. 117 pp.
- RUBIO, J. (2007): "Caracterización matemática de diversos aspectos del transporte interregional de mercancías en España". PFC, Sevilla, 160 pp.
- RUIZ DEL ÁRBOL, A. (2012): "Porqué el AVE es un tren para ricos". Diario *El Diario*, Economía, 24-12-12.
- RUSSIÑOL, M. (2008): "La política Europea de Transportes: análisis de los efectos territoriales de los enlaces fijos". Universitat Politècnica de Catalunya.
- SANAÚ, J. (2002): "El impacto económico de la llegada del AVE". Economía Aragonesa, Jornada titulada "El impacto socioeconómico del AVE en Zaragoza", Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Zaragoza, Aragón y La Rioja, Centro de Estudios de Ibercaja, pp. 45-67.
- SÁNCHEZ, S. et al. (2008): "Servicios avanzados a las empresas en la ciudad de Madrid: claves de un sector estratégico". En Antón, F.J. y Sánchez, S. (Eds.): "Comercio, servicios y transporte: patrones de una sociedad avanzada", Grupo Geografía de los Servicios, AGE, pp. 227-241.
- SÁNCHEZ, S. (2012): "The challenge of Regional Development in a world of changing hegemonies: knowledge, competitiveness and austerity". XXXVIII Reunión de Estudios Regionales, Asociación Española de Ciencia Regional, 25 pp.
- SÁNCHEZ-OLLERO, J. L. et al. (2014): "Una aproximación al impacto socioeconómico de la alta velocidad ferroviaria en Andalucía". Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, nº 64, pp. 341-356.
- SÁNCHEZ OGALLAR, A. (1999): "Conocimiento geográfico. Procedimientos y técnicas para el aula en Secundaria". Ed. Narcea. Ministerio de Educación y Cultura.
- SANFELIU, C. (2010): "Interés de la alta velocidad en Australia". Tesina d' Especialitat. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals y Ports de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya, 115 pp.
- SANTOS PRECIADO, J. M. et al. (2006): "La movilidad interurbana en la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla: Rasgos definitorios a los 10 años de su implantación". Anales de Geografía de la Universidad Complutense, nº 26, pp. 147-165.
- SANTOS Y GANGES, L. (2002): "La gran velocidad ferroviaria en España: ancho de vía y duplo-red". Polígonos, Revista de Geografía, nº 11-12, pp. 137-165.
- SANTOS Y GANGES, L. (2007): "Urbanismo y ferrocarril. La construcción del espacio ferroviario en las ciudades medias españolas". Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid, 456 pp.
- SANZ, A. (2000): "El mito de las redes transeuropeas: Transporte y sostenibilidad en la Unión Europea". Seminario "Las redes transeuropeas (RTE) y el modelo federal de la Unión Europea". Marcial Pons, Madrid.
- SANZ, A. (2009): "Hiper movilidad. Síntomas, reacciones y alternativas". Boletín CF+S, Ciudades para un Futuro más Sostenible, Valencia.
- SASTRE, N. (2010): "El tren de alta velocidad en Girona: renovación urbana e integración regional". X Coloquio y Jornadas de Campo de Geografía Urbana. Asociación de Geógrafos Españoles, Universidad de Oviedo, Universidad de Cantabria, Universidad del País Vasco, pp. 522-532.
- SAUTU, R. et al. (2005): "Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de objetivos y elección de la metodología". Colección Campus Virtual, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, 187 pp.

- SCHWEITZER, M. (2010): "La construcción del territorio a partir de las redes ferroviarias". Debate sobre Ciudad y Territorio, los aportes del CIHaM. Fadu/Nobuko, Buenos Aires, pp. 139-164.
- SCHWEITZER, M. (2011): "Alta velocidad ferroviaria: la experiencia en España, Francia y Alemania y los proyectos para Argentina". Revista Transporte y Territorio nº 5, Universidad de Buenos Aires, pp. 88-120.
- SEGUÍ, J. M. y PETRUS, J. M. (1991): "Geografía de redes y sistemas de transporte". Síntesis, Madrid, 231 pp.
- SEGUÍ, J. M. (2005): "Las infraestructuras de transporte y el territorio en España". Instituto de Estudios Sociales Avanzados (IESA, CSIC). Universitat Illes Balears.
- SEGURA, F. (2003): "¿Por qué Ecologistas en Acción se opone al AVE?". Ecologistas en Acción de Valladolid, 11-10-2003.
- SEGURA, F. (2005): "El PEIT: Echando leña al fuego". Ecologistas en Acción.
- SEGURA, F. (2012): "Infraestructuras de Transporte y crisis. Grandes obras en tiempos de recortes sociales". Libros en Acción, 95 pp.
- SENSERRICH, R. (2012): "Renfe y los servicios deficitarios". Blog Politikon. Ahora+Política+Economía+Internacional+Sociedad.
- SEQUEIROS, L. (1998): "De la III Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro, 1992) al fracaso de la Conferencia de Kioto (1997): Claves para comprender mejor los problemas ambientales del planeta". Enseñanza de las Ciencias de la Tierra: Revista de la Asociación Española de las Ciencias de la Tierra, Vol. 6, nº 1, pp. 3-12.
- SERRANO, A. (2010): "Cambio global España 2020. Programa Transporte". Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental. Fundicot, 206 pp.
- SERRANO, J. M. (2000): "El ferrocarril de alta velocidad en España. Evolución y perspectivas frente al tercer milenio". Nimbus, 5-6, pp.125-154.
- SERRANO, J. M. et al. (2010): "La política de transporte ferroviario en España. Los corredores de alta velocidad: sus potenciales y limitaciones". Scriptanova, Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales (Serie Geocrítica). Vol. XIV, nº 331 (20).
- SERWAY, R. A. y JEWETT, J. W. (2006): "Física para Ciencias e Ingenierías". Cengage Learning, Vol. 6, 723 pp.
- SIDNEY, S. (1846): "Gauge evidence. The history and prospects of the railway system". Ridmonds, 154, Strand and Vacher, Parliament Street, London, 487 pp.
- STARCK, S. C. (2012): "The Theoretical Foundation of Gravity Modeling: What are the developments that have brought gravity modeling into mainstream economics?" Master Thesis, Copenhagen Business School, Department of Economics, 71 pp.
- STEAD, D. (2001): "The European Transport White Paper". European Journal of Transport and Infrastructure Research, issue 1 (4), pp. 15-18.
- STEAD, D. (2006): "Mid-term review of the European Commission's 2001 Transport White Paper". European Journal of Transport and Infrastructure Research, issue 6 (4), pp. 365-370.
- SULE, M. A. y GONZÁLEZ, A. M. (1994): "Expectativas de la utilización del Yield Management en las empresas turísticas de Castilla y León". IV Congreso de Economía Regional de Casilla y León, Comunicaciones 1, pp. 170-184.
- SUMPSI, C. y MARTÍ, X. (1990): "Un projecte integrat en el medi ambient: la nova línia d'alta velocitat Barcelona-Perpinyà". Espais, nº 25, pp. 4-14.
- SUWARDHI, D. et al. (2007): "Utilization of Graph Theory on Web-Based Application for Optimal Route Determination". Spatial Information Science & Technology (SISTECH). Bandung (Indonesia).

- TAAFFE, E. J., GAUTHIER, H. y O'KELLY, M. (1996): "Geography of Transportation". Prentice Hall, New Jersey, 226 pp.
- TAKAGI, R. (2005): "High Speed Railways: The last 10 Years". Japan Railways and Transport Review, nº 40, pp. 1-4.
- TAMAMES, R. (2012): "La importancia crucial de las infraestructuras en el desarrollo económico". Ingeniería y Territorio, nº 93, pp. 28-31.
- TAMARIT, J. (2000): "Proyecto EMSET: Demostración de la interoperatividad ferroviaria europea". Ingeniería Civil, nº 118, pp. 25-45.
- TAN, S. W. (2013): "Structural estimation of a Flexible Translog Gravity Model". United States International Trade Commission, 44 pp.
- TANIGUCHI, M. (1992): "High speed rail in Japan: a review and evaluation of the Shinkansen train". University of California, Working paper no. 103, 80 pp.
- TAPIADOR, F. J. (1998): "Estudio topológico de optimización de la red de carreteras castellano-leonesa". Actas del VIII Congreso del Grupo de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Tecnología Geográfica para el siglo XXI, Barcelona, pp. 95-105.
- TIMILSINA, G. R. y DULAL, H. B. (2009): "Regulatory instruments to control environmental externalities from the transport sector". European Transport\Trasporti Europei, nº 41, pp. 80-112.
- TINBERGEN, J. (1962): "Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy". The Twentieth Century Fund, New York, 341 pp.
- TINKLER, K. J. (1977): "An introduction to Graph Theoretical Methods in Geography". En Geo Abstracts, Concepts and Techniques in Modern Geography (CATMOG), 1977, vol. 14.
- TOMASSETTI, Z. (2004): "Costos marginales en el transporte aéreo. Aspectos teóricos y prácticos". Facultad de Ciencias Económicas, Uncuyo (Mendoza, Argentina), 15 pp.
- TORREGO, F. (1986): "Geografía de los Transportes". Anales de Geografía de la Universidad Complutense, nº 6, pp. 285-295.
- TORRES, V. y OLMOS, J. (2005): "El mito de las infraestructuras". En Diario *El País*, 8 de agosto.
- TORRES, V. (2005): "¿AVE o ferrocarril?". Boletín CF+S, Ciudades para un futuro más sostenible, nº 28.
- TURK, T. y GUMUSAY, M. U. (2004): "GIS Design and application for tourism". Yildiz Technical University (YTU), Turkey, 4 pp.
- TURRÓ, M. (1999): "Going Trans-european. Planning and financing transport networks for Europe". Pergamon, Elsevier Science, 376 pp.
- TURRÓ, M. et al. (2013): "El AVE a debate". Jornadas de política de infraestructuras. Asociación Española de la Carretera (AEC). Publicado en blog Asintra.
- ULLMAN, E. L. y MAYER, H. M. (1954): "Transportation Geography". American Geography, 27 pp.
- UREÑA, J. M. et al. (2006): "Análisis de las consecuencias territoriales del AVE en ciudades pequeñas: Ciudad Real y Puertollano". Estudios Geográficos, LXVII, nº 260, pp. 199-229.
- UREÑA, J. M. et al. (2012): "El análisis de la red en las ciudades intermedias sobre líneas de alta velocidad". Ciudad y territorio. Estudios Territoriales, nº 173, pp. 483-497.
- URRUTIA, C. (2014): "Renfe perderá este mes el monopolio de viajeros tras 73 años". Diario *El Mundo*, 16 de mayo.

- UYSAL, M. y CROMPTON, J. L. (1985): "An Overview of Approaches Used to Forecast Tourism Demand". *Journal of Travel Research*, nº 23, 7, pp. 6-15.
- VALDÉS, A. (1998): "Consideraciones sobre un plan de ferrocarriles de alta velocidad". *Revista de Obras Públicas*, nº 3.382, pp. 7-9.
- VAN DEN BERG, L. y POL, P. M. J. (1997): "The urban implications of the developing European high-speed train network". *Environment and Planning C: Government and Policy* no. 16 (4), pp. 83-97.
- VASSALLO, J. M. (2010): "Financiación privada de infraestructuras en España: pasado, presente y futuro". Seminario sobre colaboración del sector público y privado en infraestructuras. Transyt, Universidad Politécnica de Madrid, Santiago de Compostela, 37 pp.
- VASSALLO, J. M. (2011): "La Política de Infraestructuras de Transporte: Redes Transeuropeas". Seminario "El transporte como factor clave del desarrollo económico y bienestar social", Transyt, Universidad Politécnica de Madrid; 28 pp.
- VENTURA, J. (2013): "Redes para la cooperación a distintas escalas: asociacionismo municipal, regiones europeas y programas transnacionales". *Revista de Estudios Andaluces*, nº 30, pp. 48-77.
- VICIANO, V. J. (2011): "Segregación de ferrocarriles, ¿una apuesta para FGV?" Blog Un Tram de Tren.
- VICKERMAN, R. W. (1995): "The regional impacts of Trans-European networks". *The Annals of Regional Science*, nº 29, pp. 237-254.
- VICKERMAN, R. W. (1997): "High speed rail in Europe: experience and issues for future development". *The Annals of Regional Science*, nº 31, pp. 21-38.
- VICKERMAN, R. W. (2006): "Indirect and wider economic impacts of High-Speed Rail". Paper for 4th Annual Conference on Railroad Industry Structure, Competition and Investment, Universidad Carlos III, Madrid, 18 pp.
- VICKERMAN, R. W. (2015): "High-speed rail and regional development: the case of intermediate stations". *Journal of Transport Geography*, nº 42, pp. 157-165.
- VV.AA. (1993): "Transport Growth in Question". Twelfth International Symposium on Theory and Practice in Transport Economics. European Conference of Ministers of Transport, Lisboa, 654 pp.
- VV.AA. (1996): "Políticas Europeas de Transporte. Efectos territoriales derivados de las políticas comunitarias relacionadas con las infraestructuras de transporte". Grupo de Transportes, Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medioambiente. *Revista de Obras Públicas*, nº 36, pp. 20-39.
- VV.AA. (1998): "La fiabilidad de la experiencia. TALGO XXI". Empresa TALGO, 7 pp.
- VV.AA. (2004): "La Red Transeuropea de Transporte: Un plan crucial para Europa". Price Waterhouse Coopers, 26 pp.
- VV.AA. (2006a): "Air and rail competition and complementarity. Final report for the European Commission". Steer Davies Gleave, London.
- VV.AA. (2006b): "La normativa comunitaria del sector ferroviario europeo". Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española (PTFE), Madrid, 15 pp.
- VV.AA. (2010a): "High Speed around the world. Maps". High Speed Department, UIC, 18 pp.
- VV.AA. (2010b): "Impacto de la alta velocidad en poblaciones: el efecto sombra". Ministerio de Fomento, *Revista Estudios Construcción y Transporte* (112), pp. 65-78.
- VV.AA. (2012a): "La aportación del ferrocarril-tren, metro, tranvía a la sostenibilidad en España. Ahorro de costes externos en 2010". Foro de Empresas Ferroviarias por la Sostenibilidad (FEFS), 28 pp.

- VV.AA. (2012b): "Proyecto de túnel ferroviario a través del Estrecho de Gibraltar". Société Nationale d' Études du Déroit (SNED) y Sociedad Española para la Comunicación Fija a través del Estrecho de Gibraltar (SECEG), Ministerio de Fomento, 15 pp.
- VV.AA. (2012c): "High speed rail study in Australia. Phase 2 Report. Key findings and executive summary". Sidney, 56 pp.
- VV.AA. (2012d): "Norway High Speed Rail Assessment Study: Phase III". Model Development Report, Final Report. Atkins, Leeds, 83 pp.
- VV.AA. (2013a): "Commission Mobilité 21. Pour un schema national de mobilité durable". Rapport au ministre chargé des transports, de la mer et de la pêche, 89 pp.
- VV.AA. (2013b): "Tren 2020. Propuesta ferroviaria para una nueva realidad". Comisiones Obreras, Greenpeace, WWF-Adena, Promoció del Transport Públic. Resumen ejecutivo, mayo 2013, 35 pp.
- VV.AA. (2014): "NTV presenta *Italo*". Presentación pública, 24 pp.
- WALKER, W.E. et al. (2009): "Assessing the variation in rail interoperability in 11 European countries, and barriers to its improvement". European Journal of Transport and Infrastructure Research, issue 9 (1), pp. 4-30.
- WANG, L. (2012): "Introducción a la teoría de nudos". Dir.: Etayo, F., Universidad de Cantabria, 35 pp.
- WATERS, M. (2007): "Network and Nodal Indices. Measures of Complexity and Redundancy: a Review". 33 pp.
- WHITELEGG, J. (2010): "Transporte y economía. Un planteamiento para el siglo XXI". Ekonomiaz, nº 73, pp. 128-147.
- WILLUMSEN, L. G. y ORTÚZAR, J. de D. (2011): "Modelling transport". Wiley, 4th edition, 608 pp.
- WU, J. (2013): "The financial and economic assessment of China's high-speed rail investments: a preliminary analysis." Discussion paper no. 28, International Transport Forum, OECD (OCDE), París.
- XIMÉNEZ, P. (2014): "ACS se sube al AVE de California". Diario *El País*, sección Economía, 14 de diciembre.
- YAMAGUCHI, K. y YAMASAKI, K. (2009): "High-speed inter-city transport system in Japan: past, present and the future". Joint Transport Research Centre, Discussion paper no. 17, International Transport Forum, OECD (OCDE), París.
- YERRA, B. M. y LEVINSON, D. M. (2006): "The emergence of hierarchy in transportation networks". The Annals of Regional Science, nº 39 (3), pp. 541-553.
- ZAHAVI, Y. (1982): "The travel money budget". Technical memorandum. Mobility Systems, Inc., 19 pp.
- ZARAGOZA, A. et al. (2012): "Las redes transeuropeas de transporte. Una visión crítica y constructiva de su efecto en España". Revista de Obras Públicas, nº 3.529, pp. 45-62.
- ZÁRATE, M. A. y RUBIO, M. T. (2006): "Glosario y prácticas de Geografía Humana". Ed. Ramón Areces, Madrid, 544 pp.
- ZEMBRI, P. (2005): "El TGV, la red ferroviaria y el territorio en Francia". Ingeniería y Territorio, nº 70, pp. 12-21.

FUENTES LEGISLATIVAS Y DOCUMENTALES

BANCO EUROPEO DE INVERSIONES (2006): "Financiaciones del BEI para las Redes Transeuropeas". Luxemburgo, 12 pp.

COMISIÓN EUROPEA (1985): "Completing the internal market. White paper from the Commission to the European Council". Milán, 58 pp.

COMISIÓN EUROPEA (1990): "Hacia unas redes transeuropeas. Programa de Acción Comunitario". Bruselas.

COMISIÓN EUROPEA (1994): "Libro Blanco. Crecimiento, competitividad y empleo: retos y pistas para entrar en el siglo XXI". Bruselas.

COMISIÓN EUROPEA (1999): "ETE. Estrategia Territorial Europea. Hacia un desarrollo equilibrado y sostenible del territorio de la UE". Potsdam.

COMISIÓN EUROPEA (2001): "Libro Blanco. La política europea de transportes de cara a 2010: la hora de la verdad". Bruselas.

COMISIÓN EUROPEA (2006): "Por una Europa en movimiento. Movilidad sostenible para nuestro continente. Revisión intermedia del Libro Blanco de transporte de la Comisión Europea de 2001". Bruselas.

COMISIÓN EUROPEA (2008): "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects". Bruselas, 257 pp.

COMISIÓN EUROPEA (2010): "TEN-T. Trans-European Transport Network. Implementation of the Priority Projects. Progress Report 2010". 150 pp.

COMISIÓN EUROPEA (2011): "Libro Blanco. Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible". Bruselas, 35 pp.

COMISIÓN EUROPEA (2014): "Transporte. Comprender las políticas de la Unión Europea". Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo, 20 pp.

CONSEJO EUROPEO (2001): "Presidency conclusions". Göteborg, 23 pp.

INECO, MINISTERIO DE FOMENTO (2013): "Definición de los servicios ferroviarios de Media Distancia que se regirán por obligaciones de servicio público y análisis intermodal por corredores de los servicios de transporte de viajeros de Media Distancia por ferrocarril y carretera." Madrid, 387 pp.

LEY 39/2003, de 17 de noviembre de 2003, del Sector Ferroviario. BOE nº 276, pp. 20978.

LEY 9/2006, de 28 de abril de 2006, sobre la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medioambiente. BOE nº 102, pp. 16820.

LEY 2/2011, de 4 de marzo de 2011, de Economía Sostenible. BOE nº 55, pp. 25033.

MINISTERIO DE FOMENTO (2000): "Plan de Infraestructuras de Transporte (PIT) 2000-2007". Madrid.

MINISTERIO DE FOMENTO (2004): "Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (PEIT) 2005-2020". Madrid, 182 pp.

MINISTERIO DE FOMENTO (2005): "Informe Sost. Ambiental PEIT". Madrid, 183 pp.

MINISTERIO DE FOMENTO (2007): "Encuesta de Movilidad de las personas residentes en España". Madrid, 474 pp.

MINISTERIO DE FOMENTO - MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, RURAL Y MARINO (2009): "Estrategia Española de Movilidad Sostenible", 43 pp.

MINISTERIO DE FOMENTO (2010a): "ADIF. Memoria Económica 2009". Madrid, 212 pp.

MINISTERIO DE FOMENTO (2010b): “Plan Extraordinario Infraestructuras”. Madrid.

MINISTERIO DE FOMENTO (2010c): “La política europea de transporte”. En: “Análisis, información y divulgación sobre la aportación del transporte por carretera a la intermodalidad”, Capítulo 2, 25 pp.

MINISTERIO DE FOMENTO (2012a): “Memoria del Comité de Regulación Ferroviaria e Informe sobre el mercado y el sector ferroviario en España 2011”. Madrid, 58 pp.

MINISTERIO DE FOMENTO (2012b): “ADIF. Memoria Económica 2011”. Madrid, 228 pp.

MINISTERIO DE FOMENTO (2013): “Los transportes y las infraestructuras. Informe Anual 2012”. Madrid, 296 pp.

MINISTERIO DE FOMENTO (2015): “Anteproyecto de Ley del Sector Ferroviario”. Madrid, 14 pp.

SACTRA (1999): “Transport and the economy: summary report”. Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment. London, UK, 9 pp.

UNITED NATIONS (2012): “Population and Vital Statistics Report”. Statistical Papers, series A, vol. LXIV, Economic and Social Affairs, 26 pp.

FUENTES TELEMÁTICAS

- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
<http://www.adif.es>
- Red Nacional de Ferrocarriles Españoles
<http://www.renfe.com>
- Boletín Oficial del Estado
<http://www.boe.es>
- Ministerio de Agricultura y Medioambiente¹⁵³
<http://www.magrama.es/>
- Ministerio de Fomento¹⁵⁴
<http://www.fomento.es/>
- Union Internationale des Chemins de Fer
<http://www.uic.org/>
- International Transport Forum
<http://www.internationaltransportforum.org/>
- Geoportal Infraestructura de Datos Espaciales de España
<http://www.idee.es>
- Société Nationale des Chemins de Fer Français
<http://www.sncf.com/>
- Réseau Ferré de France
<http://www.rff.fr>

¹⁵³ Antiguo Ministerio de Medioambiente, Medio Rural y Marino.

¹⁵⁴ Antiguo Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

- Deutsche Bahn AG
<http://www.bahn.de>
- Trenitalia. Gruppo ferrovie dello stato italiane
<http://www.trenitalia.com/>
- Ferrovie dello Stato Italiane
<http://www.fsitaliane.it/>
- Rete Ferroviaria Italiana
<http://www.rfi.it/>
- Nuovo Trasporto Viaggiatori
<http://www.ntvspa.it/>
- Central Japan Railway Company
<http://english.jr-central.co.jp/>
- Train à Grand Vitesse du Maroc
<http://www.tgvmaroc.ma/>
- Comisión Europea
<http://ec.europa.eu/>
- Diario Oficial de la Unión Europea
<http://eur-lex.europa.eu/>
- Comisión Nacional de Energía
<http://www.cne.es/>
- Red Eléctrica de España
<http://www.ree.es>
- Sociedad Estatal de Participaciones Industriales
<http://www.sepi.es/>
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia
<http://www.cnmc.es/>
- Congreso de los Diputados
<http://www.congreso.es/>
- Junta de Andalucía
<http://www.juntadeandalucia.es/>
- Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF)
<http://www.caf.es/>
- Tren Articulado Ligero Goicoechea Oriol (TALGO)
<http://www.talgo.com/>
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC): Base de datos bibliográfica
<http://bddoc.csic.es/>
- Portal de difusión científica
<http://dialnet.unirioja.es/>

- Portal de revistas científicas
<http://www.persee.fr/>
- Portal de revistas científicas
<http://www.sciencedirect.com/>
- Ley de Economía Sostenible
<http://www.economiasostenible.gob.es/>
- Web de alta velocidad ferroviaria
<http://www.altavelocidad.org>
- Web de la aplicación de búsqueda en bases de datos de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles
<http://www.docutren.com>
- Revista Tren
<http://www.revistatren.com/>
- Railway Gazette Group
<http://www.railwaygazette.com/>
- International Railway Journal
<http://www.railjournal.com/>
- Tecnología en el sector ferroviario
<http://www.railway-technology.com/projects>
- European Rail Research Advisory Council
<http://www.errac.org/>
- Cartografía de la red TGV
http://cheminet.free.fr/tgv_rha_plan.php
- Blog ferroviario
<http://trenecicos.com>
- River Information Services Portal
<http://www.ris.eu/>
- Banco Mundial
<http://datos.bancomundial.org/>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)
<http://www.unesco.org/most/ciudades.pdf>
- European Urban Knowledge Network (Red de Conocimiento Urbano Europeo)
www.eukn.org
- Mercados de las Infraestructuras y la Construcción
<http://www.mercadosdelasinfraestructuras.com/>
- Portal de información financiera
<http://www.finanzas.com/>
- Portal de información empresarial y financiera
<http://www.capitalmadrid.com/>

- Plataforma de Comercialización Global Amadeus
<http://www.amadeus.com/web/amadeus/es>
- Portal de legislación
<http://noticias.juridicas.com/>
- Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
<http://www.ciccp.es>
- Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas e Ingenieros Civiles
<http://www.citop.es/>
- Portal de Ingeniería Civil y Medioambiente
<http://www.miliarium.com>
- Edreams - AVE
<http://ave-renfe.edreams.es/>
- Rail Europe
<http://www.raileurope.com.ar/about-us/>
- Profesionales del Turismo
<http://www.preferente.com>
- Viajes y Turismo
<http://www.turinfo.es/blog/2013/>
- Viajes a bajo coste
<http://www.guialowcost.es/>
- Viajes
<http://www.viaje-a-china.com/>
- Comunidad de viajeros en la red
<http://www.viajerosonline.org/>
- ALOSA, autocares y autobuses, S.L.
<http://alosa.avanzabus.com/>
- Fundación Ideas
<http://www.fundacionideas.es/publications/articles/3474>
- Fundación para Estudios de Economía Aplicada (FEDEA)
<http://www.fedea.net/>
- Biblioteca CF+S, Ciudades para un Futuro más Sostenible
<http://habitat.aq.upm.es/>
- Interempresas
<http://www.interempresas.net>
- Observatorio de la Logística
<http://www.cadenadesuministro.es>
- Centro Logístico de Antequera
<http://www.clantequera.com/>

- Acotral Logística

<http://www.acotral.com/home.php>

- IEEE Global History Network (Red de Historia Global de Ingenieros Electricistas y Electrónicos)

<http://www.ieeeahn.org/>

- Confederación de Forestalistas del País Vasco

<http://www.basoa.org>

- Web de Arte y Cultura en español

<http://www.espanolsinfronteras.com/>

- Portal de Filosofía, Psicología y Humanidades en Internet

<http://www.e-torredebabel.com/>

- Conversor de medidas

<http://www.metric-conversions.org/es/>

- Enciclopedia virtual

<http://www.eumed.net/>

- Enciclopedia virtual

<http://www.wikipedia.org/>

- Diario Le Monde Diplomatique

<http://www.monde-diplomatique.es/>

- Diario El País

<http://www.elpais.es>

- Diario El Mundo

<http://www.elmundo.es>

- Diario La Razón

<http://www.larazon.es/>

- Diario ABC

<http://www.abc.es/>

- Diario Público

<http://www.publico.es/>

- Diario El Economista

<http://www.eleconomista.es/>

- Diario Expansión

<http://www.expansion.com/>

- Diario Faro de Vigo

<http://www.farodevigo.es/>

- Diario La Región

<http://www.laregion.es/>

- Diario de Cádiz

<http://www.diariodecadiz.es/>

- Diario Palentino

<http://www.diariopalentino.es/>

FUENTES ESTADÍSTICAS

- Eurostat (Statistical Office of the European Communities)

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>

- Instituto Nacional de Estadística

<http://www.ine.es/>

- Observatorio del Ferrocarril (Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Ministerio de Fomento)

<http://www.observatorioferrocarril.es/>

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. El corredor de alta velocidad del Levante	60
Mapa 2. La alta velocidad en el mundo (2012)	65
Mapa 3. Los 14 proyectos prioritarios del Grupo Christophersen o Proyectos de Essen	76
Mapa 4. La Red Transeuropea de Transporte y los treinta Ejes y Proyectos Prioritarios	82
Mapa 5. Corredores de la red principal, en conformidad con el artículo 44, apartado 2, del Reglamento sobre la Red Transeuropea de Transporte	93
Mapa 6. Modelos de separación de los servicios de operaciones e infraestructura... 101	
Mapa 7. Esquema Director de la Red Europea de Ferrocarril de Gran Velocidad	106
Mapa 8. Red de alta velocidad europea (2010)	109
Mapa 9. Red de alta velocidad europea. Previsión para 2025	110
Mapa 10. Líneas RENFE afectadas por el cierre de 1985 y evolución posterior.....	128
Mapa 11. Plan de Transporte Ferroviario 1987-2000	130
Mapa 12. Plan Director de Infraestructuras. Alta velocidad y principales actuaciones estructurantes	133
Mapa 13. Plan de Infraestructuras de Transporte. Actuaciones para alta velocidad. Horizonte 2010.....	138
Mapa 14. Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte. Alta Velocidad Horizonte 2020	145
Mapa 15. Red Transeuropea de Transporte. Proyecto Prioritario 16. Eje ferroviario de mercancías Sines/Algeciras-Madrid-París	162
Mapa 16. Promedio diario de circulaciones de mercancías en la red ferroviaria estatal	164
Mapa 17. Corredores ferroviarios de mercancías e inversiones previstas	167
Mapa 18. Red ferroviaria de ancho ibérico y UIC (31 de diciembre de 2013)	178
Mapa 19. Red nacional de alta velocidad (2014).....	183
Mapa 20. Red de alta velocidad de la Península Ibérica (2014).....	183
Mapa 21. Red de alta velocidad según velocidad máxima permitida (2014).....	186
Mapa 22. Red de alta velocidad japonesa (2010).....	192
Mapa 23. Red de alta velocidad francesa (2012)	196
Mapa 24. Red de alta velocidad alemana (2012)	198
Mapa 25. Red de alta velocidad italiana (2012).....	201
Mapa 26. Red de alta velocidad china (2014).....	202
Mapa 27. Futura línea de alta velocidad La Meca-Medina (Arabia Saudí).....	204
Mapa 28. Proyecto de alta velocidad en el estado de California, Estados Unidos	205
Mapa 29. Proyecto de línea de alta velocidad Tánger-Casablanca-Agadir (Marruecos)	206
Mapa 30. Proyecto de enlace ferroviario subterráneo en el estrecho de Gibraltar	207
Mapa 31. Jerarquía de nodos por número de enlaces	250
Mapa 32. Esquema de enlaces directos e indirectos (nodos consecutivos y no consecutivos)	264
Mapa 33. Longitud media de la cadena de enlaces para cada nodo.....	269
Mapa 34. Frecuencias medias en alta velocidad por corredores.....	270

Mapa 35. Masas demográficas de las provincias y núcleos con alta velocidad (mil. hab.) (2014).....	278
Mapa 36. Dinámica demográfica de las provincias y núcleos con alta velocidad (2008-2014)	283
Mapa 37. Contracción del espacio por efecto de la alta velocidad	379
Mapa 38. Propuesta de líneas ferroviarias de la red convencional a suprimir	383

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (Unión Europea).....	55
Tabla 2. Especificaciones Técnicas de algunas líneas de alta velocidad.....	56
Tabla 3. Velocidades máximas y velocidades medias en distintos tipos de trenes de alta velocidad	59
Tabla 4. Proyecto ferroviario AVE Madrid-Mediterráneo. Tiempos de recorrido (sin paradas intermedias)	61
Tabla 5. Estado de la red de alta velocidad por países (2014).....	63
Tabla 6. Longitud de redes de alta velocidad del mundo según Estado, país y continente (2014)	66
Tabla 7. Listado de Proyectos Prioritarios incluidos en el Reglamento 3359/90/CE	73
Tabla 8. Listado de Proyectos del Grupo Christophersen o Proyectos de Essen	75
Tabla 9. Los Proyectos Prioritarios del Grupo Van Miert.....	79
Tabla 10. Lista de Proyectos Prioritarios de Van Miert (Essen + 16)	81
Tabla 11. Estado de implementación de los proyectos prioritarios (PP) de la Red Transeuropea de Transporte (2012).....	83
Tabla 12. Códigos de países	84
Tabla 13. Listado de proyectos ferroviarios de alta velocidad. Resolución 91/C 33/01.....	108
Tabla 14. Lista de las rutas iniciales de corredores de mercancías	114
Tabla 15. Códigos de países	115
Tabla 16. Evolución cronológica de la Red Transeuropea de Transporte	120
Tabla 17. Evolución cronológica del proceso de liberalización del ferrocarril de la Unión Europea	122
Tabla 18. Líneas de ancho ibérico (1.668 mm) altamente deficitarias.....	126
Tabla 19. Proyectos Prioritarios para España.....	134
Tabla 20. Plan de Infraestructuras de Transporte (2000-2007). Inversiones en el periodo 2000-2010	136
Tabla 21. Evolución de diferentes redes ferroviarias nacionales (km).....	142
Tabla 22. Líneas contempladas en el Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte con tramitación paralizada.....	149
Tabla 23. Valoración económica de las actuaciones del PITVI (2012-2024). Transportes.....	150
Tabla 24. Resumen del organigrama directivo de la Entidad Pública Empresarial y las Sociedades Mercantiles (febrero de 2014)	155
Tabla 25. Lista de las rutas iniciales de corredores de mercancías para España	165
Tabla 26. Plan Estratégico Fomento Transporte Mercancías Ferroviarias (2010). Reparto presupuestario por Líneas Estratégicas.....	169
Tabla 27. Plan Estratégico Fomento Transporte Mercancías Ferroviarias (2010). Fuentes de financiación	169
Tabla 28. Evolución cronológica de la política de transportes española	173
Tabla 29. Evolución cronológica del proceso de liberalización ferroviaria a nivel español	175
Tabla 30. Estaciones de alta velocidad de la red española (operativas en marzo de 2015)	180
Tabla 31. Corredores en construcción o en proyecto	184
Tabla 32. Diversidad de servicios en cada línea Shinkansen.....	193

Tabla 33. Especificaciones técnicas: Primeras líneas de alta velocidad en servicio y línea de alta velocidad Colonia-Frankfurt.....	199
Tabla 34. Cuadro de criterios comparativos.....	208
Tabla 35. Líneas de tren de alta velocidad en servicio o en construcción (2014). Velocidad \geq 250 km/h.....	209
Tabla 36. Longitud y densidad de diferentes redes nacionales de alta velocidad (2014)	211
Tabla 37. Longitud de la red de alta velocidad (km) según nivel de ejecución. (2014)	213
Tabla 38. Longitud de la red de alta velocidad según nivel de ejecución. Porcentaje sobre el total mundial. (2014).....	214
Tabla 39. Pasajeros totales y por kilómetro de red de alta velocidad	216
Tabla 40. Velocidades medias calculadas para algunas líneas de alta velocidad del mundo (2014).....	218
Tabla 41. Material rodante de alta velocidad en España (2014).....	221
Tabla 42. Distribución de servicios según tipología de material rodante	234
Tabla 43. Matriz de conectividad en la red española de alta velocidad	246
Tabla 44. Número de enlaces A-B + B-A por cada nodo (2014).....	248
Tabla 45. Relación de arcos y nodos en redes de alta velocidad consideradas (2014)	251
Tabla 46. Resultados de los índices de conectividad	251
Tabla 47. Matriz de frecuencias en la red española de alta velocidad.....	254
Tabla 48. Matriz de frecuencias (servicios AVE, Avant y AV City) en la red española de alta velocidad	255
Tabla 49. Número de enlaces según frecuencias	256
Tabla 50. Matriz de medidas topológicas de accesibilidad (enlaces totales).....	262
Tabla 51. Matriz de medidas topológicas de accesibilidad (mínimos enlaces).....	263
Tabla 52. Resultados de los índices de accesibilidad.....	265
Tabla 53. Valores de los índices Shimmel y Omega para nodos con más de diez enlaces.....	267
Tabla 54. Masas demográficas provinciales y municipales (expresado en millones de habitantes), 2014	276
Tabla 55. Dinámica demográfica de las provincias (millones de habitantes).....	280
Tabla 56. Dinámica demográfica de los núcleos base de los nodos de la red de alta velocidad (millones de habitantes).....	281
Tabla 57. Matriz de distancias (kilómetros).....	286
Tabla 58. Distancias de la red de alta velocidad nacional: totales y medias (kilómetros), marzo de 2015	287
Tabla 59. Distancias medias de la red de alta velocidad nacional entre nodos consecutivos: segregación por líneas (kilómetros), marzo de 2015	287
Tabla 60. Tipología de tramos de la red de alta velocidad.....	291
Tabla 61. Número de relaciones según tipología de casos	293
Tabla 62. Matriz de tipos de casos.....	294
Tabla 63. Matriz de Coeficientes Gravitatorios (CG) según tipología de enlace tipos de casos	296
Tabla 64. Relación de grupos de enlaces según criterios de masa demográfica y distancia kilométrica lineal.....	297
Tabla 65. Matriz de grupos de enlaces a partir de la clasificación por masa y proximidad.....	298

Tabla 66. Distribución de relaciones según grupos	299
Tabla 67. Matriz de Coeficientes Gravitatorios (CG) según grupos a partir de la clasificación por masa y proximidad	300
Tabla 68. Coeficientes Gravitatorios (CG). Resultados para Grupo 1	301
Tabla 69. Coeficientes Gravitatorios (CG). Resultados para Grupo 2	302
Tabla 70. Coeficientes Gravitatorios (CG). Resultados para Grupo 3	305
Tabla 71. Coeficientes Gravitatorios (CG). Resultados para Grupo 4	305
Tabla 72. Matriz de Pasajeros Máximos Potenciales (millones) (I)	313
Tabla 73. Matriz de Pasajeros Máximos Potenciales (millones) (II)	315
Tabla 74. Matriz de Pasajeros Máximos Potenciales (millones) (III)	316
Tabla 75. Volumen potencial de pasajeros (millones). Resultados para Grupo 1	317
Tabla 76. Volumen potencial de pasajeros (millones). Resultados para Grupo 2	318
Tabla 77. Volumen potencial de pasajeros (millones). Resultados para Grupo 3	319
Tabla 78. Volumen potencial de pasajeros (millones). Resultados para Grupo 4	319
Tabla 79. Comparación de resultados de demanda de tráfico potencial con datos reales para diferentes enlaces en alta velocidad	322
Tabla 80. Valores obtenidos en los gráficos de dispersión para las relaciones entre variables y tipo de tráfico	327
Tabla 81. Trayectos cubiertos por servicios Avant (2014)	336
Tabla 82. Ejemplos de líneas de alta velocidad y su cuota de mercado sobre el resto de modos de transporte	344
Tabla 83. Comparación de cuotas de mercado del transporte aéreo anterior y posterior a la llegada de la alta velocidad en distancias entre 200 y 600 kilómetros.....	344
Tabla 84. Costes de construcción por corredores de alta velocidad	349
Tabla 85. Costes de mantenimiento de la infraestructura por países.....	349
Tabla 86. Cuadro sinóptico de actores intervinientes en un proyecto de alta velocidad	350
Tabla 87. Tipología de billetes de alta velocidad	357
Tabla 88. Estrategia de descuentos de RENFE Operadora	359
Tabla 89. Tarifas en alta velocidad para diferentes rutas (euros).....	362
Tabla 90. Evolución demográfica en Ciudad Real, Puertollano y resto de capitales provinciales manchegas (1991-2011)	375
Tabla 91. Evolución del parque de viviendas en Ciudad Real, Puertollano y resto de capitales provinciales manchegas (1991-2011).....	375
Tabla 92. Categorización de líneas según nivel de ocupación y rentabilidad.....	381
Tabla 93. Resultados económicos de los servicios convencionales.....	381
Tabla 94. Propuesta de líneas ferroviarias de la red convencional a suprimir.....	382
Tabla 95. Distribución de oferta según tipología de trenes y línea de alta velocidad (%)	384
Tabla 96. Cambios en el número de viajeros en ferrocarril convencional tras la inauguración de la alta velocidad (primeros cuatro años tras inauguración)	385

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Relación entre velocidad y anchura de la entrevista.....	55
Gráfico 2. Volumen de inversiones en los proyectos prioritarios de Essen (%).....	76
Gráfico 3. Estado de implementación de los proyectos prioritarios de la Red Transeuropea de Transporte	85
Gráfico 4. Inversión global en Proyectos Prioritarios de la Red Transeuropea de Transporte (Mii/€).....	87
Gráfico 5. Fuentes de inversión según Proyectos Prioritarios de la Red Transeuropea de Transporte (%)	88
Gráfico 6. Presupuesto de la Red Transeuropea de Transporte (2007-2013), según categoría del proyecto (Mii/€).....	94
Gráfico 7. Índice de liberalización ferroviario. Transporte de pasajeros y mercancías. (Puntos)	100
Gráfico 8. Transporte terrestre de mercancías en la UE-27 por modos (1995-2008). 112	
Gráfico 9. Cuota porcentual ferroviaria sobre total transporte de mercancías (Tm/km) (1991-2012)	116
Gráfico 10. Inversiones en infraestructuras de transporte en España (1964-2012) (Mil./€ corrientes)	125
Gráfico 11. Financiación de los Proyectos Prioritarios para España (previsión para 2013). (Mii/€).....	135
Gráfico 12. Inversión total en los Proyectos de la Red Transeuropea de Transporte por países miembros (Mii/€).....	136
Gráfico 13. Estimación económica de las actuaciones del Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte (Millones de euros)	144
Gráfico 14. Reparto modal del transporte de mercancías (1991-2012). % Transporte ferroviario sobre el total (Tm/kilómetro)	159
Gráfico 15. Reparto modal del transporte de mercancías (2012). % transporte ferroviario sobre el total (Tm/kilómetro). Países UE-28.	161
Gráfico 16. Corredores ferroviarios de mercancías. Volúmenes de inversión proyectados (Mii/€).....	168
Gráfico 17. Tiempos de viaje entre diferentes enlaces (minutos).....	187
Gráfico 18. Evolución histórica del tráfico (viajeros/kilómetro) (1941-2011).....	189
Gráfico 19. Influencia de la Tokaido Shinkansen en el crecimiento demográfico de las ciudades japonesas	191
Gráfico 20. Evolución de la red de alta velocidad (kilómetros lineales) (1964-2014) .212	
Gráfico 21. Red de alta velocidad en servicio (kilómetros) (2014).....	214
Gráfico 22. Red de alta velocidad en construcción (kilómetros) (2014).....	215
Gráfico 23. Red de alta velocidad en proyecto (kilómetros) (2014).....	215
Gráfico 24. Evolución de las velocidades medias (km/h) para trenes de alta velocidad sobre la red de ADIF (2000-13)	217
Gráfico 25. Coeficientes para el cálculo de los viajeros por meses en función de las causas de la movilidad.....	230
Gráfico 26. Relación entre masa demográfica y frecuencias medias diarias. Gráfico de dispersión.....	258
Gráfico 27. Relación entre distancias y frecuencias medias diarias. Gráfico de dispersión.....	260
Gráfico 28. Población de núcleos con alta velocidad. % sobre la provincia (2014)....	279
Gráfico 29. Sumatorio de los Coeficientes Gravitatorios para cada nodo	311

Gráfico 30. Relación masa demográfica-volumen de pasajeros. Gráfico de dispersión	326
Gráfico 31. Relación distancia-volumen de pasajeros. Gráfico de dispersión	326
Gráfico 32. Evolución de la cuota de mercado del sector ferroviario de viajeros (1990-2010) (% pasajeros/kilómetro)	338
Gráfico 33. Elección del modo de transporte según la distancia de viaje	340
Gráfico 34. Cuota de mercado respecto al avión según tiempo de viaje	342
Gráfico 35. Cuotas de mercado anual según modos para transporte público interurbano de larga distancia (%) (2009-2014)	343
Gráfico 36. Evolución de los costes y beneficio con la demanda	366
Gráfico 37. Evolución del índice de ocupación y aprovechamiento medio en servicios de larga distancia y AVE	368
Gráfico 38. Costes externos medios para UE-27. Transporte de pasajeros (2008) ..	390
Gráfico 39. Emisiones por viajero	391
Gráfico 40. Comparativa tiempo, consumo y velocidad Londres-Edimburgo	392
Gráfico 41. Consumo de energía por pasajero y nivel de aprovechamiento (load factor). Londres - Edimburgo (litros de combustible primario/pasajero)	393

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del organigrama de RENFE	25
Figura 2. Ley de gravitación universal. Formulación.....	33
Figura 3. Formulación para el modelo gravitatorio de Tinbergen	34
Figura 4. Formulación para modelo gravitatorio desarrollado por investigadores de la compañía Atkins	37
Figura 5. Formulación para modelo gravitatorio de Crampon.....	38
Figura 6. Formulación para modelo gravitatorio de Crampon (inicial)	38
Figura 7. Desarrollo del mercado alemán de servicios regionales desde su reforma	102
Figura 8. Principales agentes del sector ferroviario	153
Figura 9. Organigrama de RENFE (2014)	156
Figura 10. Modelos de redes ferroviarias descritas por Bunge y Haggett (1973), en Dupuy (1987)	178
Figura 11. El Sistema TALGO Pendular	224
Figura 12. Ecuación para la medición de Coeficiente Gravitatorio (CG) en el ámbito de estudio	288
Figura 13. Ecuación para la medición de pasajeros potenciales (I).....	289
Figura 14. Ecuación para la medición de pasajeros potenciales (II).....	289
Figura 15. Ecuación para la medición de pasajeros potenciales (III).....	290
Figura 16. Clasificación de costes en un proyecto de alta velocidad.....	347
Figura 17: Contracción del espacio en la LGV Nord.....	379
Figura 18. Corte transversal y zonificación en una infraestructura ferroviaria	394
Figura 19. Evaluación del ruido en los análisis previos de los principales proyectos ferroviarios y viarios a nivel comunitario	395

ANEXOS

ANEXO 1: CRONOLOGÍA DE LOS INSTRUMENTOS LEGISLATIVOS Y DOCUMENTALES COMUNITARIOS EMPLEADOS

DOCUMENTO	TIPOLOGÍA (ÓRGANO DE APROB.)	DESCRIPCIÓN	VIGENCIA
66/161 (CEE), de 28 de febrero de 1966	Decisión (Consejo)	Se establece un procedimiento de consulta en materia de inversión de infraestructura de transporte	Derogada por Decisión 78/174/CE, (20-02-1978)
1017/68 (CEE), de 19 de julio de 1968	Reglamento (Consejo)	Se definen las disposiciones de aplicación de las normas de competencia para las empresas en el transporte por ferrocarril, carreteras y vías navegables, en relación a: -Precios y condiciones de transporte -Limitación/Control de la oferta -Aplicación de mejoras técnicas, etc. http://europa.eu/legislation_summaries/other/l26094_es.htm	Derogado por Reglamento (CE) 1/2003 (16-12-2003)
1191/69 (CEE), de 26 de junio de 1969	Reglamento (Consejo)	Relativo a la acción de los Estados miembros en materia de obligaciones inherentes a la noción de servicio público en el sector de los transportes por ferrocarril, carretera y vía navegable http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1969-80048	Derogado por Reglamento (CE) 1370/2007 (23-10-2007)

1107/70 (CEE), de 4 de junio de 1970	Reglamento (Consejo)	Relativo a las ayudas concedidas en el sector de los transportes por ferrocarril, por carretera y por vía navegable http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:31970R1107	Derogado por Reglamento (CE) 1370/2007 (23-10-2007)
78/174 (CEE), de 20 de febrero de 1978	Decisión (Consejo)	Establecimiento de un procedimiento de consulta y creación de un comité en materia de Infraestructuras de Transporte http://www.miliarium.com/Paginas/Leyes/urbanismo/UE/decision20-02-78.asp	Derogada por Decisión 1692/96/CE (23-07-1996)
3600/82, de 19 de diciembre de 1982	Reglamento (Consejo)	Relativo a una acción limitada en el campo de las infraestructuras de transporte http://publications.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/592b1692-b31d-4c3a-9d8c-bfbbd704d8a0/language-es/format-RDF/source-984999	Derogado por Reglamento (CE) 3359/90 (20-11-1990)
COM (85) 310, junio 1985	Comunicación (Comisión)	Aprobación del Libro Blanco de la Comisión para el Consejo Europeo. Consejo Europeo de Milán (28-29 junio de 1985) http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com1985_0310_f_en.pdf	
85/337/CEE, 27 de junio de 1985	Directiva (Consejo)	Evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/dir1985-337-cee.html	Derogada por Directiva 2011/92/UE (13-12-2011)

COM (89) 643, de 18 de diciembre de 1989	Comunicación (Comisión)	Hacia las redes transeuropeas: objetivos y aplicaciones posibles http://aei.pitt.edu/9250/1/9250.pdf	
3359/90/CE, 20 de noviembre 1990	Reglamento (Consejo)	Relativo al establecimiento de un programa de acción en el campo de la infraestructura de transporte, con vistas a la realización del mercado integrado de transportes en 1992 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31990R3359:ES:HTML	Modificado por la Comunica- ción de la Comisión y proyecto de Reglamento (COM (92) 231) (11-06-1992)
COM (90) 585, de 10 de diciembre de 1990	Comunicación (Comisión)	Hacia unas redes transeuropeas. Programa de Acción Comunitario http://aei.pitt.edu/2935/1/2935.pdf	
91/C 33/01, de 17 de diciembre de 1990	Resolución (Consejo)	Sobre el desarrollo de la red europea de trenes de alta velocidad http://infodigital.opandalucia.es/oplex/bitstream/10751/657/1/RESOLUCION%2017-12-1990.PDF	
91/440/CEE, 29 de julio de 1991	Directiva (Consejo)	Sobre el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios http://europa.eu/legislation_summaries/transport/rail_transport/124057_es.htm	Modificada por las Directivas 2001/12/CE (15-03-2001) 2004/51/CE (30-04-2004) 2006/103/CE (01-01-2007) 2007/58/CE (04-12-2007)

92/43/CEE, 21 de mayo de 1992	Directiva (Consejo)	Relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres http://www.boe.es/doue/1992/206/L00007-00050.pdf	Modificada por Directiva 97/62/CE (27-10-1997) Reglamento (CE) 1882/2003 (29-09-2003) y Directiva 2006/105/CE (20-11-2006)
COM (92) 0494, diciembre 1992	Comunicación (Comisión)	Aprobación del Libro Blanco sobre el curso futuro de la política común de transportes http://aei.pitt.edu/1116/1/future_transport_policy_wp_COM_92_494.pdf	
95/18/CE, 19 de junio de 1995	Directiva (Consejo)	Aprobada para fijar los criterios de concesión de las licencias a las empresas ferroviarias http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:31995L0018	Modificada por Directiva 2001/13/CE (26-02-2001) y 2004/49/CE (29-04-2004)
95/19/CE, 19 de junio de 1995	Directiva (Consejo)	Relativa a la regularización de la asignación de la capacidad de infraestructuras, cobro de cánones, etc. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:31995L0019	Derogada por Directiva 2001/14/CE (26-02-2001)
1692/96/CE, 23 de julio de 1996	Decisión (Parlamento y Consejo)	Relativa a las orientaciones comunitarias para el desarrollo de la Red Transeuropea de Transporte http://www.ehu.eus/observatorios/pdf/Decision1692_96_CE.pdf	Modificada por Decisión 2001/1346/CE (22-05-2001), Decisión 2004/884/CE (29-04-2004)

			y Reglamento 1791/2006 (20-11-2006) Derogada por Decisión 661/2010 (07-07-2010)
96/48/CE, 23 de julio de 1996	Directiva (Consejo)	Relativa a la interoperabilidad de la Red Transeuropea de Alta Velocidad http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/Dir_1996-048.pdf	Modificada por Directiva 2004/50/CE (29-04-2004) y Directiva 2007/32/CE (01-06-2007) Derogada por Directiva 2008/57/CE (17-06-2008)
COM (96) 421, de 30 de julio de 1996	Comunicación (Comisión)	Libro Blanco: Estrategia para la revitalización de los ferrocarriles comunitarios http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:51996DC0421	
1257/99 (CE), de 17 de mayo de 1999	Reglamento (Consejo)	Sobre la ayuda al desarrollo rural a cargo del Fondo Europeo de Orientación y Garantía Agrícola (FEOGA) y por el que se modifican y derogan diversos Reglamentos http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-942	Derogado por Reglamento (CE) 1698/2005 (20-09-2005)
1260/1999 (CE), de 21 de junio de 1999	Reglamento (Consejo)	Por el que se establecen disposiciones generales sobre los Fondos Estructurales http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1999-81157	Derogado por Reglamento (CE) 1083/2006 (11-07-2006)

2001/12/CE, de 26 de febrero de 2001	Directiva (Parlamento y Consejo)	Primer paquete ferroviario. Modifica la Directiva 91/440/CEE http://www.boe.es/doue/2001/075/L00001-00025.pdf	Derogada por Directiva 2012/34/UE (21-11-2012)
2001/13/CE, de 26 de febrero de 2001	Directiva (Parlamento y Consejo)	Primer paquete ferroviario. Concesión de licencias a las empresas ferroviarias http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32001L0013	Derogada por Directiva 2012/34/UE (21-11-2012)
2001/14/CE, de 26 de febrero de 2001	Directiva (Parlamento y Consejo)	Primer paquete ferroviario. Relativa a la adjudicación de la capacidad de la infraestructura ferroviaria y la aplicación de cánones por su utilización http://www.boe.es/doue/2001/075/L00029-00046.pdf	Modificada por Directiva 2004/49/CE (29-04-2004) y 2007/58/CE (23-10-2007)
2001/16/CE, de 19 de marzo de 2001	Directiva (Parlamento y Consejo)	Primer paquete ferroviario. Relativa a la interoperabilidad del sistema ferroviario convencional. Introduce el concepto de ETI (Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad) http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/technical_harmonisation/l24229_es.htm	Modificada por Directiva 2004/50/CE (29-04-2004) y Directiva 2007/32/CE (01-06-2007) Derogada por Directiva 2008/57/CE (17-06-2008)
COM (2001) 264, de 15 de mayo de 2001	Comunicación (Comisión)	Desarrollo sostenible en Europa para un mundo mejor: estrategia de la Unión Europea para un desarrollo sostenible http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2001:0264:FIN:EN:PDF	

<p>2001/42/CE, de 27 de junio de 2001</p>	<p>Directiva (Parlamento y Consejo)</p>	<p>Relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente</p> <p>http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/dir2001-42-cee.html</p>	<p>En vigor</p>
<p>COM (2001) 370, de 12 de septiembre de 2001</p>	<p>Comunicación (Comisión)</p>	<p>Presentación del Libro Blanco "La Política Común de Transportes de cara a 2010: La hora de la verdad"</p> <p>http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/doc/2001_white_paper/lb_com_2001_0370_en.pdf</p>	
<p>COM (2002) 18, de 23 de enero de 2002</p>	<p>Comunicación (Comisión)</p>	<p>Propuesta de elaboración de una Directiva sobre la apertura del mercado de transporte de viajeros</p> <p>http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2002:0018:FIN:EN:PDF</p>	
<p>1/2003 (CE), de 16 de diciembre de 2002</p>	<p>Reglamento (Consejo)</p>	<p>Relativo a la aplicación de las normas sobre competencia previstas en los artículos 81 y 82 del Tratado de la CE</p> <p>http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0001:0025:ES:PDF</p>	<p>Modificado por Reglamento 411/2004 (26-02-2004) y Reglamento 1419/2006 (18-10-2006)</p>
<p>COM (2003) 696, de 17 de noviembre de 2003</p>	<p>Propuesta de Decisión (Consejo)</p>	<p>Relativa a la celebración por la Comunidad Europea del Acuerdo de adhesión de la Comunidad Europea al Convenio relativo a los transportes internacionales por ferrocarril (COTIF), de 9 de mayo de 1980, modificado por el Protocolo de Vilnius de 3 de junio de 1999</p>	

		http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0696:FIN:EN:PDF	
COM (2004) 140, de 3 de marzo de 2004	Comunicación (Comisión)	Proseguir la integración del sistema ferroviario europeo: el tercer paquete ferroviario http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52004DC0140	
2004/49/CE, de 29 de abril de 2004	Directiva (Parlamento y Consejo)	Segundo paquete ferroviario y se refiere a la seguridad de los ferrocarriles http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/7DD06109-247A-42BD-B374-6EA9746F3CEC/43188/Directiva2004_49_CE.pdf	Modificada por Directiva 2008/57/CE (17-06-2008) y Directiva 2012/34/UE (21-11-2012)
2004/50/CE, de 29 de abril de 2004	Directiva (Parlamento y Consejo)	Segundo paquete ferroviario y se refiere a la interoperabilidad http://europa.eu/legislation_summaries/transport/rail_transport/l24015_es.htm	En vigor
2004/51/CE, de 29 de abril de 2004	Directiva (Parlamento y Consejo)	Segundo paquete ferroviario y se refiere a la apertura de los mercados http://www.boe.es/doue/2004/164/L00164-00172.pdf	Derogada por Directiva 2012/34/UE (21-11-2012)
881/2004 (CE), de 29 de abril de 2004	Reglamento (Parlamento y Consejo)	Segundo paquete ferroviario e implica el establecimiento de la Agencia Ferroviaria Europea http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:220:0003:0015:ES:PDF	Modificado por Reglamento 1335/2008 (16-12-2008)

884/2004/CE, de 29 de abril 2004	Decisión (Parlamento y Consejo)	Modificativa de la Decisión 1692/96/CE sobre las orientaciones comunitarias para la Red Transeuropea de Transporte http://ec.europa.eu/ten/transport/legislation/doc/2004_0884_en.pdf	En vigor
2005/47/CE, de 18 de julio de 2005	Directiva (Consejo)	Aborda determinados aspectos de las condiciones de trabajo de los trabajadores móviles que realicen servicios de interoperabilidad transfronteriza http://www.boe.es/doue/2005/195/L00015-00021.pdf	En vigor
COM (2005) 658, de 13 de diciembre de 2005	Comunicación (Comisión)	Revisión de la Estrategia para un desarrollo sostenible http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52005DC0658	
2006/679/CE, 28 de marzo de 2006	Decisión (Comisión)	Sobre la especificación técnica de interoperabilidad referente al subsistema de control, mando y señalización del sistema ferroviario transeuropeo convencional http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32006D0679	Modificada por Decisión 2007/675/CE (06-03-2007) y Decisión 2009/561/CE (22-07-2009)
COM (2006) 314, de 22 de junio de 2006	Comunicación (Comisión)	Por una Europa en movimiento. Movilidad sostenible para nuestro continente. Revisión intermedia del Libro Blanco del transporte de la Unión Europea 2001 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0314:FIN:EN:PDF	

1085/2006 (CE), de 17 de julio de 2006	Reglamento (Consejo)	Por el que se establece un Instrumento de Ayuda de Preadhesión (IPA) http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/enlargement/e50020_es.htm	Modificado por Reglamento (UE) 540/2010 (16-06-2010) y Reglamento (UE) 153/2012 (15-02-2012)
1791/2006 (CE), de 20 de noviembre de 2006	Reglamento (Consejo)	Por el que se adaptan los reglamentos y decisiones en el ámbito de la política de transportes, entre otros. Destacar que modifica a la Decisión 1692/96/CE. http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2006-82596	Derogado por Decisión 661/2010/CE (07-07-2007)
COM (2007) 135, de 21 de marzo de 2007	Comunicación (Comisión)	Se elabora un balance de las RTE en 2006 y se presentan las conclusiones extraídas sobre la posibilidad de un enfoque integrado de las mismas http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52007DC0135	
2007/32/CE, de 1 de junio de 2007	Directiva (Comisión)	Modificativa de la Directiva 96/48/CE y la Directiva 2001/16/CE. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:141:0063:0066:ES:PDF	En vigor
2007/58/CE, de 23 de octubre de 2007	Directiva (Parlamento y Consejo)	Modificativa de las Directivas 91/440/CEE, sobre el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios, y 2001/14/CE, relativa a la adjudicación de la capacidad de infraestructura ferroviaria y a la aplicación de cánones por su utilización http://www.boe.es/doue/2007/315/L00044-00050.pdf	Modificada por Directiva 2012/34/UE (21-11-2012)

2007/59/CE, de 23 de octubre de 2007	Directiva (Parlamento y Consejo)	Sobre la certificación de los maquinistas de locomotoras y trenes en el sistema ferroviario de la Comunidad http://www.boe.es/doue/2007/315/L00051-00078.pdf	Modificada por Directiva 2014/82/UE (24-06-2014)
1370/2007 (CE), de 23 de octubre de 2007	Reglamento (Parlamento y Consejo)	Sobre los servicios públicos de transporte de viajeros por ferrocarril y carretera y por el que se derogan los Reglamentos (CEE) nº 1191/69 y 1107/70 del Consejo http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:315:0001:0013:Es:PDF	En vigor
1371/2007 (CE), de 23 de octubre de 2007	Reglamento (Parlamento y Consejo)	Sobre los derechos y las obligaciones de los viajeros de ferrocarril http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:315:0014:0041:ES:PDF	En vigor
1372/2007 (CE), de 23 de octubre de 2007	Reglamento (Parlamento y Consejo)	Relativo a la organización de una encuesta muestral sobre la población activa en la UE http://www.boe.es/doue/2007/315/L00042-00043.pdf	En vigor
2008/57/CE, de 17 de junio de 2008	Directiva (Parlamento y Consejo)	Sobre la interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la Comunidad http://www.boe.es/doue/2008/191/L00001-00045.pdf	Modificada por Directiva 2014/38/UE (10-03-2014)
COM (2008) 536, de 8 de septiembre de 2008	Comunicación (Comisión)	Calidad del transporte de mercancías por ferrocarril http://www.vialibre-ffe.com/PDF/Doc_comision_europea_calidad_mercancias.pdf	

COM (2008) 772, de 13 de noviembre de 2008	Comunicación (Comisión)	Eficiencia energética: alcanzar el objetivo del 20% http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0772:FIN:ES:PDF	
2009/28/CE, de 23 de abril de 2009	Directiva (Parlamento y Consejo)	Relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/en0009_es.htm	En vigor
2009/561/CE, de 22 de julio de 2009	Decisión (Comisión)	Por la que se modifica la Decisión 2006/679/CE en lo que se refiere a la aplicación de la especificación técnica de interoperabilidad relativa al subsistema de control, mando y señalización del sistema ferroviario transeuropeo convencional http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32009D0561	En vigor
COM (2010) 212, de 4 de mayo de 2010	Comunicación (Comisión)	Documento de trabajo de la Comisión. Consulta sobre la futura política de la Red Transeuropea de Transporte http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0212:FIN:EN:PDF	
661/2010/UE, de 7 de julio de 2010	Decisión (Parlamento y Consejo)	Sobre las orientaciones de la Unión para el desarrollo de la Red Transeuropea de Transporte http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010D0661&from=ES	Derogada por Reglamento (UE) 1315/2013 (11-12-2013)

COM (2010) 474, de 17 de septiembre de 2010	Comunicación (Comisión)	Sobre la creación de un espacio ferroviario único http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0474:FIN:EN:PDF	
913/2010 (UE), de 22 de septiembre de 2010	Reglamento (Parlamento y Consejo)	Sobre una red ferroviaria europea para un transporte de mercancías competitivo http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0022:0032:ES:PDF	Modificado por Reglamento (UE) 1316/2013 (11-12-2013)
COM (2011) 144, de 28 de marzo de 2011	Comunicación (Comisión)	Libro Blanco. Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible http://eur-lex.europa.eu/procedure/ES/200293	
COM (2011) 500, de 29 de junio de 2011	Comunicación (Comisión)	Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: un presupuesto para Europa 2020 http://ec.europa.eu/budget/library/biblio/documents/fin_fwk1420/MFF_COM-2011-500_Part_II_en.pdf	
COM (2011) 650, de 19 de octubre de 2011	Propuesta de Reglamento (Parlamento y Consejo)	Sobre las orientaciones de la Unión para el desarrollo de la Red Transeuropea de Transporte http://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/200944	

2012/34/UE, de 21 de noviembre de 2012	Directiva (Parlamento y Consejo)	Por la que se establece un espacio ferroviario único. Deroga Directivas 91/440/CE, 95/18/CE, 2001/12/CE, 2001/14/CE y sus posteriores modificaciones http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32012L0034	En vigor
COM (2013) 25, de 30 de enero de 2013	Comunicación (Comisión)	El Cuarto Paquete Ferroviario. Completar el espacio ferroviario único europeo y fomentar su crecimiento y competitividad http://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/202347	
1315/2013 (UE), de 11 de diciembre de 2013	Reglamento (Parlamento y Consejo)	Sobre las orientaciones de la Unión para el desarrollo de la Red Transeuropea de Transporte, y por el que se deroga la Decisión 661/2010/UE http://www.boe.es/doue/2013/348/L00001-00128.pdf	Modificado por Reglamento (UE) 473/2014 (17-01-2014)
1316/2013 (UE), de 11 de diciembre de 2013	Reglamento (Parlamento y Consejo)	Por el que se crea el Mecanismo "Conectar Europa", por el que se modifica el Reglamento (UE) 913/2010 y derogan los Reglamentos (CE) 680/2007 y (CE) 67/2010 http://www.boe.es/doue/2013/348/L00129-00171.pdf	Modificado por Reglamento (UE) 275/2014 (07-01-2014)
COM (2013) 940, de 7 de enero de 2014	Comunicación (Comisión)	Construir la Red Principal de Transporte: Corredores de la Red Principal y Mecanismo "Conectar Europa" http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2013/ES/1-2013-940-ES-F1-1.Pdf	

2014/38/UE, de 10 de marzo de 2014	Directiva (Parlamento y Consejo)	Por la que se modifica el anexo III de la Directiva 2008/57/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a la contaminación acústica http://www.boe.es/doue/2014/070/L00020-00021.pdf	En vigor
------------------------------------	----------------------------------	---	----------

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: CRONOLOGÍA DE LOS INSTRUMENTOS LEGISLATIVOS Y DOCUMENTALES ESPAÑOLES EMPLEADOS

DOCUMENTO	TIPOLOGÍA (ÓRGANO DE APROB.)	DESCRIPCIÓN	VIGENCIA
16/1987, de 30 de julio de 1987	Ley (Jefatura del Estado)	Relativa a la Ordenación de los Transportes Terrestres (LOTT) http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/l16-1987.html	En vigor
1131/1988, de 30 de septiembre de 1988	Real Decreto (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo)	Por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1988-23079	Derogado por Ley 21/2013, de 9 de diciembre
1211/1990, de 28 de septiembre de 1990	Real Decreto (Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicación)	Por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres (ROTT) http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd1211-1990.html	En vigor
13/1996, de 30 de diciembre de 1996	Ley (Jefatura del Estado)	De Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social. Creación del Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF) http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1996-29117	Derogada por múltiples instrumentos y figuras posteriores
1191/2000, de 23 de junio de 2000	Real Decreto (Ministerio de Fomento)	Sobre interoperabilidad del sistema ferroviario de alta velocidad. Transposición de la Directiva comunitaria 96/48/CE http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2000-12745	Derogado por Real Decreto 355/2006 (29-03-2006)

646/2003, de 30 de mayo de 2003	Real Decreto (Ministerio de Fomento)	Sobre interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo convencional. Transposición de la Directiva comunitaria 2001/16/CE http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd646-2003.html	Vigente hasta 8 de abril de 2006
39/2003, de 17 de noviembre de 2003	Ley (Jefatura del Estado)	Del Sector Ferroviario. Crea ADIF, RENFE Operadora y el Comité de Regulación Ferroviaria http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/l39-2003.html	En vigor
2387/2004, de 30 de diciembre de 2004	Real Decreto (Ministerio de Fomento)	Por el que se aprueba el Reglamento del Sector Ferroviario http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd2387-2004.html	En vigor
354/2006, de 29 de marzo de 2006	Real Decreto (Ministerio de Fomento)	Sobre interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo convencional. Deroga el anterior Real Decreto 646/2003 http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-6246	Derogado por Real Decreto 1434/2010 (05-11-2006)
355/2006, de 29 de marzo de 2006	Real Decreto (Ministerio de Fomento)	Sobre interoperabilidad del sistema ferroviario de alta velocidad. Deroga el anterior Real Decreto 1191/2000. http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-6247	Derogado por Real Decreto 1434/2010 (05-11-2006)
9/2006, de 28 de abril de 2006	Ley (Jefatura del Estado)	Sobre la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/l9-2006.html	Derogada por Ley 21/2013 (09-12-2013)

1434/2010, de 5 de noviembre de 2010	Real Decreto (Ministerio de Fomento)	Sobre interoperabilidad del sistema ferroviario de la Red Ferroviaria de interés general. Deroga los anteriores Reales Decretos 354/2006 y 355/2006 http://www.boe.es/boe/dias/2010/11/06/pdfs/BOE-A-2010-17037.pdf	En vigor
2/2011, de 4 de marzo de 2011	Ley (Jefatura del Estado)	De Economía Sostenible http://www.boe.es/boe/dias/2011/03/05/pdfs/BOE-A-2011-4117.pdf	En vigor
22/2012, de 20 de julio de 2012	Real Decreto-ley (Jefatura del Estado)	Por el que se adoptan medidas en materia de infraestructuras y servicios ferroviarios http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2012-9772	En vigor
4/2013, de 22 de febrero de 2013	Real Decreto-ley (Jefatura del Estado)	De medidas de apoyo al emprendedor y de estímulo del crecimiento y de la creación de empleo https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2013-2030	En vigor
15/2013, de 20 de julio de 2013	Real Decreto-ley (Jefatura del Estado)	Sobre reestructuración de la entidad pública empresarial "Administrador de Infraestructuras Ferroviarias" (ADIF) y otras medidas urgentes en el ámbito económico http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/14/pdfs/BOE-A-2013-13035.pdf	En vigor
21/2013, de 11 de diciembre de 2013	Ley (Jefatura del Estado)	De evaluación ambiental http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2013-12913	En vigor

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3: REVISTAS CONSULTADAS

1	Actualidad Económica
2	Actualidad Jurídica Uría Menéndez
3	American Economic Review
4	Anales de Geografía de la Universidad Complutense
5	Anales de Mecánica y Electricidad
6	Anuario Jurídico y Económico Escorialense
7	Archipiélago
8	Biblio 3W
9	Boletín CF+S (Ciudades para un Futuro más Sostenible)
10	Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles
11	Boletín ICE (Información Comercial Española)
12	Cimbra
13	Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales
14	Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada
14	Cuadernos de Investigación Urbanística
15	Documents d' Anàlisis Geogràfica
16	Ekonomiaz
17	En Punto
18	Entrelíneas
19	Environment and Planning
20	Ería
21	Espais
22	Estudios de Construcción y Transporte
23	Estudios Demográficos y Urbanos
24	Estudios Geográficos
25	European Journal of Transportation and Infrastructure Research
26	European Transport\Trasporti Europei
27	Finisterra
28	Flux. Cahiers scientifiques internationaux Réseaux et territoires
29	Geo Crítica
30	GeoFocus
31	Geographicalia
32	Information Technology Research Journal
33	Ingeniería Civil

34	Ingeniería y Territorio
35	International Railway Journal
36	International Series in Operations Research & Management Science
37	Investigaciones Geográficas
38	Investigaciones Regionales
39	Japan Railways & Transport Review
40	Journal of Information Technology Research
41	Journal of Regional Science
42	Journal of the Transportation Research Board
43	Journal of Transport and Land Use
44	Journal of Transport Geography
45	Journal of Transportation and Infrastructure Research
46	Journal of Travel Research
47	L' Espace Géographique
48	Lurralde: Investigación y Espacio
49	Nimbus
50	Obras Públicas
51	Papers
52	Polígonos
53	Procedia-Social and Behavioral Sciences
54	Public Administration Review
55	Revista de Antropología Social
56	Revista de Economía Aplicada
57	Revista de Estudios Andaluces
58	Revista de la Asociación Española de Ciencias de la Tierra
59	Révue d' Histoire des Chemins de Fer
60	Révue géographique de l' Est
61	Scripta Nova
62	Sigma
63	The Annals of Regional Science
64	The Economic and Social Review
65	The Review of Regional Studies
66	Transport and Environment
67	Transport Policy
68	Transport Review
69	Transporte y Territorio

70	Transportation
71	Transportation Research
72	Transports
73	Trimestrale del Laboratorio Territorio Mobilitá e Ambiente
74	Urban
75	Vía Libre

ANEXO 4: DIRECTORIO DE LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD EN EL MUNDO

Actualizado a 1 de septiembre de 2014

Líneas o tramos de líneas operables a velocidades ≥ 250 km/h¹⁵⁵**EUROPA****AUSTRIA**

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Viena-St. Pölten	En explotación	250	2012	48
Gloggnitz-Mürzzuschlag	En construcción	250	2024	27
Graz-Klagenfurt	En construcción	250	2024	110
Eje del Brenner	En construcción	250		64
Total km (en explotación)				48
Total km (en construcción)				201
Total km Austria				249

BÉLGICA

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Bruselas-Frontera francesa	En explotación	300	1997	72
Leuven-Lieja	En explotación	300	2002	65
Lieja-Frontera alemana	En explotación	260	2009	36
Amberes-Frontera holandesa	En explotación	300	2009	36
Total km (en explotación)				209
Total km Bélgica				209

¹⁵⁵ Existen algunas diferencias en cuanto a datos kilométricos, años de inauguración y límites de velocidad máxima respecto a otras fuentes consultadas y utilizadas en la tesis. Este anexo es a título orientativo, para enriquecer la información referente a la situación del ferrocarril de alta velocidad en el mundo.

FRANCIA

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
LGV Sudeste	En explotación	300	1981/3	419
LGV Atlántico	En explotación	300	1989/90	291
LGV circunvalación Lyon	En explotación	300	1992/4	121
LGV Norte	En explotación	300	1994/6	346
LGV Interconexión IDF	En explotación	300	1994/6	104
LGV Mediterráneo	En explotación	320	2001	259
LGV Este (primera fase)	En explotación	320	2007	332
Perpignan-Frontera española	En explotación	300	2010	24
LGV Rhin-Ródano	En explotación	320	2011	140
LGV Este (segunda fase)	En construcción	320	2016	122
LGV Bretaña-País del Loira	En construcción	320	2016	214
LGV Sudeuropea Atlántica	En construcción	300	2017	341
Circunvalación Nimes-Montpellier	En construcción	300	2017	80
LGV Rhin-Ródano (segunda fase)	En proyecto	320	>2020	50
LGV Poitiers-Limoges	En proyecto	320	>2020	115
LGV Burdeos-Toulouse	En proyecto	320	>2020	210
Enlace París-Normandía	En proyecto	250	>2020	200
LGV PACA	En proyecto	250	>2020	189
Interconexión sur IDF	En proyecto	250	>2020	18
LGV Burdeos-España	En proyecto	320	>2020	230
LGV Lyon-Turín	En proyecto	250	>2020	291
LGV Montpellier-Perpignan	En proyecto	320	>2020	193

LGV Picardie	En proyecto		>2020	200
LGV Rhin-Ródano (rama sur)	En proyecto	320	>2020	157
LGV Rhin-Ródano (rama oeste)	En proyecto	320	>2020	94
LGV Coeur de France	En proyecto	320	>2020	430
Conexión con aeropuerto de Vatry	En proyecto		>2020	30
Total km (en explotación)				2.036
Total km (en construcción)				757
Total km (en proyecto)				2.407
Total km Francia				5.200

ALEMANIA

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Fulda-Würzburg	En explotación	280	1988	90
Hannover-Fulda	En explotación	280	1991	248
Mannheim-Stuttgart	En explotación	280	1991	109
Hannover-Berlín	En explotación	250	1998	189
Colonia-Frankfurt	En explotación	300	2002	184
Colonia-Düren	En explotación	250	2003	42
Rastatt-Offenburg	En explotación	250	2004	44
Leipzig-Gröbers (Erfurt)	En explotación	160	2003	24
Hamburgo-Berlín	En explotación	230	2004	253
Nuremberg-Ingolstadt	En explotación	300	2006	89
Múnich-Augsburg	En explotación	230	2011	62
Túnel Katzenberg- Basilea	En explotación	250	2012	18
Gröbers-Erfurt	En construcción	300	2015	98
Ebensfeld-Erfurt	En construcción	300	2017	100

Nurenberg-Ebensfeld	En construcción	160/230	2017	83
Stuttgart-Wendlingen	En construcción	250	2021	57
Buggingen-Túnel Katzenberg	En construcción	250	2021	12
Wendlingen-Ulm	En construcción	250	2021	60
Túnel Rastatt	En construcción	250	2022	17
Offenburg-Basilea	En construcción	250	2029	39
Frankfurt-Mannheim	En proyecto	300	>2020	84
Hamburgo/Bremen-Hannover	En proyecto	250		114
Frankfurt-Fulda/Würzburg	En proyecto	300	>2025	126
Total km (en explotación)				1.352
Total km (en construcción)				466
Total km (en proyecto)				324
Total km Alemania				2.142

ITALIA

	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Roma-Florenia (primera fase)	En explotación	250	1981	150
Roma-Florenia (segunda fase)	En explotación	250	1984	74
Roma-Florenia (tercera fase)	En explotación	250	1992	24
Roma-Nápoles	En explotación	300	2006/9	220
Turín-Novara	En explotación	300	2006	94
Novara-Milán	En explotación	300	2009	55
Milán-Bolonia	En explotación	300	2008	182
Florenia-Bolonia	En explotación	300	2009	77
Nápoles-Salerno	En explotación	250	2007	47

Milán (Treviglio)- Brescia	En construcción	300	2016	58
Génova-Milán (Tortona)	En construcción	250	2020	67
Brescia-Verona	En proyecto	300	>2020	139
Verona-Padova	En proyecto	250	>2020	82
Total km (en explotación)				923
Total km (en construcción)				125
Total km (en proyecto)				221
Total km Italia				1.269

PAÍSES BAJOS

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Schiphol-Rotterdam- Frontera belga	En explotación	300	2009	120
Total km (en explotación)				120
Total km Países Bajos				120

POLONIA

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Varsovia-Poznan	En proyecto	300		500
Varsovia- Katowice/Cracovia	En proyecto	300		212
Total km (en proyecto)				712
Total km Polonia				712

PORTUGAL

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Lisboa-Caia	En proyecto	350		206
Oporto-Valença (primera fase)	En proyecto	250		55
Lisboa-Oporto	En proyecto	300		290
Oporto-Valença (segunda fase)	En proyecto	250		45
Aveiro-Almeida	En proyecto	250		170
Évora-Vilareal SA	En proyecto	250		240
Total km (en proyecto)				1.006
Total km Portugal				1.006

RUSIA

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Moscú-San Petersburgo	En proyecto	300	2018	650
Moscú-Sochi	En proyecto	300	2018	1.700
Moscú-Kazán	En proyecto	300	2018	800
Total km (en proyecto)				3.150
Total km Rusia				3.150

ESPAÑA

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Madrid-Sevilla	En explotación	270	1992	471
Madrid-Lérida	En explotación	300	2003	519
Zaragoza-Huesca	En explotación	200	2003	79
La Sagra-Toledo	En explotación	250	2005	21

Córdoba-Antequera	En explotación	300	2006	100
Lérida- Camp de Tarragona	En explotación	300	2006	82
Madrid-Valladolid	En explotación	300	2007	184
Antequera-Málaga	En explotación	300	2007	55
Camp de Tarragona- Barcelona	En explotación	300	2008	88
Bypass Madrid	En explotación	200	2009	5
Madrid- Valencia/Albacete	En explotación	300	2010	432
Figueres-Frontera francesa	En explotación	300	2010	20
Orense-Santiago (La Coruña)	En explotación	300	2011	88
Bypass Torrejón de Velasco	En explotación	200	2012	21
Barcelona-Figueres	En explotación	300	2013	132
Albacete-Alicante	En explotación	300	2013	239
Madrid- Valencia/Alicante- Murcia/Castellón	En construcción	300		231
Vitoria-Bilbao- San Sebastián	En construcción	250		175
Variante de Pajares	En construcción	250		50
Bobadilla-Granada	En construcción	250		109
La Coruña-Vigo	En construcción	250		158
Navalmoral- Frontera portuguesa	En construcción	300		278
Sevilla-Cádiz	En construcción	250		152
Hellín-Cieza (variante Camarillas)	En construcción	250		27
Sevilla-Antequera	En construcción	300		128
Valladolid-Burgos- Vitoria	En proyecto	300		211
V. Baños-León- Asturias	En proyecto			238

Madrid-Navalmoral	En proyecto	300		191
Almería-Murcia	En proyecto			190
Valencia-Castellón	En proyecto			64
Olmedo-Zamora-Orense	En proyecto	300		323
Palencia-Santander	En proyecto	300		201
Zaragoza-Castejón-Logroño	En proyecto	250		149
Castejón-Pamplona	En proyecto	300		75
Orense-Vigo (vía Cerdedo)	En proyecto	250		60
Total km (en explotación)				2.515
Total km (en construcción)				1.308
Total km (en proyecto)				1.702
Total km España				5.525

SUECIA

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Estocolmo-Malmö/Göteborg	En proyecto	300		750
Total km (en proyecto)				750
Total km Suecia				750

SUIZA

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Frutigen-Visp (túnel Lötschberg)	En explotación	250	2007	35
Erstfeld-Biasca (túnel S. Gotardo)	En construcción	250	2017	57
Giubiasco-Lugano (túnel Ceneri)	En construcción	250	2019	15

Total km (en explotación)	35
Total km (en construcción)	72
Total km Suiza	107

REINO UNIDO

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Enlace Fawkham-Túnel	En explotación	300	2003	74
Londres-Enlace Southfleet	En explotación	300	2007	39
Londres-Birmingham	En proyecto	360	2025	204
Londres-Manchester/Leeds	En proyecto	360	2032	239
Total km (en explotación)				113
Total km (en proyecto)				543
Total km Reino Unido				656

EUROPA

Total km (en explotación)	7.351
Total km (en construcción)	2.929
Total km (en proyecto)	10.815
Total Europa 2025	21.095

ASIA

CHINA

	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Qinhuangdao-Shenyang	En explotación	250	2003	405
Beijing-Tianjin	En explotación	350	2008	118
Nanjing-Hefei	En explotación	250	2008	149
Jinan-Qingdao	En explotación	200	2009	393
Hefei-Wuhan	En explotación	250	2009	331
Shijiazhuang-Taiyuan	En explotación	250	2009	224
Wuhan-Guangzhou	En explotación	300	2009	1.079
Ningbo-Wenzhou-Xiamen	En explotación	250	2010	837
Zhengzhou-Xi'an	En explotación	300	2010	523
Chengdu-Dujiangyan	En explotación	200	2010	65
Shanghai-Nanjing	En explotación	300	2010	324
Nanchang-Jiujiang	En explotación	250	2010	119
Shanghai-Hangzhou	En explotación	350	2010	147
Changchun-Jilin	En explotación	250	2010	111
Hainan East Circle	En explotación	250	2010	308
Guangzhou-Zhuhai	En explotación	200	2011	143
Beijing-Shanghai	En explotación	300	2011	1.318
Guangzhou-ShenZhen (Hong Kong)	En explotación	250	2011	102
Wuhan-Yichang	En explotación	200	2012	292
Hefei-Bengbu	En explotación	300	2012	131
Zhengzhou-Wuhan	En explotación	300	2012	526
Harbin-Dalian	En explotación	250	2012	921

Beijing-Zhengzhou	En explotación	300	2012	676
Longyan-Zhangzhou	En explotación	200	2012	114
Nanjing-Hangzhou	En explotación	350	2013	256
Hangzhou-Ningbo	En explotación	350	2013	144
Panjin-Yingkou	En explotación	350	2013	98
Tianjin-Qinhuangdao	En explotación	350	2013	265
Xiamen-Shenzhen	En explotación	250	2013	468
Xi'an-Baoji	En explotación	300	2013	148
Nanning-Liuzhou	En explotación	250	2013	221
Wuhan-Xianning	En explotación	200	2013	76
Qinzhou-Beihai	En explotación	250	2013	100
Guangzhou-Zhuhai (ampliación)	En construcción	200		21
Nanjing-An'qing	En construcción	200		258
Shijiazhuang-Jinan	En construcción	250		323
Baoji-Lanzhou	En construcción	250		401
Changsha-Kunming	En construcción	250		1.158
Lanzhou-Urumqi	En construcción	200		1.776
Heifei-Fuzhou	En construcción	250		806
Datong-Taiyuan	En construcción	250		289
Xi'an-Chengdu	En construcción	250		509
Wuhan-Xiaogan	En construcción	200		66
Wuhan-Huangshi	En construcción	200		96
Tianjin-Baoding	En construcción	200		232
Xuzhou-Zhengzhou	En construcción	250		362
Harbin-Qiqihaer	En construcción	250		286
Shenyang-Dandong	En construcción	250		206

Hangzhou-Changsha	En construcción	300		452
Qingdao-Rongcheng	En construcción	250		332
Wanzhou-Chengdu	En proyecto			586
Chengdu-Guangzhou	En proyecto			1.373
Shangqi-Hangzhou	En proyecto			770
Kunming-Nanning	En proyecto			710
Jinzhou-Yingkou	En proyecto	200		100
Guangxi (golfo norte)	En proyecto	200		238
Total km (en explotación)				11.132
Total km (en construcción)				7.571
Total km (en proyecto)				3.777
Total km China				22.481

TAIWAN

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Taipei-Kaohsiung	En explotación	300	2007	345
Taipei-Nangang	En construcción		2016	9
Total km (en explotación)				345
Total km (en construcción)				9
Total km Taiwan-China				354

INDIA

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Mumbai-Amehdabad	En proyecto	250		495
Total km (en proyecto)				495
Total km India				495

JAPÓN

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Tokio-Shin Osaka	En explotación	270	1964	515
Shin Osaka-Okayama	En explotación	270	1972	161
Okayama-Hakata	En explotación	300	1975	393
Omiya-Morioka	En explotación	320	1982	465
Omiya-Niigata	En explotación	240	1982	270
Ueno-Omiya	En explotación	110	1985	27
Tokio-Ueno	En explotación	110	1991	4
Fukushima-Yamagata	En explotación	130	1992	87
Morioka-Akita	En explotación	130	1997	127
Takasaki-Nagano	En explotación	260	1997	117
Yamagata-Shinjo	En explotación	130	1999	62
Morioka-Hachinohe	En explotación	260	2002	97
Shin Yatsushiro-Kagoshima Chuo	En explotación	260	2004	127
Hachinohe-Shin Aomori	En explotación	260	2010	82
Hakata-Shin Yatsushiro	En explotación	260	2011	130
Nagano-Kanazawa	En construcción	260	2015	228
Shin Aomori-Shin Hakodate	En construcción	260/140	2016	149
Takeo Onsen-Isahaya	En construcción			45
Isahaya-Nagasaki	En construcción		2023	21
Kanazawa-Tsuruga	En construcción	260	2025	125
Shin Hakodate-Sapporo	En construcción	260	2035	211
Tsuruga-Osaka	En proyecto			128
Shin Tosu-Takeo Onsen	En proyecto			51
Total km (en explotación)				2.664

Total km (en construcción)	779
Total km (en proyecto)	179
Total km Japón	3.622

ARABIA SAUDÍ

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Medina-La Meca	En construcción	300	2016	550
Total km (en construcción)				550
Total km Arabia Saudí				550

COREA DEL SUR

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Seúl-Dongdaegu	En explotación	300	2004	330
Dongdaegu-Busan	En explotación	300	2010	82
Suseo-Pyoengtaek	En construcción	300	2015	61
Osong-Gwangju	En construcción	300	2015	186
Gwangju-Mokpo	En proyecto	300	2017	49
Total km (en explotación)				412
Total km (en construcción)				247
Total km (en proyecto)				49
Total km Corea del Sur				708

TURQUÍA

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
(Ankara) Sinkan-Eskisehir	En explotación	250	2009	232
Polatli-Konya	En explotación	250	2011	212

Eskisehir-Izmit	En explotación	250	2014	188
Izmit-Pendik	En explotación	160	2014	56
Bursa-Yenişehir	En construcción	250		75
Yerköy-Sivas	En construcción	250		292
Konya-Karaman	En construcción	200		102
Kaiseri kuzey geçişi	En proyecto	160		23
Ankara-Izmir	En proyecto	250		624
Bandirma-Bursa	En proyecto	250		100
Yenişehir-Osmaneli	En proyecto	250		30
Sivas-Erzincan	En proyecto	250		235
Nusaybin-Habur hatti	En proyecto	160		135
Mürşitpınar-Urfa	En proyecto	160		63
Ankara-Kayseri	En proyecto	250		175
Halkali-Frontera búlgara	En proyecto	250		230
Gebze-Estambul	En proyecto			43
Gaziantep-Halep	En proyecto			100
Total km (en explotación)				688
Total km (en construcción)				469
Total km (en proyecto)				1.758
Total km Turquía				2.915

ASIA

Total km (en explotación)	15.241
Total km (en construcción)	9.625
Total km (en proyecto)	6.258
Total Asia 2025	31.125

ÁFRICA

MARRUECOS

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Tánger-Kenitra	En construcción	300	2015	200
Settat-Marrakech	En proyecto	300		480
Total km (en construcción)				200
Total km (en proyecto)				480
Total km Marruecos				680

AMÉRICA

BRASIL

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Rio de Janeiro- Sao Paulo Campinas	En proyecto	300		511
Total km (en proyecto)				511
Total km Brasil				511

ESTADOS UNIDOS

TRAMO/SECCIÓN	ESTADO	VEL. MÁX. (km/h)	AÑO	DISTANCIA (km)
Corredor noreste (Boston) Nueva York- Washington	En explotación	240		362
Fresno-North Bakersfield	En proyecto	300	2021	483
Sacramento/Sacramento-Fresno	En proyecto		>2025	147
North Bakersfield- Los Angeles	En proyecto	300	>2025	147
Total km (en explotación)				362

Total km (en proyecto)	777
Total km Estados Unidos	1.139

OCEANÍA**AUSTRALIA**

Brisbane-Melbourne	En proyecto	350	>2025	1.748
Total km (en proyecto)				1.748
Total km Australia				1.748

OTROS SISTEMAS DE ALTA VELOCIDAD

Total km (en explotación)	362
Total km (en construcción)	200
Total km (en proyecto)	3.516
Total Otros Países 2025	4.078

DATOS MUNDIALES

Total km (en explotación)	22.954
Total km (en construcción)	12.754
Total km (en proyecto)	20.589
Total mundial 2025	56.298

Fuente: Elaboración propia a partir de Vía Libre, 16 de abril de 2013 y Union Internationale des Chemins de Fer, "High speed lines in the World - UIC High Speed Department", septiembre de 2014

ANEXO 5: ACRÓNIMOS UTILIZADOS

PAÍSES	
CÓDIGO	SIGNIFICADO
AT	Austria
BE	Bélgica
BG	Bulgaria
CZ	República Checa
DE	Alemania
DK	Dinamarca
EE	Estonia
ES	España
FR	Francia
GR	Grecia
HU	Hungría
IRL	Irlanda
IT	Italia
LT	Letonia
LUX	Luxemburgo
LV	Lituania
NL	Países Bajos
PL	Polonia
PT	Portugal
RO	Rumanía
S	Suecia
SK	Eslovaquia
SL	Eslovenia
UK	Reino Unido
RESTO DE ACRÓNIMOS	
CÓDIGO	SIGNIFICADO
ACB	Análisis Coste-Beneficio
ACS	Actividades de Construcción y Servicios
ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
AEB	Asociación Española de la Banca

AELC	Asociación Europea de Libre Comercio
AENA	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
AGE	Asociación de Geógrafos Españoles
AMF	Alquiler de Material Ferroviario
APP	Asociaciones Público-Privadas
ASFA	Anuncio de Señales y Frenado Automático
ATM	Air Traffic Management
AV	Alta Velocidad
AVE	Alta Velocidad Española
BCE	Banco Central Europeo
BEI	Banco Europeo de Inversiones
CAF	Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles
CAT	Construcción Asistida de Trenes
CCP	Consejo Consultivo de Privatizaciones
CA	Corriente Alterna
CC	Corriente Continua
CE	Comunidad Europea
CECA	Confederación Española de Cajas de Ahorro
CEE	Comunidad Económica Europea
CER	Community of European Railways
CLA	Centro Logístico de Antequera
CNMC	Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia
CNT	Confederación Nacional del Trabajo
COTIF	Ver OTIF
CRC	Centro de Regulación y Control
CRH	China Railway High-speed
CTC	Centro de Control de Tráfico
DB	Deutsche Bahn
EAE	Evaluación Ambiental Estratégica
EEMS	Estrategia Española de Movilidad Sostenible
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EPE	Entidad Pública Empresarial
EPSG	European Petroleum Survey Group
ERRAC	European Rail Research Advisory Council

ERTMS	European Rail Traffic Management System
ETCS	European Train Control System
ETE	Estrategia Territorial Europea
ETI	Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad
ETR	Eletto Treno Rapido
ETRS	European Terrestrial Reference System
FEDER	Fondo Europeo de Desarrollo Regional
FEI	Fondo Europeo de Inversiones
FEVE	Ferrocarriles de Vía Estrecha
FFCC	Ferrocarril
FGC	Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIF	Gestor de Infraestructuras Ferroviarias
GSM-R	Global System for Mobile Communications-Railways
GVSIG	Sistema de Información Geográfica de la Generalitat Valenciana
HZ	Hercio
IAM	Índice de Accesibilidad Media
IC/ICE	InterCity Express
ICO	Instituto de Crédito Oficial
INE	Instituto Nacional de Estadística
IPA	Instrumento Financiero de Preadhesión
ITS	Intelligent Transport System
IVA	Impuesto sobre el Valor Añadido
JNR	Japanese National Railways
KM	Kilómetros
KM/H	Kilómetros/hora
KTX	Korea Train Express
KV	Kilovoltios
KWH	Kilowatios/hora
LAV	Línea de Alta Velocidad
LD	Larga Distancia
LES	Ley de Economía Sostenible
LG	Lietuvos Geležinkeliai

LGV	Ligne à Grande Vitesse
LIB	Índice de Liberalización Ferroviaria
LOTT	Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres
LZB	LinienZugBeeinflussung
MAGLEV	Magnetic Levitation
MD	Media Distancia
MLL/€	Millones de euros
NAFA	Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía
NTV	Nuovo Trasporto Viaggiatori
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos
OHL	Obrascón Huarte Lain
ONCF	Office National des Chemins de Fer du Maroc
OTIF	Organización Intergubernamental para los Transportes Internacionales por Ferrocarril
PCIT	Política Común de Infraestructuras de Transporte
PCT	Política Común de Transporte
PDI	Plan Director de Infraestructuras
PEI	Plan Extraordinario de Infraestructuras
PEIT	Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte
PIB	Producto Interior Bruto
PIT	Plan de Infraestructuras de Transporte
PITVI	Plan de Infraestructuras de Transporte y Vivienda
PK	Punto kilométrico
PLAZA	Plataforma Logística de Zaragoza
PNOA	Plan Nacional de Ortofotografía Aérea
PP	Proyecto Prioritario
PSF	Plan Sectorial Ferroviario
PTF	Plan de Transporte Ferroviario
PTFE	Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española
PTP	Promoción del Transport Público
RD	Real Decreto
RDA	República Democrática de Alemania
RENFE	Red Nacional de Ferrocarriles Españoles
RFA	República Federal de Alemania

RFF	Réseau Ferré de France
RFIG	Red Ferroviaria de Interés General
RIS	Rivers Information Services
ROTT	Reglamento de Ordenación de los Transportes Terrestres
RTE-T	Red Transeuropea de Transporte
SA	Sociedad Anónima
SECEG	Sociedad Española para la Comunicación Fija a través del Estrecho de Gibraltar
SEPI	Sociedad Estatal de Participaciones Industriales
SERA	Espacio Ferroviario Único Europeo
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SNCF	Société Nationale des Chemins de Fer Français
SNED	Société Nationale d' Études du Déroit
STM	Specific Transmission Module
TALGO	Tren Articulado Ligero Goicoechea Oriol
TAV	Tren de Alta Velocidad
TCP	Traversée Centrale des Pyrénées
TER	Transport Express Régional
TFUE	Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea
TGV	Train à Grande Vitesse
Tm	Tonelada métrica
TM	Término municipal
TRD	Tren Regional Diesel
UE	Unión Europea
UEM	Unión Económica y Monetaria
UIC	Union Internationale des Chemins de Fer
UNE	Una Norma Española
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS	World Geodetic System
WWF	World Wildlife Fund

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 6: VALORES DE DISTANCIAS PARA LA RED DE ALTA VELOCIDAD

TRAMOS	KM
Madrid-Guadalajara	64
Guadalajara-Calatayud	157
Calatayud-Zaragoza	104
Zaragoza-Lérida	158
Lérida-Camp de Tarragona	81
Camp de Tarragona-Barcelona	100
Zaragoza-Huesca	84
Madrid Chamartín-Segovia Guiomar	67
Segovia Guiomar-Olmedo	65
Olmedo-Valladolid	46
Madrid-Bifurcación Torrejón de Velasco	29
Bifurcación Torrejón de Velasco- Bifurcación La Sagra	25
Bifurcación La Sagra-Ciudad Real	117
Ciudad Real-Puertollano	39
Puertollano-Córdoba	134
Córdoba-Bifurcación Almodóvar	14
Bifurcación Almodóvar-Sevilla	113
Bifurcación Almodóvar-Antequera Santa Ana	97
Antequera Santa Ana-Málaga	58
Bifurcación La Sagra-Toledo	21
Bifurcación Torrejón de Velasco-Cuenca	161
Cuenca-Bifurcación Albacete	53
Bifurcación Albacete-Albacete	73
Bifurcación Albacete-Requena/Utiel	79
Requena/Utiel-Valencia Joaquín Sorolla	70
Albacete-Villena	114
Villena-Alicante	50
Barcelona-Gerona	93
Gerona-Figueres	34
Figueres-Frontera francesa	6

Fuente: Elaboración propia a partir de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles

ANEXO 7: DATOS UTILIZADOS PARA LOS GRÁFICOS DE DISPERSIÓN

NODO A	NODO B	POB. 2014 (SUMA)	DISTANCIA (KM)	Nº FRECUENCIAS
MADRID	TOLEDO	7,088606	75	34
MADRID	CIUDAD REAL	6,857816	171	39
MADRID	PUERTOLLANO	6,440286	210	39
MADRID	VIL. CÓRDOBA	6,398061	285	6
MADRID	CÓRDOBA	7,148070	344	51
MADRID	SEVILLA	8,325338	471	37
MADRID	PUENTE GENIL	6,418979	419	8
MADRID	ANTEQUERA	6,430356	456	11
MADRID	MÁLAGA	7,961574	514	26
MADRID	GUADALAJARA	6,644916	64	12
MADRID	CALATAYUD	6,409661	221	12
MADRID	ZARAGOZA	7,337965	325	39
MADRID	LÉRIDA	6,823129	483	18
MADRID	TARRAGONA	7,187989	564	20
MADRID	BARCELONA	11,859247	664	54
MADRID	GERONA	7,090733	757	16
MADRID	FIGUERAS	6,433858	791	16
MADRID	TARDIENTA	6,389729	388	2
MADRID	HUESCA	6,611786	409	3
MADRID	SEGOVIA	6,549122	67	22
MADRID	VALLADOLID	6,919186	178	24
MADRID	CUENCA	6,598787	190	18
MADRID	REQUENA- UTIEL	6,409801	321	8
MADRID	VALENCIA	8,902804	391	27
MADRID	ALBACETE	6,786634	316	14
MADRID	VILLENA	6,423569	430	10
MADRID	ALICANTE	8,205949	480	16
TOLEDO	CIUDAD REAL	1,168952	246	3
TOLEDO	PUERTOLLANO	0,751422	285	3
TOLEDO	VIL. CÓRDOBA	0,709197	360	2
TOLEDO	CÓRDOBA	1,459206	419	4

NODO A	NODO B	POB. 2014 (SUMA)	DISTANCIA (KM)	Nº FRECUENCIAS
TOLEDO	SEVILLA	2,636474	546	3
TOLEDO	PUENTE GENIL	0,730115	494	1
TOLEDO	ANTEQUERA	0,741492	531	2
TOLEDO	MÁLAGA	2,272710	589	2
TOLEDO	ZARAGOZA	1,649101	400	2
TOLEDO	LÉRIDA	1,134265	558	1
TOLEDO	TARRAGONA	1,499125	639	1
TOLEDO	BARCELONA	6,170383	739	2
CIUDAD REAL	PUERTOLLANO	0,520632	39	47
CIUDAD REAL	VIL. CÓRDOBA	0,478407	114	6
CIUDAD REAL	CÓRDOBA	1,228416	173	29
CIUDAD REAL	SEVILLA	2,405684	300	17
CIUDAD REAL	PUENTE GENIL	0,499325	248	10
CIUDAD REAL	ANTEQUERA	0,510702	285	11
CIUDAD REAL	MÁLAGA	2,041920	343	12
CIUDAD REAL	ZARAGOZA	1,418311	475	9
CIUDAD REAL	LÉRIDA	0,903475	633	8
CIUDAD REAL	TARRAGONA	1,268335	714	8
CIUDAD REAL	BARCELONA	5,939593	814	8
CIUDAD REAL	CUENCA	0,679133	305	4
CIUDAD REAL	VALENCIA	2,983150	506	4
PUERTOLLANO	VIL. CÓRDOBA	0,060877	75	6
PUERTOLLANO	CÓRDOBA	0,810886	134	25
PUERTOLLANO	SEVILLA	1,988154	261	15
PUERTOLLANO	PUENTE GENIL	0,081795	209	8
PUERTOLLANO	ANTEQUERA	0,093172	246	9
PUERTOLLANO	MÁLAGA	1,624390	304	10
PUERTOLLANO	ZARAGOZA	1,000781	514	5
PUERTOLLANO	LÉRIDA	0,485945	672	4
PUERTOLLANO	TARRAGONA	0,850805	753	4
PUERTOLLANO	BARCELONA	5,522063	853	4
PUERTOLLANO	CUENCA	0,261603	344	4
PUERTOLLANO	VALENCIA	2,565620	545	4
VIL. CÓRDOBA	CÓRDOBA	0,768661	59	6

NODO A	NODO B	POB. 2014 (SUMA)	DISTANCIA (KM)	Nº FRECUENCIAS
VIL. CÓRDOBA	SEVILLA	1,945929	186	4
VIL. CÓRDOBA	PUENTE GENIL	0,039570	134	2
VIL. CÓRDOBA	ANTEQUERA	0,050947	171	2
VIL. CÓRDOBA	MÁLAGA	1,582165	229	2
CÓRDOBA	SEVILLA	2,695938	127	54
CÓRDOBA	PUENTE GENIL	0,789579	75	24
CÓRDOBA	ANTEQUERA	0,800956	112	27
CÓRDOBA	MÁLAGA	2,332174	170	36
CÓRDOBA	GUADALAJARA	1,015516	387	2
CÓRDOBA	CALATAYUD	0,780261	544	2
CÓRDOBA	ZARAGOZA	1,708565	648	10
CÓRDOBA	LÉRIDA	1,193729	806	8
CÓRDOBA	TARRAGONA	1,558589	887	8
CÓRDOBA	BARCELONA	6,229847	987	8
CÓRDOBA	CUENCA	0,969387	478	4
CÓRDOBA	VALENCIA	3,273404	679	4
SEVILLA	PUENTE GENIL	1,966847	202	12
SEVILLA	ANTEQUERA	1,978224	239	12
SEVILLA	MÁLAGA	3,509442	297	12
SEVILLA	GUADALAJARA	2,192784	514	2
SEVILLA	CALATAYUD	1,957529	671	2
SEVILLA	ZARAGOZA	2,885833	775	6
SEVILLA	LÉRIDA	2,370997	933	4
SEVILLA	TARRAGONA	2,735857	1014	4
SEVILLA	BARCELONA	7,407115	1114	4
SEVILLA	CUENCA	2,146655	605	2
SEVILLA	VALENCIA	4,450672	806	2
PUENTE GENIL	ANTEQUERA	0,071865	37	24
PUENTE GENIL	MÁLAGA	1,603083	95	24
PUENTE GENIL	ZARAGOZA	0,979474	723	4
PUENTE GENIL	LÉRIDA	0,464638	881	4
PUENTE GENIL	TARRAGONA	0,829498	962	4
PUENTE GENIL	BARCELONA	5,500756	1062	4
PUENTE GENIL	CUENCA	0,240296	553	2

NODO A	NODO B	POB. 2014 (SUMA)	DISTANCIA (KM)	Nº FRECUENCIAS
PUENTE GENIL	VALENCIA	2,544313	754	2
ANTEQUERA	MÁLAGA	1,614460	58	27
ANTEQUERA	ZARAGOZA	0,990851	760	8
ANTEQUERA	LÉRIDA	0,476015	918	8
ANTEQUERA	TARRAGONA	0,840875	999	8
ANTEQUERA	BARCELONA	5,512133	1099	8
ANTEQUERA	CUENCA	0,251673	590	2
ANTEQUERA	VALENCIA	2,555690	791	2
MÁLAGA	ZARAGOZA	2,522069	818	8
MÁLAGA	LÉRIDA	2,007233	976	8
MÁLAGA	TARRAGONA	2,372093	1057	8
MÁLAGA	BARCELONA	7,043351	1157	8
MÁLAGA	CUENCA	1,782891	648	2
MÁLAGA	VALENCIA	4,086908	849	2
GUADALAJARA	CALATAYUD	0,277107	157	4
GUADALAJARA	ZARAGOZA	1,205411	261	12
GUADALAJARA	LÉRIDA	0,690575	419	7
GUADALAJARA	TARRAGONA	1,055435	500	8
GUADALAJARA	BARCELONA	5,726693	600	8
GUADALAJARA	GERONA	0,958179	693	3
GUADALAJARA	FIGUERAS	0,301304	727	3
GUADALAJARA	TARDIENTA	0,257175	324	2
GUADALAJARA	HUESCA	0,479232	345	2
CALATAYUD	ZARAGOZA	0,970156	104	20
CALATAYUD	LÉRIDA	0,455320	262	7
CALATAYUD	TARRAGONA	0,820180	343	7
CALATAYUD	BARCELONA	5,491438	443	8
CALATAYUD	GERONA	0,722924	536	5
CALATAYUD	FIGUERAS	0,066049	570	5
CALATAYUD	TARDIENTA	0,021920	167	2
CALATAYUD	HUESCA	0,243977	188	2
ZARAGOZA	LÉRIDA	1,383624	158	28
ZARAGOZA	TARRAGONA	1,748484	239	28
ZARAGOZA	BARCELONA	6,419742	339	45

NODO A	NODO B	POB. 2014 (SUMA)	DISTANCIA (KM)	Nº FRECUENCIAS
ZARAGOZA	GERONA	1,651228	432	13
ZARAGOZA	FIGUERAS	0,994353	466	13
ZARAGOZA	TARDIENTA	0,950224	63	2
ZARAGOZA	HUESCA	1,172281	84	2
LÉRIDA	TARRAGONA	1,233648	81	42
LÉRIDA	BARCELONA	5,904906	181	43
LÉRIDA	GERONA	1,136392	274	10
LÉRIDA	FIGUERAS	0,479517	308	10
TARRAGONA	BARCELONA	6,269766	100	46
TARRAGONA	GERONA	1,501252	193	10
TARRAGONA	FIGUERAS	0,844377	227	10
BARCELONA	GERONA	6,172510	93	43
BARCELONA	FIGUERAS	5,515635	127	43
GERONA	FIGUERAS	0,747121	34	41
TARDIENTA	HUESCA	0,224045	21	2
SEGOVIA	VALLADOLID	0,690838	111	18
CUENCA	REQUENA- UTIEL	0,231118	131	6
CUENCA	VALENCIA	2,724121	201	11
CUENCA	ALBACETE	0,607951	126	10
CUENCA	VILLENA	0,244886	240	9
CUENCA	ALICANTE	2,027266	290	10
REQUENA- UTIEL	VALENCIA	2,535135	70	16
ALBACETE	VILLENA	0,432733	114	10
ALBACETE	ALICANTE	2,215113	164	14
VILLENA	ALICANTE	1,852048	50	10
LA CORUÑA	SANTIAGO	1,135678	66	8
LA CORUÑA	ORENSE	1,363072	150	8
SANTIAGO	ORENSE	0,419476	84	14

Fuente: Elaboración propia a partir del Padrón Municipal de Habitantes (Instituto Nacional de Estadística), Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, www.renfe.es y cálculos propios



FUNDACIÓN DE LOS
FERROCARRILES
ESPAÑOLES