Fundación de los Ferrocarriles Españoles

colección TESIS DOCTORALES
HUMANIDADES

COHESIÓN SOCIAL EN LA ESPAÑA PENINSULAR TRAS LA IMPLANTACIÓN DE LA ALTA VELOCIDAD FERROVIARIA

José Manuel Naranjo Gómez

Dirigida por José Antonio Gutiérrez Gallego

Codirigida por Alan David James Atkinson Gordo

Departamento de Expresión Plástica
Escuela de Ingenierías Industriales

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Cáceres, 2015

HUMANIDADES

COLECCIÓN
TESIS DOCTORALES

HUMANIDADES

COHESIÓN SOCIAL EN LA ESPAÑA PENINSULAR TRAS LA IMPLANTACIÓN DE LA ALTA VELOCIDAD FERROVIARIA

José Manuel Naranjo Gómez

Dirigida por José Antonio Gutiérrez Gallego
Codirigida por Alan David James Atkinson Gordo

DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Cáceres, 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

COHESIÓN SOCIAL EN LA ESPAÑA PENINSULAR TRAS LA IMPLANTACIÓN DE LA ALTA VELOCIDAD FERROVIARIA

La expansión de la red ferroviaria de alta velocidad contemplada en el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda 2012-2024 (PITVI) tiene entre sus objetivos fundamentales mejorar la cohesión social en España. Por esta razón, se han clasificado e identificado los municipios que mejorarán o empeorarán su cohesión social. Para ello se emplean indicadores de retraso estructural y accesibilidad potencial territorial, ilustrando los resultados con herramientas SIG. Los resultados muestran patrones territoriales poco definidos según el efecto positivo o negativo, mostrándose municipios con desventajas geográficas y demográficas. Esta propuesta metodológica caracteriza la cohesión social antes de la construcción de las infraestructuras.

José Manuel Naranjo Gómez es doctor en Geodesia y Cartografía (2015), ingeniero en Geodesia y Cartografía (2002) e ingeniero técnico en Topografía (1999) por la Universidad de Extremadura. Realiza actividad docente en la Universidad de Extremadura desde el año 2002 y actividad investigadora en los campos de sostenibilidad, infraestructuras de transporte, accesibilidad territorial y sistemas de información geográfica, donde cuenta con diversas publicaciones en revistas especializadas. Asimismo, pertenece al grupo de investigación Desarrollo Sostenible, donde ha desarrollado varios proyectos de investigación.

ISBN: 978-84-946555-0-0
Depósito legal: M-43193-2016

Fundación de los Ferrocarriles Españoles – 2016

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 17
   1.1. Presentación 17
   1.2. Motivación, justificación y agradecimientos 19
   1.3. Objetivos 21
2. ESTADO DEL ARTE 23
   2.1. Concepto de cohesión social 23
      2.1.1. Aspecto socioeconómico 24
      2.1.2. Aspecto cultural 24
      2.1.3. Aspecto ecológico 24
      2.1.4. Aspecto político 25
      2.1.5. Redes de interacción 25
      2.1.6. Indicadores 26
   2.2. Transporte en las sociedades y el territorio 28
      2.2.1. El transporte como reestructurador socioeconómico 29
      2.2.2. Consecuencias de las infraestructuras de transporte 31
      2.2.3. Niveles de organización espacial 33
   2.3. Relación en el territorio entre desarrollo socioeconómico e infraestructuras de transporte 37
   2.4. Accesibilidad 45
      2.4.1. Características fundamentales de una medida de accesibilidad 48
      2.4.2. Perspectivas deterministas y medidas de la accesibilidad 53
      2.4.3. Exploración de las medidas de accesibilidad para llegar a la justicia social 88
      2.4.4. Accesibilidad transportes y cohesión territorial 91
   2.5. El TAV y sus efectos en el territorio 92
      2.5.1. Espacios servidos y no servidos 94
      2.5.2. Espacios discontinuos 95
   2.6. Cohesión social y TAV desde la perspectiva de la accesibilidad 98
      2.6.1. Estudios internacionales 99
      2.6.2. Estudios nacionales 103
      2.6.3. Estudios regionales 121
      2.6.4. Estudios locales 124
3. CUESTIONES DE INVESTIGACIÓN 127
4. ÁREA DE ESTUDIO 129
   4.1. Geografía física 130
   4.2. Geografía humana 131
      4.2.1. Dimensión territorial de la distribución de la renta, condiciones de vida y políticas redistributivas en España 133
      4.2.2. Las diferencias de renta entre las comunidades autónomas 133
      4.2.3. Las diferencias de renta dentro de cada comunidad autónoma 136
      4.2.4. Sistema de Asentamientos, Ocupación Humana del Territorio y las Infraestructuras de Transporte: Desequilibrios Territoriales. 139
      4.2.5. Sistema de transporte español 141
5. METODOLOGÍA 151
   5.1. Fuentes de información 152
   5.2. Diseño de la cartografía base 153
      5.2.1. Red de transportes terrestres 153
      5.2.2. Estaciones de ferrocarril 163
      5.2.3. Principales núcleos urbanos de cada término municipal 164
      5.2.4. Términos Municipales Peninsulares 165

5.3. Municipios según su desarrollo socioeconómico.....167
5.4. Municipios según sus niveles de accesibilidad.....173
5.5. Factor de ponderación.....174
5.6. Indicador de cohesión social 175
6. ANÁLISIS.....177
6.1. Situación ferroviaria peninsular actual.....177
6.1.1. Atraso estructural..... 185
6.1.2. Nivel de accesibilidad 187
6.1.3. Factor de ponderación..... 189
6.2. Situación ferroviaria futura.....194
6.2.1. Nivel de accesibilidad 194
6.2.2. Grado de cohesión social 200
7. CONCLUSIONES 205
8. PROPUESTAS 211
9. BIBLIOGRAFÍA 213

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Escalas de organización espacial del transporte. Fuente: Rodrigue et al., 2013 33
Figura 2: Modelo centro-periferia. Fuente: Rodríguez y Menéndez 2012....36
Figura 3: Condiciones necesarias para lograr desarrollo económico en el territorio. Fuente: Banister y Berechman, 2001 39
Figura 4: Factores de localización de actividades económicas en un territorio. Fuente: Rodrigue, Comtois y Slack, 2013 41
Figura 5: Modelo conceptual de los factores que afectan al impacto social del transporte. Fuente: Geurs, Boon, Wouter y Van Wee, 2009....42
Figura 6: Modelo conceptual de los factores que afectan al impacto social del transporte. Fuente: Banister y Thurstain-Goodwin, 2011....44
Figura 7: Accesibilidad relativa y absoluta e integral. Fuente: Autor basado en Monzón, 1988 47
Figura 8: Impacto de inversiones alternativas en carreteras. Fuente: Hagget, 1972 citado por Monzón, 1988....48
Figura 9: Relaciones entre componentes de la accesibilidad. Fuente: Geurs y Van Eck, 2001 52
Figura 10: Modelo conceptual del funcionamiento y evaluación del sistema de transporte en el uso el suelo. Fuente: Autor adaptado de Geurs y Van Eck ,2001..55
Figura 11: Representación gráfica del problema de los puentes en Konisberg. Fuente: Autor adaptado de Macho. 2010....61
Figura 12: Representación gráfica de isocronas. Fuente: Monzón, 1988....67
Figura 13: Representación gráfica de funciones de distancia de decaimiento. Fuente: Taylor, 1971 73
Figura 14: Posicionamiento de varias medidas de accesibilidad en la secuencia recursos-mediobienestar-bienestar. Fuente: Autor basado en Martens y Golub, 2014 89
Figura 15: Efecto túnel. Fuente: Autor basado en Garmendia y Ureña, 2007....95
Figura 16: Fases de las implicaciones territoriales del TAV. Fuente: Autor....98
Figura 17: Red de Alta Velocidad Ferroviaria Francesa. Fuente: Réseau Ferré de France 105
Figura 18: Principales fases metodológicas del BMVBW. Fuente: Autor basado en BMVBW 2003....106
Figura 19: Red de Alta Velocidad Ferroviaria en Inglaterra. Fuente: UIC, enero de 2013 108
Figura 20: Mapa oficial de los sistemas de transportes de los Países Bajos. Fuente: Nations Online Project....111
Figura 21: Sistema Nacional de ferrocarril de pasajeros Amtrak. Fuente: Thomson 1994 115
Figura 22: Mapa de accesibilidad potencial después de la implantación del TAV. Fuente: Monzón et al. 2013....120
Figura 23: Ciudad de Canberra y alrededores. Fuente: Gordon 2010....122
Figura 24: Nueva línea de alta velocidad ferroviaria propuesta en 2009. Fuente: Martínez y Givoni 2012 123
Figura 25: Línea de Alta Velocidad Ferroviaria entre Wuhan-Guangqhoy. Fuente: China Tourist Maps 124
Figura 26: Red Europea de TAV en noviembre de 2013. Fuente: UIC....129
Figura 27: Atlas nacional de España. Fuente: IGN....130
Figura 28: Pirámide de población de España en 2012. Fuente: Autor basado en el Padrón Municipal del INE....132
Figura 29: Crecimiento de la población de España. Fuente: Autor basado en datos del INE....133

Figura 30: Distribución regional del PIB per cápita 2008-2012. Fuente: Contabilidad Regional de España INE 135
Figura 31: Asentamientos de población peninsulares españoles y red de alta velocidad en 2012. Fuente: Autor 140
Figura 32: Red de calzadas romanas, 200 AD. Fuente: Rodrigue, Comtois y Slack, 2013 142
Figura 33: Red de carreteras españolas. Fuente: Autor basado en el Ministerio de Fomento 144
Figura 34: Fases metodológicas desarrolladas. Fuente: Autor 151
Figura 35: Fases metodológicas desarrolladas. Fuente: Autor 152
Figura 36: Red de carreteras analizadas en 2012. Fuente: Autor 154
Figura 37: Red ferroviaria de alta velocidad en 2012. Fuente: Autor 155
Figura 38: Red ferroviaria de media distancia interregional en 2012. Fuente: Autor . 156
Figura 39: Red ferroviaria de media distancia regional en 2012. Fuente: Autor 156
Figura 40: Red ferroviaria de cercanías en 2012. Fuente: Autor 157
Figura 41: Red ferroviaria total en 2012. Fuente: Autor 157
Figura 42: Acciones previstas en el PITVI para el año 2024. Fuente: Autor 161
Figura 43: Redes viarias analizadas en 2012 y 2024 162
Figura 44: principales núcleos de población por Comunidad Autónoma peninsulares. Fuente: Autor 164
Figura 45: Distribución de Componentes Principales. Fuente: Autor 169
Figura 46: Correlación entre las componentes principales y variables originales. Fuente: Autor 171
Figura 47: Representación esquemática de un diagrama de cajas. Fuente: Autor ... 177
Figura 48: Diagrama de cajas de la variable población. Fuente: Autor 178
Figura 49: Diagrama de cajas de la variable cuota de mercado. Fuente: Autor 179
Figura 50: Diagrama de cajas de la variable vehículos/habitante. Fuente: Autor 179
Figura 51: Diagrama de cajas de la variable índice industrial/habitante. Fuente: Autor 180
Figura 52: Diagrama de cajas de la variable % dependencia. Fuente: Autor 181
Figura 53: Diagrama de cajas de la variable % desempleo. Fuente: Autor 181
Figura 54: Diagrama de cajas de la variable segundas viviendas. Fuente: Autor 182
Figura 55: Diagrama de cajas de la variable % población en sector primario. Fuente: Autor 183
Figura 56: Diagrama de cajas de la variable % población en el sector secundario. Fuente: Autor 183
Figura 57: Diagrama de cajas de la variable % población en el sector terciario. Fuente: Autor 184
Figura 58: Diagrama de cajas de la variable % población en la construcción. Fuente: Autor 185
Figura 59: Distribución de municipios según su grado de desarrollo socioeconómico. Fuente: Autor 186
Figura 60: Categorización estructural de los municipios en 2012. Fuente: Autor 186
Figura 61: Clasificación de los municipios en función de su deficiencia de accesibilidad en 2012. Fuente: Autor 187
Figura 62: Categorización de accesibilidad sin las nuevas líneas de AVE de los municipios. Fuente: Autor 188
Figura 63: Proporción de municipios según su factor de ponderación. Fuente: Autor 190
Figura 64: Factor de ponderación. Fuente: Autor 191
Figura 65: Proporción de municipios atrasados según sus deficiencias de accesibilidad en 2012. Fuente: Autor 192

Figura 66: Proporción de municipios potencialmente atrasados según sus deficiencias de accesibilidad en 2012. Fuente: Autor 193
Figura 67: Proporción de municipios no atrasados según sus deficiencias de accesibilidad en 2012. Fuente: Autor 193
Figura 68: Proporción de municipios según sus deficiencias de accesibilidad en 2012. Fuente: Autor 194
Figura 69: Rango de valores e intervalos de clasificación de municipios según sus deficiencias de accesibilidad en 2012 y 2024. Fuente: Autor 196
Figura 70: Relación de municipios según sus deficiencias de accesibilidad en 2012 y 2024. Fuente: Autor 196
Figura 71: Categorización de accesibilidad con las nuevas líneas de AVE de los municipios. Fuente: Autor 197
Figura 72: Proporción de municipios atrasados según sus niveles de accesibilidad en 2024. Fuente: Autor 198
Figura 73: Proporción de municipios potencialmente atrasados según sus deficiencias de accesibilidad en 2024. Fuente: Autor 199
Figura 74: Proporción de municipios no atrasados según sus deficiencias de accesibilidad en 2024. Fuente: Autor 199
Figura 75: Distribución de los valores del indicador de cohesión social en la Península ibérica. Fuente: Autor 200
Figura 76: Proporción de municipios según su mejoría o descenso de cohesión social. Fuente: Autor 201
Figura 77: Efectos de la mejora de la accesibilidad por la implantación de nuevas líneas AVE. Fuente: Autor 202

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escalas de organización espacial. Fuente: Rodrigue, Comtois y Slack., 2013 34
Tabla 2: Marco conceptual del análisis. Fuente: Banister y Berechman 2001 40
Tabla 3: Elemento del modo de transporte que influye en la accesibilidad. Fuente: Hilbers y Verroen, 1993....51
Tabla 4: Revisión de las medidas de accesibilidad. Fuente: Curtis y Scheurer, 2002 59
Tabla 5: Medidas de teoría de grafos de conectividad de la red (n representan nodos, a representan arcos y G representan subgrafos). Fuente: Hagget, 1972, Baxter, 1982 y Kirby, 1976 62
Tabla 6: Medidas de accesibilidad de los nodos pertenecientes a la teoría de grafos. Fuente: Hagget, 1972, Baxter, 1982 y Kirby, 1976 64
Tabla 7: Medidas de accesibilidad de los nodos pertenecientes a la teoría de grafos. Fuente: Autor basado en Allen, Liu y Singer (1993), Guy (1977), Ingram (1971), Savigear (1967) y Monzón (1988)....65
Tabla 8: Formulaciones de medidas de contorno. Fuente: Autor basado en Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Chen y Weston, 2000 68
Tabla 9: Formulaciones de distancia de decaimiento. Fuente: Martínez y Viegas, 2013 72
Tabla 10: Formulaciones de medidas de gravedad. Fuente: Autor basado en Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Chen y Weston, 2000 76
Tabla 11: Formulaciones de medidas de competencia. Fuente: Autor basado en Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Gopal, Srosur y Weston, 2002....81
Tabla 12: Formulaciones de medidas de tiempo-espacio. Fuente: Autor basado en Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Chen y Weston, 2000....83
Tabla 13: Formulaciones de medidas de utilidad. Fuente: Autor basado en Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Chen y Weston, 2000 85
Tabla 14: Formulaciones de medidas de red. Fuente: Autor basado en Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Chen y Weston, 2000....87
Tabla 15: Perspectivas de igualdad o equidad y su aplicación a la distribución de alimentos 2012 89
Tabla 16: Estimaciones inter-censales de población 2000-2020. Fuente: INE 2013 132
Tabla 17: Distribución regional del PIB per cápita 2008-2012 (euros). Fuente: Contabilidad Regional de España INE 134
Tabla 18: Distribución regional de las rentas de los hogares (España=100). Fuente: Contabilidad Regional de Españas INE 137
Tabla 19: Índice de Gini de la renta en cada comunidad autónoma, 2008 y 2012. Fuente: Elaboración de Fundación de Fomento de Estudios Sociales y de Sociología Aplicada a partir de microdatos ECV del INE....138
Tabla 20: Evolución de la Alta Velocidad Ferroviaria española. Fuente: Autor basado en los datos de ADIF y UIC....148
Tabla 21: Líneas construidas de TAV en España. Fuente: PITVI....158
Tabla 22: Líneas en construcción de TAV en España. Fuente: PITVI....159
Tabla 23: Líneas previstas de TAV en España. Fuente: PITVI....160
Tabla 24: Estaciones de ferrocarril de media distancia por Comunidad Autónoma. Fuente: ADIF 163
Tabla 25: Estaciones de cercanías por ciudad. Fuente: ADIF....163
Tabla 26: Núcleos por municipios. Fuente: Autor basado en el INE....164
Tabla 27: Variables empleadas para la caracterización socioeconómica de los municipios españoles peninsulares. Fuente: Elaboración propia....165
Tabla 28: Coeficiente de correlación de Spearman 168

Tabla 29: Distribución de Componentes Principales. Fuente: autor 169
Tabla 30: Correlación entre las componentes principales y variables originales. Fuente: Autor. 170
Tabla 31: Caracterización de las clases socioeconómicas. Fuente: Autor 172
Tabla 32. Caracterización de zonas en función de su deficiencia de accesibilidad. Fuente: López, 2007 174
Tabla 33: Matriz de factores promediados para los criterios de cohesión. Fuente: López, 2007 175
Tabla 34: Número de municipios y % según su grado de desarrollo socioeconómico. Fuente: Autor 185
Tabla 35: Número de municipios y % según su grado de accesibilidad. Fuente: Autor 187
Tabla 36: Factor de ponderación de los municipios. Fuente: Autor 189
Tabla 37: Porcentaje de municipios según su atraso estructural y deficiencia de accesibilidad para el escenario actual. Fuente: Autor 192
Tabla 38: proporción de municipios según sus deficiencias de accesibilidad en 2024. Fuente: Autor 194
Tabla 39: Relación de municipios según sus deficiencias de accesibilidad en 2012 y 2024. Fuente: Autor 195
Tabla 40: Porcentaje de municipios según su atraso estructural y deficiencia de accesibilidad para el escenario futuro. Fuente: Autor..... 197
Tabla 41: Cuantificación de municipios según su mejoría o descenso de cohesión social. Fuente: Autor 201

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Accesibilidad relativa....47
Ecuación 2: Accesibilidad absoluta....47
Ecuación 3: Inaccesibilidad....48
Ecuación 4: Medida de accesibilidad basada en la separación espacial....61
Ecuación 5: Número ciclomático planar....62
Ecuación 6: Número ciclomático no planar....62
Ecuación 7: Índice Prihar planar....62
Ecuación 8: Índice Prihar no planar....62
Ecuación 9: Índice Alfa planar....62
Ecuación 10: Índice Alfa no planar....62
Ecuación 11: Índice Beta planar....62
Ecuación 12: Índice Beta no planar....62
Ecuación 13: Índice máximo de Beta planar....63
Ecuación 14: Índice máximo de Beta no planar....63
Ecuación 15: Índice Gama planar....63
Ecuación 16: Índice Gama no planar....63
Ecuación 17: Índice Zagozdon planar....63
Ecuación 18: Índice Zagozdon no planar....63
Ecuación 19: Índice Shimbel de accessibilidad....64
Ecuación 20: Índice promediado Shimbel de accesibilidad....64
Ecuación 21: Índice de dispersión....64
Ecuación 22: Índice promediado de dispersión....64
Ecuación 23: Índice de accesibilidad media....64
Ecuación 24: Medida de accesibilidad de los nodos de Allen, Liu y Singer (1993)....65
Ecuación 25: Medida de accesibilidad de los nodos de Guy (1983)....65
Ecuación 26: Medida de accesibilidad de los nodos de Ingram (1971)....65
Ecuación 27: Medida de accesibilidad de los nodos de Leake y Huzayyin (1979)....65
Ecuación 28: Medida de accesibilidad de los nodos de Leake y Huzayyin (1979)....65
Ecuación 29: Medida de accesibilidad de los nodos de Leake y Huzayyin (1979)....65
Ecuación 30: Medida de accesibilidad de los nodos de Leake y Huzayyin (1979)....65
Ecuación 31: Medida de accesibilidad de los nodos de Savigear (1967)....65
Ecuación 32: Medida de accesibilidad de los nodos de Monzón (1988)....65
Ecuación 33: Medida de accesibilidad de contorno de Monzón (1988)....66
Ecuación 34: Medida de accesibilidad de contorno de Black y Conroy (1977)....68
Ecuación 35: Medida de accesibilidad de contorno de Breheny (1978)....68
Ecuación 36: Medida de accesibilidad de contorno de Breheny (1978)....68
Ecuación 37: Medida de accesibilidad de contorno de Breheny (1978)....68
Ecuación 38: Medida de accesibilidad de contorno de Breheny (1978)....68
Ecuación 39: Medida de accesibilidad de contorno de Guy (1983)....68
Ecuación 40: Medida de accesibilidad de contorno de Hanson y Schwab (1987)....69
Ecuación 41: Medida de accesibilidad de contorno de Gutiérrez y Monzón (1998)....69
Ecuación 42: Medida de accesibilidad de contorno de López (2007)....69
Ecuación 43: Medida de accesibilidad de contorno de López (2007)....69
Ecuación 44: Medida de accesibilidad de contorno de López (2007)....69
Ecuación 45: Medida de accesibilidad de contorno de Wachs y Kumagi (1973)....70
Ecuación 46: Medida de accesibilidad de contorno de Weibull (1976)....70
Ecuación 47: Medida de accesibilidad de contorno de Weibull (1976)....70
Ecuación 48: Medida de accesibilidad de contorno de Zakaria (1974)....70
Ecuación 49: Distancia de decaimiento de Zipf 1946....71
Ecuación 50: Distancia de decaimiento de Taylor 1971....72
Ecuación 51: Potencial gravitacional de Taylor 1971....72

Ecuación 52: Distancia de decaimiento mediante función exponencial lineal 72
Ecuación 53: Distancia de decaimiento mediante función potencial..... 72
Ecuación 54: Distancia de decaimiento mediante función exponencial Tanner 72
Ecuación 55:Distancia de decaimiento mediante función exponencial Box-Cox 72
Ecuación 56 Distancia de decaimiento mediante función exponencial Box-Cox 72
Ecuación 57: Medida de accesibilidad de gravedad de Agywmang-Duah y Hall 1997..... 76
Ecuación 58: Medida de accesibilidad de gravedad de Bhat, Pulugurta y Govindarajan 1997..... 76
Ecuación 59: Medida de accesibilidad de gravedad de Cervero, Rood y Appleyard 1999..... 76
Ecuación 60: Medida de accesibilidad de gravedad de Cervero, Rood y Appleyard 1999..... 76
Ecuación 61: Medida de accesibilidad de gravedad de Echevarría, Monzón, Pinto y Martín 1996..... 76
Ecuación 62: Medida de accesibilidad de gravedad de Echevarría, Monzón, Pinto y Martín 1996 76
Ecuación 63: Medida de accesibilidad de gravedad de Giannopoulos y Boulougaris 1989..... 77
Ecuación 64: Medida de accesibilidad de gravedad de Giannopoulos y Boulougaris 1989..... 77
Ecuación 65: Medida de accesibilidad de gravedad de Guy 1983..... 77
Ecuación 66: Medida de accesibilidad de gravedad de Guy 1983..... 77
Ecuación 67: Medida de accesibilidad de gravedad de Handy 1992..... 77
Ecuación 68: Medida de accesibilidad de gravedad de Handy 1992..... 77
Ecuación 69: Medida de accesibilidad de gravedad de Hansen 1959..... 77
Ecuación 70: Medida de accesibilidad de gravedad de Knox 1978..... 77
Ecuación 71: Medida de accesibilidad de gravedad de Knox 1978..... 77
Ecuación 72: Medida de accesibilidad de gravedad de Knox 1978..... 77
Ecuación 73: Medida de accesibilidad de gravedad de Knox 1978..... 77
Ecuación 74: Medida de accesibilidad de gravedad de Kockelman 1997 78
Ecuación 75: Medida de accesibilidad de gravedad de Koening 1980..... 78
Ecuación 76: Medida de accesibilidad de gravedad de Lee y Goulias 1997 78
Ecuación 77: Medida de accesibilidad de gravedad de Levinson y Kumar 1994 78
Ecuación 78: Medida de accesibilidad de gravedad de Levinson y Kumar 1994 78
Ecuación 79: Medida de accesibilidad de gravedad de Lineker y Spence 1992 78
Ecuación 80: Medida de accesibilidad de gravedad de Tagore y Sikdar 1996..... 78
Ecuación 81: Medida de accesibilidad de gravedad de Tagore y Sikdar 1996..... 78
Ecuación 82: Medida de accesibilidad de gravedad de Tagore y Sikdar 1996..... 78
Ecuación 83: Medida de accesibilidad de gravedad de Tagore y Sikdar 1996..... 78
Ecuación 84: Medida de accesibilidad de competencia de Hagoort 1999..... 81
Ecuación 85: Medida de accesibilidad de competencia de Joseph y Bantock 1982 ... 81
Ecuación 86: Medida de accesibilidad de competencia de Geurs y Van Eck 2001..... 81
Ecuación 87: Medida de accesibilidad de competencia de Geurs y Van Eck 2001..... 81
Ecuación 88: Medida de accesibilidad de competencia de Geurs y Van Eck 2001..... 81
Ecuación 89: Medida de accesibilidad de competencia de López 2007 81
Ecuación 90:Medida de accesibilidad de tiempo-espacio de Kwan 1998..... 83
Ecuación 91: Medida de accesibilidad de tiempo-espacio de Miller 1999 83
Ecuación 92: Medida de accesibilidad de tiempo-espacio de Miller 1999 83
Ecuación 93: Medida de accesibilidad de tiempo-espacio de Miller 1999 83
Ecuación 94: Medida de accesibilidad de tiempo-espacio de Wang y Timmermams 1996..... 83

Ecuación 95: Medida de accesibilidad de tiempo-espacio de Wang y Timmermams 1996 83
Ecuación 96: Medida de accesibilidad de tiempo-espacio de Wang y Timmermams 1996 83
Ecuación 97: Medida de accesibilidad de tiempo-espacio de Wang y Timmermams 1996 83
Ecuación 98: Medida de accesibilidad de tiempo-espacio de Wang y Timmermams 1996 83
Ecuación 99: Medida de accesibilidad de utilidad de Ben-Akiva y Lerman 1979 85
Ecuación 100: Medida de accesibilidad de utilidad de Martínez 1995....85
Ecuación 101: Medida de accesibilidad de utilidad de Martínez 1995....85
Ecuación 102: Medida de accesibilidad de utilidad de Niemier 1997 85
Ecuación 103: Medida de accesibilidad de utilidad de Richardson y Young 1982 85
Ecuación 104: Medida de accesibilidad de utilidad de Sweet 1997....85
Ecuación 105: Medida de accesibilidad de red de Cruciti, Latora y Porta 2006....87
Ecuación 106: Medida de accesibilidad de red de Freeman 1977 87
Ecuación 107: Medida de accesibilidad de red de Sabidussi 2006 87
Ecuación 108: Medida de accesibilidad de red de Scheurer y Curtis 2010 87
Ecuación 109: Medida de accesibilidad de red de Scheurer y Curtis 2010 87
Ecuación 110: Medida de accesibilidad de red de Scheurer y Curtis 2010 87
Ecuación 111: Medida de accesibilidad de red de Scheurer y Curtis 2010 87
Ecuación 112: Medida de accesibilidad de red de Scheurer y Curtis 2010 87
Ecuación 113: Impedancia....162
Ecuación 114: Cuota de mercado por habitante....166
Ecuación 115: Índice industrial 167
Ecuación 116: Índice de dependencia 167
Ecuación 117: Proporción de segundas viviendas 167
Ecuación 118: Coeficiente de correlación de Spearman 167
Ecuación 119: Centralidad a media 0 168
Ecuación 120: Componente del Análisis de Componentes Principales....169
Ecuación 121: Componente del Análisis de Componentes Principales....169
Ecuación 122: Componente del Análisis de Componentes Principales....169
Ecuación 123: Ecuación de condición del Análisis de Componentes Principales 169
Ecuación 124: Ecuación del Análisis de Componentes Independientes 170
Ecuación 125: Ecuación del Análisis de Componentes Independientes 170
Ecuación 126: Ecuación del Análisis de Componentes Independientes 170
Ecuación 127: Ecuación del método de Mapas Auto-organizativos 171
Ecuación 128: Ecuación del método de Mapas Auto-organizativos 171
Ecuación 129: Ecuación del método de Mapas Auto-organizativos 172
Ecuación 130: Indicador de accesibilidad potencial....173
Ecuación 131: Indicador de cohesión social....175

ABREVIATURAS[1]

ACP: Análisis de Componentes Principales.

ADIF: Administrador de Infraestructuras Ferroviarias.

AVE: Alta Velocidad Española. Marca comercial utilizada por la compañía española Renfe, operadora para trenes de alta velocidad.

BMVBW: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Ministerio Federal de Transportes, Urbanismo y Vivienda Alemán.

BMU: Best Matching Unit. Unidad de Mejores Agrupaciones.

CBD: Central Business District. Distrito Central de Negocios.

CE: Comisión Europea.

CEE: Comunidad Económica Europea.

ECV: Encuesta de Condiciones de Vida.

ESDP: European Spatial Development Perspective. Perspectiva de Desarrollo Espacial Europea.

ETRS89: European Terrestrial Reference System 1989. Sistema de Referencia Terrestre Europeo de 1989.

FEVE: Ferrocarriles de Vía Estrecha.

FGC: Ferrocarriles de la Generalitat de Cataluña.

FGV: Ferrocarriles de la Generalitat de Valencia.

EUROSTAT: Statistical Office of the European Communities. Oficina Europea de Estadística.

FOESSA: Fundación de Estudios Sociales y de Sociología Aplicada.

IAE: Impuesto de Actividades Económicas.

IAM: Índice de Accesibilidad Media.

I+D+i: Investigación+Desarrollo+innovación.

IGN: Instituto Geográfico Nacional.

ILUTE: Integrated Land Use, Transportation, Environment Modeling System. Sistema de Modelación Integrado, Uso del Suelo, Transporte y Medio Ambiente.

INE: Instituto Nacional de Estadística.

INSPIRE: Infrastructure For Spatial Information in Europe. Infraestructura para la información Espacial en Europa.

IPC: Índice de Precios de Consumo.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

OJEU: Official Journal of European Union. Revista Oficial de la Unión Europea.

OSE: Observatorio Socioeconómico de España.

PEIT: Plan Español de Infraestructuras de Transporte 2005-2020.

PIB: Producto Interior Bruto.

PITVI: Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, 2012-2014.

RENFE: Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles.

SEPE: Servicio Estatal Público de Empleo.

---

[1] Todas las abreviaturas siguen la nomenclatura referida a la Real Academia Española de la lengua, al Libro de Estilo Interinstitucional de Europa y a las propias referencias dadas en sus respectivos enlaces institucionales (INE, Eurostat, etc).

SFM: Serveis Ferroviaris de Mallorca. Servicios Ferroviarios de Mallorca.
SIG: Sistema de Información Geográfica.
SOM: Self Organizing Maps. Mapas Auto-organizativos.
RAE: Real Academia Española.
TAV: Tren de Alta Velocidad.
TGV: Train à Grande Vitesse. Tren a Gran Velocidad.
UE: Unión Europea.
UIC: International Union of Railways. Unión Internacional de Ferrocarriles.
VAB: Valor Agrario Bruto.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PRESENTACIÓN

Desde finales de los años 90 del siglo pasado hasta el año 2008, la Comisión Europea ha venido dedicando esfuerzos en definir y profundizar en el concepto de *cohesión territorial* como uno de los pilares fundamentales junto a la cohesión económica y social, sobre los que llevar a cabo un desarrollo del territorio europeo más armonioso y equilibrado. El momento culmen de dicho proceso llegó con la publicación en 2008 del *Libro Verde sobre la Cohesión Territorial* (UE, 2008), en el que se sintetizaba todo este esfuerzo de conceptualización y el proceso de consulta posterior al respecto. De este modo se le dio una vertiente territorial a cuestiones de índole social (como son los principios de igualdad, equidad y solidaridad) que hasta la fecha no eran consideradas en estudios territoriales.

Este documento supone un avance en la concreción de las principales cuestiones relacionadas con la cohesión territorial y al mismo tiempo, plantea importantes interrogantes acerca de la escala de estudio, cómo mejorar la cooperación y coordinación entre políticas sectoriales y territoriales, o qué indicadores deben desarrollarse para evaluar las características y tendencias de la cohesión territorial (Fernández et al., 2009).

El hecho de considerar la cohesión territorial de un espacio como un factor clave a la hora de implantar una infraestructura de transporte determinada o de analizar los efectos derivados de la misma, favorece en buena medida un reparto equitativo del desarrollo socioeconómico (Condeço-Melhorao et al., 2010; Quan y Si-Ming, 2011) y mejora la efectividad de la conectividad entre regiones (Reques et al., 2012; Bauman, 2000), derivado en ambos casos por esta nueva dotación. En este sentido, las políticas europeas seguidas en materia de transporte de grandes prestaciones (como son las vías de alta capacidad y ferrocarriles de alta velocidad) tratan de evitar el aislamiento de regiones ya periféricas y la polarización espacial de las inversiones, al mismo tiempo que aumenta exponencialmente la sensibilidad hacia la consideración de la cohesión social en los análisis de este tipo de infraestructuras (Frank et al., 2014; Martí-Henneberg, 2013). Este nuevo enfoque dista mucho del tradicional, en el que se tenía en cuenta únicamente la rentabilidad económica de las infraestructuras y el impacto ambiental de las mismas.

A nivel nacional, el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (en adelante PITVI) es el documento guía que recoge todas las líneas de actuación derivadas de las citadas políticas europeas de transporte en España, para el periodo comprendido entre los años 2012 y 2024. De todos sus objetivos estratégicos destaca en este sentido el tercero: *reforzar la cohesión territorial y accesibilidad de todos los territorios del Estado a través de los sistemas de transporte*. Para lograr tal fin y propiciar importantes oportunidades de desarrollo socioeconómico en todo el territorio peninsular, el PITVI plantea la necesidad de disponer para el año 2024 de una red de transporte de viajeros que conecte a todas las capitales de provincia no insulares por medio de líneas ferroviarias de alta velocidad. Dicha red se verá complementada con la red de carreteras ya existente.

La justificación de esta red ferroviaria de alta velocidad radica en que dicho modo de transporte ha provocado en los últimos 200 años una revolución por diversos motivos: capta un elevado número de viajeros procedentes de otros modos e incluso genera una demanda alternativa al respecto (Gutiérrez, 2004); se ha convertido en uno de los modos de transporte que más contribuye al desarrollo territorial de una zona concreta (Ureña, 2012); y es uno de los transportes que más ha evolucionado con locomotoras que alcanzan cada vez una mayor velocidad, lo que reduce enormemente los tiempos de viaje (Knowles, 2006). Entre los factores negativos de este tipo de ferrocarril destacan la distancia mínima entre paradas (ha de ser muy elevada debido a la necesidad de

espacio para alcanzar su velocidad máxima); o el hecho de que el acceso a dicho modo se limita únicamente a las paradas, lo que hace que este modo de transporte actúe como una barrera antrópica que fractura el territorio en el que se instala.

Para que la implantación de una infraestructura férrea de alta velocidad consiga mejorar la cohesión social y territorial de una zona dada, es necesario disponer de una red secundaria que permita a sus ciudadanos estar cerca y en disposición de utilizar dicha infraestructura. Por ello la comunidad científica coincide en este aspecto al afirmar que el ferrocarril de alta velocidad polariza enormemente el desarrollo en el territorio, restringiéndolo a aquellos núcleos en los que se ubica una parada o estación del servicio. El resto de núcleos ven muy menguada su capacidad de desarrollo y equidad en el acceso a bienes y servicios, más si cabe cuanto mayor sea su distancia a una de dichas estaciones. A esto se le añade el hecho de que la gran mayoría de núcleos poblacionales en donde las repercusiones de estas nuevas dotaciones resultan mínimas e incluso negativas si coinciden con regiones localizadas en áreas con claras deficiencias de accesibilidad a los principales centros de actividad económica (donde normalmente se suelen localizar las estaciones de alta velocidad) y de índole socioeconómico (escasas oportunidades laborales y de acceso a servicios básicos principalmente).

Teniendo muy presente todas estas cuestiones, la Tesis Doctoral que aquí se presenta pretende dar respuesta en buena medida a algunos de los interrogantes planteados en el *Libro Verde* en cuanto a la influencia que ejercen los modos de transporte de alta velocidad sobre la cohesión social de un territorio. Concretamente, esta investigación determina las implicaciones producidas por la red de alta velocidad ferroviaria (o Tren de Alta Velocidad, en adelante TAV) planteada en el PITVI, sobre la cohesión social de los municipios peninsulares españoles durante el periodo 2012-2024. Para ello se hace uso de una metodología que permite identificar cambios en la cohesión social de estos municipios, relacionando indicadores de retraso estructural y accesibilidad potencial. Tanto los análisis como la exposición de resultados, hacen uso de herramientas propias de los sistemas de información geográfica (en adelante SIG), bases de datos relacionales y la aplicación del software libre R-Gui[2] para los análisis estadísticos al respecto. El uso de este tipo de herramientas tan comunes permite tener en cuenta una variable muy importante en estos trabajos, la distribución espacial de los fenómenos analizados. Así, las medidas correctoras a aplicar y los efectos provocados por la implantación de este tipo de dotaciones son detectados con mayor nitidez, aumentando la probabilidad de conseguir el objetivo final buscado. Además, el uso de estas aplicaciones simplifica algunos de los procesos propios de este tipo de estudios, sin perder un ápice de rigor científico, lo que hace que esta metodología pueda ser utilizada de forma eficaz en otros muchos estudios de predicción similares al caso que nos ocupa.

Con el fin de facilitar la comprensión y entendimiento de esta Tesis, se divide todo el trabajo realizado en diez capítulos. En el primer capítulo, se lleva a cabo una breve Introducción de esta investigación, donde se abordan los motivos que han llevado al autor a desarrollarla junto a los objetivos y cuestiones específicas que buscan respuesta en ella. El segundo capítulo muestra una revisión bibliográfica acerca del Estado del arte en lo que a estudios similares se refiere, centrándose en tres grandes bloques: cohesión social, influencia del TAV en el desarrollo socioeconómico de un territorio, e interrelación entre mejora de accesibilidad y aumento de la cohesión social en una zona concreta. Las principales Cuestiones de investigación a las que este trabajo da respuesta, se

[2] R-Gui es un sistema que permite analizar estadísticamente diversos tipos de datos, generando resultados cuantitativos y gráficos descriptivos al respecto. R tiene una doble vertiente: es a la vez programa y lenguaje de programación, con el que es posible generar funciones estadísticas y obtener resultados que pueden ser guardados bajo diferentes formatos. Los autores del mismo son Ross Ihaka y Robert Gentleman (1996) y su distribución es libre y gratuita bajo los términos de la *GNU General Public Licence*.

exponen en el tercer capítulo de la Tesis como precedente a la descripción del marco de trabajo abordado (Área de estudio expuesta en el cuarto capítulo).

Tras los capítulos introductorios citados en el párrafo anterior, en el capítulo quinto se describen de forma pormenorizada las diferentes fases metodológicas seguidas, comenzando por las fuentes de información utilizadas o las diferentes fases del trabajo, comparando el escenario actual (2012) con el futuro previsto por el PITVI (2024).

En el sexto y séptimo capítulo se muestran los Resultados y Conclusiones obtenidos en esta Tesis, fruto de aplicar rigurosamente la metodología explicada anteriormente. En el caso de los Resultados, estos se exponen comparando inicialmente el escenario actual (2012) con el futuro (2024), tras la implantación de las nuevas dotaciones del TAV planteadas por el PITVI, para finalizar identificando las repercusiones de dicha infraestructura sobre la cohesión social peninsular. En el caso del capítulo de Conclusiones, se enumeran aquellas que dan respuesta a las diferentes cuestiones de investigación planteadas al inicio de esta Tesis. Siguiendo el mismo planteamiento que en capítulos anteriores, se distinguen aquellas conclusiones que hacen referencia a los dos escenarios objeto de estudio (2012 vs. 2024). El octavo capítulo muestra una serie de Propuestas de mejora de la cohesión social tras la construcción de las nuevas líneas TAV, a tenor de los resultados extraídos de esta investigación.

1.2. MOTIVACIÓN, JUSTIFICACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

La motivación en la actividad investigadora es imprescindible para desarrollarla de forma eficaz y llevarla “a buen puerto”. En mi caso particular, he de decir que existen muchos motivos para elegir un tema objeto de estudio y probablemente, todos sean legítimos. Sin embargo, existe un motivo crucial para tal fin: la utilidad que aporta la investigación a la hora de resolver un problema real de la sociedad en la que vivimos. Esto dota al investigador de una incalculable implicación personal en el trabajo que desarrolla y esta, resulta finalmente la mejor motivación posible a la hora de contribuir a la ciencia con nuestro humilde conocimiento (en este caso, al hecho de cómo la implantación del TAV conlleva un impacto de índole socioeconómica sobre los ciudadanos del país en el que resido, España). Además, dicha implicación personal no va exenta de una enorme responsabilidad, en la medida en que cualquier investigador pretende hacer las cosas lo mejor posible por el bien de los demás. Estos sentimientos han provocado que el trabajo investigador presentado en esta Tesis Doctoral no sea fruto exclusivamente de los últimos cuatro años, sino que es una inquietud que se remonta a bastante tiempo atrás.

Mi motivación personal comienza en la niñez, donde mostraba ya cierta curiosidad por los transportes en general. Con el paso de los años esta curiosidad cada vez mayor, se fue transformando en interés científico, motivado por la forma en la que el hombre conseguía reducir su tiempo de desplazamiento para ir de un lugar a otro, gracias a las grandes obras de ingeniería y avances tecnológicos no menos importantes. El hecho de que el ser humano pudiera aprovechar la orografía natural existente para construir o canalizar diversos usos y aprovechamientos antrópicos de gran calado, me hizo decantarme por la Ingeniería Técnica Topográfica como base de mi conocimiento.

Tras finalizar mis estudios de ingeniería me vino a la mente una pregunta que me acompañaría en los siguientes años de trabajo: una vez el hombre consigue superar las barreras orográficas e implantar una infraestructura, ¿sería igualmente capaz de aprovechar esta mejora en la movilidad para incrementar sus oportunidades de desarrollo socioeconómico? y si fuera así, ¿cómo haría tal cosa? Estas cuestiones hicieron que entrara a formar parte del equipo de investigación en Desarrollo Rural y Sostenible del Centro Universitario de Mérida (Universidad de Extremadura), pese a que en aquella época (2002) en el ámbito privado de la topografía existía una enorme demanda de profesionales. Durante esta época combiné formación con investigación aplicada, cursando la ingeniería de segundo ciclo en Geodesia y Cartografía, al tiempo que formaba parte de un proyecto bianual de optimización de rutas para la recogida de

residuos sólidos urbanos, con el que me especialicé en buena medida en el análisis de redes de transporte mediante el uso de herramientas propias de los entornos SIG.

Una vez finalizado este proyecto de investigación, aproveché la posibilidad que me ofrecía la propia Universidad de Extremadura para trabajar como profesor, impartiendo docencia relacionada con los conocimientos adquiridos anteriormente en el ámbito de los SIG. Desde entonces, hace ya doce años y gracias al respaldo ofrecido por esta institución en todo momento, no hemos dejado en el equipo de investigación de plantearnos cuestiones relacionadas con los sistemas de transporte y de resolver problemas derivados de este ámbito mediante el uso de entornos SIG y bases de datos relacionales. De todas estas cuestiones de investigación aplicada, nos llaman mucho la atención las relacionadas con la capacidad de organización socio-territorial inherente a las redes de transporte en general. Concretamente, cobran para nosotros un creciente interés en este sentido cuestiones como: ¿Qué ha influido en que los transportes tengan el grado de importancia que ostentan hoy día en la sociedad?, ¿Por qué la relación espacio-tiempo determinada por los sistemas de transporte marca las pautas futuras en los planos socioeconómico, cultural y territorial?, ¿En qué medida los transportes influyen en el reparto territorial de actividades y población asociada?, o ¿Por qué las diferencias regionales en el suministro de infraestructuras y modos de transporte provocan desigualdades socio-territoriales?, entre otras.

Tales preguntas unidas al hecho de que el Gobierno de España planificara una enorme ampliación de la red ferroviaria de alta velocidad en sus respectivos planes estratégicos de infraestructuras de transporte para el periodo 2005-2020 (PEIT inicialmente y PITVI después), me hizo plantearme además tres grandes cuestiones adicionales al respecto que serían a la postre los pilares del trabajo investigador expuesto en este documento:

1. ¿Cuál es la jerarquía del territorio determinada por la alta velocidad ferroviaria según la accesibilidad a las estaciones de TAV?
2. ¿Qué impacto socio-económico origina este medio de transporte?
3. ¿Cómo puede ser integrado en el espacio para que ofrezca el mayor servicio al mayor número de personas?

El germen de esta Tesis no hubiera llegado a buen fin sin las personas que más quiero y que me han acompañado durante estos años. Por tanto, no puedo más que agradecer a mí esposa por su comprensión y apoyo, a mis hijos por ser la fuerza que recargan mi energía vital y a mis padres por enseñarme los valores adecuados y orientarme hacia esta vida de estudio e investigación. Igualmente, me resulta difícil concretar las palabras de agradecimiento a las personas que te llevan de la mano en los caminos que decides explorar en esta vida. Por ello, no puedo olvidarme en primer lugar de mi director de Tesis, el profesor José Antonio Gutiérrez Gallego, quien considero mi padre académico, por iniciarme en este campo de la investigación mediante la tutorización de mi primer proyecto fin de carrera, la confianza y ayuda en posteriores proyectos de investigación y por supuesto, la dirección de esta Tesis Doctoral. Él es sin duda alguna, la expresión más exacta de lo que considero un perfecto “maestro”, ya que con él uno aprende tanto en el ámbito académico como en el personal.

También merece una mención especial la enorme ayuda prestada por el codirector de esta Tesis, el doctor Alan David James Atkinson Gordo, por todos los buenos consejos aportados, su respaldo técnico y en definitiva, por hacer realidad esta ilusión. Agradezco de igual modo a los doctores Francisco Javier Jaraíz Cabanillas y Enrique Eugenio Ruiz Labrador, sus trascendentales y sustanciales aportaciones críticas a este trabajo.

Finalmente, termino extendiendo mi sincero agradecimiento el apoyo institucional ofrecido por la Universidad de Extremadura y el grupo de investigación de la misma DESOSTE, con mención especial al doctor José Castro Serrano por su predisposición y eficiencia en todo momento.

1.3. OBJETIVOS

El objetivo general que engloba de forma genérica todo el trabajo desarrollado es evaluar cómo incide la mejora de la accesibilidad causada por la implantación del TAV, en la cohesión social y territorial de los municipios españoles de la Península Ibérica.

A partir del desarrollo del objetivo general anterior surgen los siguientes objetivos específicos:

1) Extraer las principales variables que determinan el grado de desarrollo socio-económico de cada uno de los términos municipales peninsulares españoles en 2012 y clasificarlos en regiones atendiendo a su nivel de desarrollo socioeconómico.
2) Medir la accesibilidad de los habitantes residentes en cada término municipal peninsular al resto de centros de actividad económica, comparando el escenario presente (2012) con el futuro planteado por el PITVI (2024), una vez implantadas las nuevas infraestructuras de alta velocidad ferroviaria.
3) Valorar el grado de mejora de la accesibilidad con la implantación de las nuevas infraestructuras ferroviarias y establecer cuáles son las zonas más favorecidas por la llegada de dichas dotaciones.
4) Analizar la relación existente entre las variables de accesibilidad y cohesión social en el área de estudio tras la implementación de las nuevas infraestructuras planteadas por el PITVI, definiendo para ello un indicador de cohesión social.

2. ESTADO DEL ARTE

Este capítulo se encuentra estructurado en seis grandes apartados que tratan: la cohesión social; la importancia y el desarrollo del transporte en las sociedades y el territorio; las infraestructuras de transporte y el desarrollo socioeconómico del territorio; la accesibilidad; los efectos territoriales del TAV; y por último, el TAV, la accesibilidad y la cohesión social.

2.1. CONCEPTO DE COHESIÓN SOCIAL

Uno de los puntos fuertes de las políticas territoriales llevadas a cabo hoy día en cualquier territorio, es la necesidad de instaurar un modelo de bienestar e igualdad de oportunidades en el mismo, fomentando la cooperación entre territorios y el acceso a los principales centros de actividad económica (que son los lugares que generalmente ofertan los mayores paquetes de servicios básicos y oportunidades laborales de cualquier área geográfica analizada). Esta relación entre asentamientos humanos está muy influenciada por las conexiones implantadas en el territorio en cuestión, es decir, una zona concreta tendrá un mayor desarrollo, igualdad de oportunidades y bienestar social, cuanto mejores conexiones existan entre núcleos demandantes de servicios y otros que los ofertan.

La interrelación de las variables anteriores lleva al concepto de cohesión. Así si se compararan dos regiones, la cohesión de estas podría definirse políticamente como la diferencia socialmente aceptable que existe entre bienestar económico y social. Sin embargo, este concepto resulta algo más complejo, ya que (Hey et al., 1997): por un lado, el umbral para que tales diferencias sean aceptables depende de las propias regiones comparadas y de los contextos considerados; y por otro, es necesario considerar en esta definición el concepto de convergencia, por el cual se mide la reducción gradual de las diferencias de riqueza detectadas entre estas regiones comparadas, medido a través del Producto Interior Bruto (en adelante PIB) o las tasas de desempleo.

En este sentido, la política de cohesión europea en general y las de ámbito nacional y local en particular, han utilizado diferentes matices y particularidades interrelacionadas del concepto de cohesión social, lo que ha conllevado a una dispersión del significado inicial atendiendo a la escala geográfica en la que se analice (Novy et al., 2012). A este respecto, Forrest y Kearns definieron la cohesión social como el desarrollo armónico de la sociedad y sus grupos constituyentes mediante normas económicas, sociales y ambientales comunes, e identificaron cinco elementos constituyentes de dicha cohesión (Forrest y Kearns, 2001): 1) las redes sociales y el capital social; 2) unos valores y una cultura cívica comunes; 3) la relación e identificación con el lugar; 4) el orden y el control social; 5) la solidaridad y la reducción de las disparidades de riqueza. Esta definición ha evolucionado hasta llegar a considerarse como la capacidad de un sistema social, económico y político de lograr tres objetivos complementarios: promover la autonomía y participación social de los ciudadanos; crear redes sociales e institucionales que generen capital social y favorezcan la inclusión; y contribuir a la materialización de los derechos sociales (Consejo Económico y Social de España, 2012). De este modo, la cohesión social constituye la base necesaria para que las personas accedan libremente a los recursos básicos, determinando al mismo tiempo el grado de integración entre individuos y valores asociados a las conexiones entre estos (Carpiano, 2007). Esta definición sugiere que la cohesión social aborda un amplio abanico de problemas y dimensiones, en tanto que debe sentar las bases para favorecer que un individuo quiera pertenecer a un grupo y/o territorio determinados, por encima de otros factores socioeconómicos o de identidad (Jenson, 1998; O'Conor, 1998; Wooley, 1998; Berger-Schmitt, 2000; Fainstein, 2001; Maloutas y Pantelidou, 2004).

Parece claro pues, que para analizar el grado de cohesión social en un territorio y momento dados es necesario identificar las características singulares del mismo y de

sus habitantes, junto al enfoque y perspectiva que se le pretende dar a dicho estudio (Novy et al., 2012). El enfoque elegido varía claramente el diagnóstico de la cohesión social, la identificación de problemas y medidas correctoras al respecto. En este sentido, se exponen en los siguientes apartados las perspectivas fundamentales de cohesión social en referencia a su relación con la variable territorial.

2.1.1. Aspecto socioeconómico

La perspectiva socioeconómica de la cohesión social se basa en la idea de redistribuir la riqueza existente en un territorio entre la población residente, de forma que se reduzcan las disparidades económicas iniciales (Byrne, 2005). De esta forma, se considera a la cohesión social como una variable inclusiva para la sociedad, ya que evita la supresión de ciertos grupos en este reparto de recursos (De Swaan, 1998). Para conseguir esta distribución, es necesario disponer de un marco legislativo adecuado que asegure tal actividad (Dahrendorf, 1995).

Alcanzado este objetivo se entiende a la sociedad en cuestión como un *le tout social*, y se hace hincapié a partir de ese momento, en evitar la interrupción de las relaciones sociales establecidas con este nuevo enfoque (Xiberras, 1993). Con ello se evita la concentración espacial de servicios, principal detonante de los desequilibrios territoriales y la polarización socioeconómica (Novy y Grosser, 2007).

2.1.2. Aspecto cultural

La segunda perspectiva de la cohesión social se basa en la necesidad de identificar y agrupar a aquel conjunto de personas que disponen de unos valores culturales comunes, como elemento clave de pertenencia al conjunto social. Desde este punto de vista, los asentamientos urbanos dentro de cada una de las regiones son lugares de encuentro, donde se aglutinan redes de interacción entre personas de diferentes trasfondos, edades y estilos de vida. Esto crea una cultura común heterogénea que sobrevive en el tiempo y el espacio, lo que da pie a la existencia de una forma de cohesión socio-territorial en la zona en cuestión (Dukes y Musterd, 2012). Desde este enfoque cobran gran importancia elementos como el acoplamiento al lugar y el arraigo de las personas al mismo. Estos elementos se trasladan a la cultura cívica mediante un conjunto moral de principios y códigos de comportamiento compartidos que regulan las relaciones interpersonales, lo que conforma el *capital social*[3] del grupo (Kearns y Forrest, 2001).

La consideración de una aceptable cohesión socio-cultural de un territorio favorece la convivencia de la población instalada en el mismo, evitando la discriminación y exclusión de aquellos que no pertenecen de forma natural a dicha comunidad (Narayan, 1999; Lykogianni, 2008).

2.1.3. Aspecto ecológico

La importancia de las iniciativas vinculadas en las últimas décadas con el desarrollo sostenible de un territorio, a partir de la estrecha relación entre desarrollo económico, preservación de recursos naturales y equidad social, dan una gran importancia al aspecto social, más si cabe cuando este último ha sido un elemento no muy considerado hasta entonces (Burton, 1987; Novy et al., 2012). Además, la concienciación ciudadana sobre los beneficios de este tipo de iniciativas resulta fundamental y no siempre ha sido un hecho. Hasta mediados de los años 60 del siglo pasado, la postura del respeto al medio ambiente en las iniciativas de desarrollo económico era criticada y calificada como “la fantasía de la cohesión socio-ecológica” (Cook y Swyngedouw, 2012). Sin

[3] El concepto de capital social se define como el conglomerado de los recursos reales o potenciales ligados a una red duradera de relaciones de conocimiento más o menos institucionalizadas. En otras palabras, el grado de pertenencia con que un grupo dota a cada uno de sus miembros. Cuanto mayor sea este grado de pertenencia o el número de personas conectadas a esta red, mayor será el capital social (Bourdieu, 1986).

embargo, posteriormente fueron imponiéndose corrientes ideológicas que han llegado hasta nuestros días, y que consideraban importante la necesidad de concienciar sobre la preservación del entorno natural, desarrollándose políticas que intentaban conjugar el desarrollo económico de los territorios con la protección del medio ambiente (Heynen et al, 2006).

Bajo esta perspectiva, resulta en ocasiones complicado compaginar el desarrollo de un territorio con la disminución del impacto que este tiene sobre el medio ambiente, más aún cuando los asentamientos urbanos cada vez consumen más recursos, lo que repercute negativamente en la actividad de sus residentes. Para resolver este problema, se están desarrollando políticas en materia de edificación y transporte que dan importancia a la justicia socio-ecológica para evitar la exclusión social y posibilitar así un acceso más justo a los recursos, preservando por supuesto el entorno natural (Novy et al. 2012).

2.1.4. Aspecto político

El enfoque político con respecto a la cohesión social sintetiza las tres perspectivas anteriores, ya que se vincula la acción política con la participación ciudadana en cuestiones públicas fundamentales. Esta vinculación resulta clave para que el ciudadano se considere miembro de pleno derecho dentro de la comunidad (Arendt, 2013). A este respecto, en los últimos años una amplia literatura ha identificado conexiones entre los derechos humanos y la dignidad, reconociendo a esta última junto a la dotación de poderes a los ciudadanos como cruciales para que las regiones y ciudades sean considerados territorios inclusivos (Perrons y Skyers, 2003; Seoane, 2004). Así, la pertenencia de los ciudadanos a una determinada sociedad está relacionada con la igualdad política, considerándose ciudadanos de pleno derecho aquellos que disfruten de las mismas oportunidades que el conjunto de miembros que componen la sociedad (Marshal, 1950; Eizaguirre et al., 2012).

De acuerdo con el párrafo anterior, la autonomía y participación social de las personas es la materialización del derecho subjetivo que estas tienen para satisfacer sus necesidades personales y familiares en un contexto dado. Además, las redes sociales e institucionales que generan capital social son aquellas que permiten a los ciudadanos el acceso a los servicios para mejorar sus condiciones de vida, hacer efectivos sus derechos sociales y asegurar su inclusión en este ámbito (Novy et al., 2012). Para lograr tales efectos, los agentes institucionales deben asegurar un nivel organizativo óptimo de los recursos, evitando desigualdades en el acceso a los mismos y cerciorándose de que la materialización de los derechos sociales gracias al estado de bienestar se convierta en una realidad. En caso contrario, un nivel organizativo inadecuado de los recursos provocaría carencias de renta, empleo y educación en determinados grupos de población (Consejo Económico y Social de España, 2012). Un punto fuerte de las iniciativas políticas en el intento de mejorar la cohesión social de un territorio, radica en la importancia que tiene asegurar esta igualdad en el acceso a los servicios a toda la población, proporcionando infraestructuras que lo favorezcan como las de transporte público, servicios de salud y educación, o espacios residenciales entre otros (Carpiano, 2007; Novy et al., 2009).

2.1.5. Redes de interacción

Al hilo de lo comentado en el apartado anterior, la cohesión social determinada por los patrones de interacción, constituye la base necesaria para que las personas puedan acceder a los recursos producidos por la sociedad, determinando a su vez y en función del compromiso y el nivel de participación adquiridos por la comunidad, el grado de integración de los individuos de un grupo y los valores asociados a las conexiones entre estos (Carpiano, 2007). Por tanto, las redes de interacción comunitaria son necesarias para que se produzcan este tipo de conexiones entre comunidades (Kasarda y Janowitz, 1974; Sampson, 1988) y para favorecer al mismo tiempo que el mayor número de individuos posible se vea beneficiado por las oportunidades ofertadas en territorios

alejados a ellos. Esto asegura una óptima cohesión social en esta área objeto de estudio (Bourdieu, 1986).

Parece claro, por tanto, que las redes disponen de un enorme poder sobre las posibilidades de distribución de servicios y oportunidades entre la población potencialmente afectada (Carpiano, 2007). Este efecto y el progresivo desarrollo de los sistemas urbanos locales, basado precisamente en este tipo de redes de interacción comunitaria, produce una polarización socioeconómica que tiende a aumentar la concentración espacial de habitantes con mayores recursos económicos en aquellos lugares más privilegiados, donde la oferta de servicios es claramente mayor, a la vez que excluye a otros con escasos recursos económicos (Marshall, 1950).

Aunque el impacto de las redes podría ser positivo para toda la comunidad, la exclusión social, entendida como la segregación entre poblaciones ricas y pobres, amenaza el *estado de bienestar* de la sociedad en su conjunto. Por tanto, es necesario intentar conseguir una red que ofrezca iguales oportunidades de desarrollo a toda la sociedad (Novy et al., 2012). Además, es necesario establecer una red de conexiones que sea duradera entre los recursos reales y potenciales ligados íntimamente a las actividades, para lograr así una cohesión social duradera en el territorio (Bourdieu, 1986). Esto permitiría acrecentar el capital social que mantiene unidas a las diferentes comunidades situadas en distintos territorios (McKenzie et al., 2002; Grootaert, 1998), desarrollando en mayor medida los factores de desarrollo socioeconómicos (Flitzpatrick y LaGory, 2004) y reduciendo las desigualdades (Carpiano, 2006).

2.1.6. Indicadores

La palabra indicador puede definirse como aquella acción de mostrar o significar algo con indicios y señales, entendiendo por indicio el fenómeno que permite conocer la existencia de otro no percibido (RAE, 2014). Este concepto guarda relación con el conocimiento indirecto de una serie de variables. Semánticamente, el indicador es un instrumento que sirve para dar indicaciones, siendo estas las observaciones que nos permiten conocer alguna variable, o tratar sobre ella en nuestro ámbito de estudio. En su uso científico, el indicador se entiende como un instrumento que posibilita una medición aproximada de la realidad (Aznar, 1989). En este sentido, la primera utilización de la noción de indicador social como tal suele atribuirse a Bauer en su obra *Indicadores Sociales* de 1966. Esta aparece en un contexto de descontento con los indicadores económicos, al que se le añade un creciente interés por parte de las instancias políticas y organismos internacionales de disponer de sus propias medidas comparativas sobre aspectos sociales. Todo ello dio lugar al llamado “movimiento de los indicadores sociales”.

De todas las definiciones de indicador social existentes en la bibliografía especializada[4], la que tiene la ventaja de poseer un carácter más sintético de todas ellas y permite además determinar un modelo teórico previo que sirve para analizar aspectos socioeconómicos, se corresponde a Carmona (1977), que le describe como:

… la medida estadística de un concepto de una dimensión o de una de ambas, basado en un análisis teórico previo, e integrado en un sistema coherente de medidas semejantes que sirva para describir el estado de la sociedad y la eficacia de las políticas sociales.

Un indicador social constituye por tanto una medida estadística expresada cuantitativamente, que parte de un análisis previo como parte de un sistema. En consecuencia, a diferencia de las medidas estadísticas, los indicadores sociales son algo más que un valor cuantitativo representativo de la realidad, sino que se considera

[4] Un ejemplo de la existencia de tantas definiciones como teóricos vinculados a este ámbito científico, es el trabajo de Carmona Guillén (1977), donde se recopilan hasta 18 definiciones del indicador social como tal.

como una hipótesis articulada entre concepto y fenómeno. La elección de los indicadores y variables a analizar para obtener un indicador social resultado que los aglutine, viene dada por la hipótesis de partida que se asuma y la identificación de los problemas existentes en esta medición. Así, este sistema de análisis integrado debe servir para:

1) cuantificar el comportamiento de los agentes económicos y las relaciones que se establecen entre ellos;
2) informar sobre la evolución de la actividad económica;
3) realizar comparaciones entre regiones o países y
4) guiar la política socioeconómica.

La capacidad por tanto de diagnóstico que presenta este tipo de indicadores, como resultado de un sistema integrado de subindicadores permite definir el estado de los aspectos principales de la sociedad, reduciendo la información existente y mostrando la complejidad social. Además, se puede establecer clasificaciones sociales con las que identificar conflictos entre los diferentes grados de estratificación social existentes en un territorio y evaluar la eficacia de las políticas y programas sociales, económicos y culturales al respecto. De este modo, sirve para planificar el desarrollo y en cierta medida, para prever las implicaciones de cierto tipo de medidas en el futuro de una comunidad (Codorníu, 2009).

Por todo ello, en los últimos años son múltiples las organizaciones e instituciones internacionales y nacionales que en la actualidad desarrollan su propio indicador de cohesión social, empleando para ello una gran cantidad de indicadores socioeconómicos: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (en adelante OCDE), Eurostat, Instituto Nacional de Estadística (en adelante INE), Observatorio de Socioeconómico Español (en adelante OSE), etc. Por ejemplo, la UE a través de su oficina estadística Eurostat, emplea una serie de indicadores claves para determinar el grado de desarrollo socioeconómico de sus diferentes regiones, agrupándolos para ello en bloques temáticos: producción, consumo privado, inversión, mercado laboral, transacciones internacionales, precios e indicadores monetarios y financieros. Por otra parte, el OSE utiliza otro conjunto de indicadores para identificar las tendencias del modelo de producción y consumo nacional, agrupados también en diferentes conjuntos temáticos: desarrollo económico; consumo y producción sostenible; empleo; y cohesión social y salud.

En general, la experiencia acumulada por la Unión Europea (en adelante UE) en materia de definición de políticas e indicadores de cohesión social constituye un referente central para cualquier iniciativa orientada a medir la cohesión. Las políticas de cohesión económica y social de la UE han sido concebidas en el marco de un proceso de integración que da prioridad a las regiones menos favorecidas, como un mecanismo para lograr la convergencia de rentas e incrementar la competitividad y el empleo. Estas políticas se basan en un modelo de solidaridad y de reducción de las disparidades entre grados de bienestar, en el que la cohesión se expresa en el avance hacia estándares económicos y sociales consensuados políticamente.

Sin el uso de este conjunto de indicadores, sería imposible hacer una evaluación capaz de sintetizar la complejidad de las relaciones que afectan a los procesos sistémicos de la sostenibilidad. Por consiguiente, las variables socioeconómicas empleadas para generar indicadores permiten caracterizar a los territorios según su grado de desarrollo socioeconómico y determinar cuáles son las disparidades económicas y de bienestar social entre los habitantes de los diferentes territorios. Como consecuencia, dichos indicadores deberían posibilitar la ejecución de políticas de transporte en aras de reducir las disparidades socioeconómicas entre territorios. De este modo, en términos de política espacial, el objetivo es prever desequilibrios territoriales ejecutando, por un lado, políticas en materia de transporte sectoriales que tienen un impacto espacial, y por otro lado, políticas regionales más coherentes (López, 2007).

2.2. TRANSPORTE EN LAS SOCIEDADES Y EL TERRITORIO

La expresión transporte etimológicamente significa el desplazamiento de elementos materiales más allá de una frontera (natural o artificial) desde un origen hacia un destino, mediante un sistema móvil soportado por una infraestructura y siguiendo una ruta. Así, el concepto de transporte hace referencia a dos elementos básicos: el propio desplazamiento y el espacio que cruza, el cual está limitado y por ello puede medirse (Seguí y Petrus, 1991). Esta actividad tiene una repercusión muy clara en el territorio y basta con examinar a simple vista cualquier mapa de mediana o gran escala para ver claramente los trazados que hacen referencia a los distintos modos de transporte. Esta evidencia cartográfica es un reflejo de la extraordinaria importancia del transporte en las actividades antrópicas (Escolano, 2012).

Las redes de transporte unidas a una serie de normas y a los diferentes aspectos económicos y de gestión que regulan la actividad de flujos soportados, forman lo que se denomina sistemas de transportes (Potrykowski y Taylor, 1984). El análisis de este tipo de sistemas es realmente complejo porque depende de múltiples factores: la localización de recursos como factor generador de movimientos (el factor más destacado); la escala en que se producen los movimientos generados por la actividad humana; la estructura espacial de las interacciones entre las localizaciones espaciales; la distancia medida como variable de fricción del espacio ante el movimiento; los atributos geográficos; y finalmente las dinámicas evolutivas que explican los cambios producidos en los lugares (Seguí y Martínez, 2004). De hecho, los sistemas de transporte según Rodrigue, Comtois y Slack (2013), constituyen una actividad multidimensional cuya importancia es histórica, social, política, medioambiental y económica, a saber:

- Histórica.- Los modos de transporte han jugado varios roles históricos en la evolución de las civilizaciones (Egipto, Roma y China), en el desarrollo de las sociedades (creación de estructuras sociales) y también en la defensa nacional (Imperio Romano, o la concepción actual de los Estados Unidos de América).
- Social.- Los modos de transporte facilitan en mayor o menor medida el acceso a la salud, el bienestar y los eventos culturales, hecho que mejora la calidad de vida de los ciudadanos y favorece las relaciones.
- Política.- El papel político del transporte es innegable, ya que los agentes políticos utilizan las infraestructuras que soportan dicha actividad para aumentar la cohesión entre territorios y la igualdad de oportunidades en el acceso a servicios básicos y empleo. El transporte así tiene un impacto en la construcción de la nación y en la unidad nacional.
- Medioambiental.- A pesar de las ventajas manifiestas del transporte, el impacto ambiental que provoca la implantación de una nueva infraestructura es considerable. Estas repercuten en la calidad del aire y del agua, en el nivel de ruido y en la salud pública. Todas las decisiones relacionadas con esta actividad requieren de una evaluación previa que contemple todos estos costes ambientales.
- Económica.- La evolución del transporte ha estado siempre muy ligado al desarrollo económico. De esta forma, la construcción de mejores dotaciones en este sentido también ha permitido el desarrollo de la industria, el abastecimiento de bienes y servicios a una mayor franja territorial, la relocalización de actividades y de mano de obra especializada en mayor o menor grado. Por otra parte y de forma indirecta, esta actividad incide en la concentración de actividades económicas, e influye en el valor del suelo de determinados núcleos urbanos bien localizados con respecto a las vías que permiten una conexión entre centros importantes a nivel territorial (Rodrigue et al., 2013).

Quizá la particularidad más destacable del transporte en general, tenga que ver con las causas que lo derivan, ya que este surge como necesidad de desplazar mercancías y personas de un territorio a otro y ha estado muy vinculado a los cambios en estas necesidades a lo largo de la historia reciente del hombre. A este respecto, se ha

detectado cómo los nuevos avances en las telecomunicaciones y el transporte han ido reduciendo paulatinamente los costes de movilidad, tiempo de viaje y la percepción de la distancia (digamos que gracias a los nuevos modos de transporte el mundo se ha hecho más pequeño), mejorando la movilidad y los niveles de accesibilidad.

Aunque esta tendencia se remonta a la revolución industrial, es significativamente acelerada en la segunda mitad del siglo XX por la liberalización del comercio, las ventajas comparativas del mercado laboral global y el uso más eficiente de los recursos (Rodrigue et al. 2013). Por tanto, los medios de transporte y las comunicaciones en las actividades de los individuos, las empresas y las instituciones han permitido el desarrollo de las relaciones humanas, contribuyendo a la reestructuración social actual (Escolano 2012). Sin embargo, cierto es que en muchos casos esta mejora de la movilidad unida a las nuevas conductas sociales y la reorganización económica de un territorio, ha fomentado una acusada dependencia de los modos de transporte. Actualmente un elevado porcentaje de actividades antrópicas tienen un elevado grado de dependencia de los diferentes modos ofertados, desde los viajes diarios al trabajo hasta la distribución de materia prima, pasando por el suministro energético entre otras muchas. Este hecho ha provocado que el concepto de espacio varíe: la localización absoluta de una región pierde importancia en detrimento de la localización relativa con respecto a la red de transporte[5]: a mayor grado de conexión territorial, mejor movilidad de los residentes y mayores oportunidades de desarrollo socioeconómico (Urry, 2007) y un mayor incremento de las llamadas “sociedades de flujos”, lo que mantiene las conexiones y la coherencia entre diferentes partes del sistema socio-económico (Bauman, 2000).

2.2.1. El transporte como reestructurador socioeconómico

La mayoría de los estudios sobre transporte efectuados en las ciencias sociales, utilizan un planteamiento estático en el análisis del movimiento, como un efecto causado y explicado por otros procesos sociales. Este enfoque convierte esta actividad en un agente pasivo de reestructuración social en vez de activo (Sheller y Urry, 2006).

Según Escolano (2012), la relación entre los sistemas de transporte y los sectores socio-económicos ha variado a lo largo del tiempo, gracias al continuo cambio sufrido por los primeros (avances en las tecnologías, las actividades económicas, las ideas políticas, las características del territorio e incluso la cultura de cada región). Por esta razón, el análisis del transporte se ha tratado desde diferentes enfoques, comenzando con Innis (1950) que sugería que las innovaciones en el transporte estaban motivadas por el conocimiento que requiere el hombre del espacio, hasta Anderson (1986), el cual afirmaba que dichos cambios han promovido modificaciones estructurales en la localización de los sistemas de producción.

En cualquier caso, a partir de la segunda mitad de los 70 del siglo pasado se produce una intensa reestructuración socio-económica. Este proceso se manifiesta en todas sus dimensiones: la economía, la cultura, las relaciones entre estados, los patrones de consumo y muchas otras dimensiones que constituyen la matriz de la vida social (Escolano, 2012). Una consecuencia de tal reestructuración, es la diversidad de enfoques socioeconómicos bajo un denominador común: la capacidad de interpretar estos cambios como manifestaciones particulares del proceso de reestructuración del “régimen de acumulación” y de la “estructura socio-institucional de acumulación[6]” (Aglietta, 2000; Boyer y Mistral 1983; Lipietz, 1986; Harvey, 1987).

---

[5] El concepto de localización relativa determina cómo de bien está ubicado un núcleo poblacional en el territorio, en función de si las redes de transporte cercanas a él le permiten conectar con el mayor número de núcleos importantes y el acceso al mayor volumen de bienes y servicios posible. Esto repercute en un incremento o disminución de oportunidades de desarrollo socioeconómico de los residentes en dicho núcleo.

[6] El “régimen de acumulación” hace mención a los tipos de crecimiento económico y a la composición sectorial de un sistema económico concreto (patrones de consumo, organización y

Con respecto al régimen de acumulación, no existe en todos los estudios realizados un acuerdo unánime sobre su origen, por lo que suele atribuírsele diversas denominaciones: régimen de información, de servicios, post-industrial, post-fordista, o post-moderno entre otros (Bell, 1980). Sin embargo, sea cual sea su denominación, sí que existe un consenso sobre los efectos que este provoca: la flexibilidad en la producción y el trabajo; el aumento de la movilidad de capital, recursos y personas; el debilitamiento económico del poder de los estados; y por supuesto, la reestructuración espacial del sistema socio-económico (Amin y Robins, 1990; Harvey, 1989; Scott 1988; Hudson, 1997). No obstante, este proceso de acumulación flexible favorece las relaciones entre las principales ciudades, recibiendo la mayor parte de las inversiones en infraestructuras de transporte. Las grandes capitales están cada vez más cerca, pero las localidades más pequeñas pueden continuar siendo lugares distantes, poco accesibles y en muchos casos, sólo obtienen beneficios indirectos de las nuevas infraestructuras (Gutiérrez et al., 1998).

Igualmente, desde la primera comprensión del sistema de "acumulación flexible", los estudios han asignado una importancia crucial a la triada inseparable de tecnología, información y servicios, no solamente como componentes y motores del capitalismo moderno, sino también como factores de la conducta social y del cambio territorial (Gershuny et al., 1988; Illeris, 1989; Coffey y Bailly, 1992; Moreno y Escolano, 1992; Daniels, 1993). A este respecto, la mayor contribución de las nuevas tecnologías ha sido permitir la renovación radical de los procedimientos técnicos y modos de organización de la producción, muy ligados a las sustanciales mejoras provocadas por las nuevas tecnologías en la eficiencia de producción. Esta revolución tecnológica ha provocado importantes cambios en los patrones de localización de muchas actividades socio-económicas (Mandeville, 1983; Castells, 1995; Moss, 1998), así como la postmodernización del estilo de vida en general (Escolano, 2012). Este nuevo proceso de industrialización se ha producido por el régimen de acumulación flexible procedente de la revolución del transporte, originada a comienzos de 1979 y ligado a la reestructuración completa de las industrias. Esta última ha provocado pérdida de actividad industrial y de puestos de trabajo en algunas regiones en detrimento de otras, que han visto incrementadas sus oportunidades a través de la creación de nuevos polos industriales (Scott, 1988; Faust et al., 2004).

Por añadidura, el continuo desarrollo de los medios de transporte ha provocado que el objetivo dicha actividad haya variado igualmente a lo largo del tiempo. Mientras que en el siglo XIX el reto era cubrir toda la superficie terrestre, en el siglo XX, una vez materializadas las redes globales, los objetivos del transporte son de carácter organizativo, de gestión y de optimización. Considerando este nuevo enfoque, los nuevos objetivos y problemas a cubrir pasan por la selección óptima del itinerario o el modo de transporte elegido en cada movimiento, la optimización de la capacidad de las redes, y que éstas sean el soporte óptimo para las necesidades de movilidad (ya sea de bienes, población y/o servicios).

Desde esta nueva perspectiva se identifican tres funciones clave que el transporte ha de cubrir: la accesibilidad espacial, la conexión con el sistema productivo y la propia actividad productiva. Las tres estarían estrechamente ligadas por una relación causa-efecto, ya que la conexión del sistema productivo vendría determinada por la accesibilidad espacial y tanto la conexión como esta última, vendrían a su vez determinadas por la propia demanda de dicho sistema (el cual según Segado et al., 1996, necesita del transporte dado el incremento exponencial de la demanda de flujos). Por tanto, el transporte es un elemento fundamental en la interpretación de las interrelaciones físicas y socioeconómicas de los individuos, por las diferencias

técnicas de producción). En cambio. la "estructura socio-institucional de acumulación", tiene que ver con las instituciones que regulan las relaciones socioeconómicas, incluyendo los mecanismos de mercado y las intervenciones políticas (estas últimas afectan a la legitimación de estados y a la infraestructura física y social, según Escolano, 2012).

geográficas de la distribución de recursos, la especialización productiva de algunas regiones, las economías de escala…, así como por otro tipo de razones vinculadas a objetivos políticos y militares, junto con la necesidad que tienen los ciudadanos de interrelacionarse y desarrollar actividades ubicadas en otros territorios (Segado et al.,1996).

Igualmente, la red de transporte y los modos existentes en un territorio inciden jerarquizan en cierta medida a los diferentes nodos conectores (en este caso núcleos poblacionales), e incluso incentiva la localización de actividades en entornos cercanos a estas. De aquí se deduce por tanto que el modo de transporte ideal sería aquel que fuera instantáneo, sin coste alguno, de capacidad ilimitada y siempre disponible, pues el espacio sería considerado como un elemento obsoleto. Como obviamente este no es el caso, el modo de transporte intenta acercarse a ese ideal, minimizando los costes de desplazamiento y superando los diversos espacios conformados por multitud de limitaciones, tanto humanas como físicas (Merlin, 1997). A este respecto, dichas limitaciones conllevan una fricción a cualquier movimiento, denominada “Impedancia”, que comúnmente suele identificarse como la resistencia que una determinada red de transporte ofrece a ser atravesada por cualquier usuario en un modo de transporte determinado. Esta depende de la distancia del recorrido y la naturaleza de lo que se vaya a transportar (Rodrigue et al., 2013).

Precisamente, la impedancia determina el modo y forma en la que el transporte supera el espacio que separa diferentes regiones y destaca el roll que juega el transporte en la estructura y organización del territorio. Así, aunque el transporte sea un componente indispensable para la economía de las regiones, es la impedancia quien crea los vínculos entre regiones y las actividades económicas entre personas. De esta forma, la separación entre dos lugares ya no se mide en distancia, sino en el tiempo que se tarda en recorrer aquella que separa a dos núcleos o usuarios a través de las redes de transporte existentes. Para reducir este tiempo de viaje, se tiende a incrementar la velocidad de estos modos, acercando cada vez más lugares más lejanos estre sí. De este modo el espacio se contrae según un principio de geometría variable, que relaciona la distancia del recorrido y la velocidad del modo de transporte utilizado (Chapman, 1979; Janelle, 1991; Spiekermann y Wegener; 1994). Este incremento de velocidad en los modos ha sido posible gracias a la mejora de las telecomunicaciones y las tecnologías incorporadas al respecto, modificando sustancialmente la percepción humana sobre la relación espacio-tiempo (actualmente todo es infinitamente más accesible que hace 60-70 años).

2.2.2. Consecuencias de las infraestructuras de transporte

El hecho de que las infraestructuras de transporte incidan directamente en la modificación del espacio en el que se desarrollan las actividades socioeconómicas (no solo de aquellos afectados directamente sino también los adyacentes), mejoren en mayor o menor medida el grado de acceso a los principales servicios y afecten al mismo tiempo, a los hábitos de la sociedad donde se ubican, permiten clasificar los efectos generados por dichas infraestructuras en tres tipos: directos, indirectos y multiplicadores.

Al margen de los efectos directos citados en apartados anteriores, hay que indicar que los efectos multiplicadores de una nueva infraestructura crecen con el paso del tiempo, interrelacionándose con otros procesos que dificultan su visibilidad y análisis. No obstante, estos efectos intervienen en el marco socioeconómico y el reposicionamiento territorial de un núcleo a medio y largo plazo. En cambio, los llamados efectos indirectos, son utilizados a menudo por los agentes como justificación de grandes proyectos de infraestructura (si se atendiera únicamente a los beneficios de los usuarios o a su rentabilidad económica estos efectos carecerían de justificación, según autores como De Rus e Inglada, 1993; Vickerman et al., 1999; o De Rus y Román, 2006). De este modo se evita el proceso de divergencia espacio-temporal que se produce en algunos espacios rurales de baja densidad poblacional, donde el número de líneas ferroviarias y la prestación de servicios (tanto ferroviarios como por carretera), se reduce

paulatinamente durante los últimos años (Gutiérrez, 1998). Dichos espacios de movilidad problemática tienden a incrementarse en superficie y la movilidad cada vez presenta más dificultades a todo tipo de usuarios. En cambio, en espacios urbanos con elevadas densidades y oferta de servicios, la convergencia espacio-temporal es muy elevada y se produce de forma convulsa, ya que la renovación de los métodos y la organización de la producción provocan la restructuración global de los mercados. Esta restructuración causa el solapamiento entre los servicios y actividades de producción (Daniels, 1985; Illeris, 1989; Rada, 1989). El final del proceso es la formación de un continuo, simple e integrado proceso de producción de bienes y servicios (Barcet et al., 1984).

A este respecto, Capello y Gillespie en 1993 afirmaron que:

"Pocos cambios están teniendo un impacto mayor en la capacidad de las empresas y de los países para competir en los mercados mundiales que la actual revolución de los transportes y comunicaciones. Las nuevas posibilidades para el proceso y la transmisión de información, así como los avances en la movilidad de pasajeros y mercancías, están alterando profundamente los elementos sobre los que se basan la competitividad de las empresas y las ventajas comparativas de las regiones."

Entre los efectos derivados de la convergencia espacio-tiempo destacan la competitividad entre espacios (con importantes consecuencias económicas y sociales), la reducción de costes de interacción del transporte con el espacio de separación entre territorios (con una relación directa a su vez entre espacio y coste de los movimientos potenciales), y la facilidad para alcanzar mercados cada vez más lejanos, lo que incrementa la competitividad general del sistema, favoreciéndose la aparición de economías de escala y la especialización de espacios (Duranton y Puga, 2005; Halbert 2005). Por todo ello, resulta crucial comprender las interrelaciones de todos estos efectos con vistas a explicar el funcionamiento de la convergencia espacio-temporal existente en cada caso (Maillat y Bailly, 1989; Daniels, 2002; Moreno y Escolano, 1992). Dentro de este contexto se suele utilizar el término de "mercado" no son sólo desde el punto de vista del consumidor, sino además desde el laboral y el de conocimientos (Forslund y Johanson, 1995). Esto incluye como un pilar fundamental de apoyo al proceso de globalización de mercados a las infraestructuras de transporte.

Como consecuencia, la contracción del espacio-tiempo y del espacio-coste provoca que a medida que la importancia de la distancia de separación entre espacios disminuya, aumente la importancia de la orientación de ciudades y regiones con relación a su posicionamiento en mercados exteriores. De esta forma, todas las regiones requieren para su desarrollo socio-económico infraestructuras de transporte, pues permiten un acceso adecuado a las mismas y a su vez, son el soporte necesario para que los residentes puedan acceder al resto de espacios.

Además de mejorar la competitividad territorial en aquellos espacios que cuentan con las mejores dotaciones, los transportes y las telecomunicaciones son una pieza clave para lograr la cohesión e integración territorial, ya que canalizan la integración de espacios locales, regionales, nacionales y multinacionales, siéndolos puentes de conexión entre los diferentes territorios periféricos y áreas centrales (Janelle, 1991). Por ello la cohesión territorial es uno de los principales objetivos de las políticas europeas y nacionales. A este respecto, Vickerman afirmaba en 1992 que la mejora de la accesibilidad en el espacio europeo, especialmente en las regiones periféricas, tendría un claro efecto no sólo en la competitividad de las regiones, sino también en el proceso de convergencia y cohesión. Conjuntamente, la UE en 1995 indicaba que sólo se alcanzarían los beneficios de integración si Europa se convertía en una red abierta y flexible. Esto ocurriría siempre que las infraestructuras de transporte ofrecieran conexiones eficientes entre todos los Estados de Europa, unido a un refuerzo de la cohesión económica entre ellos. Desde entonces, la UE ha venido imponiendo en sus políticas de transporte la característica de integración territorial, económica y social, vista como una competencia compartida entre todos los Estados Miembros. Así, el informe ESDP indica que (artículo I-3, OJEU 2004):

"Las políticas de desarrollo espacial pueden contribuir de manera decisiva al logro de los objetivos de cohesión social y territorial, en particular en el caso de las inversiones en infraestructuras de transporte en las regiones más atrasadas".

"Unas infraestructuras de buena calidad son un factor clave del desarrollo sostenible. Para poder prosperar y ofrecer a su población un nivel de vida aceptable, todo país debe contar con sistemas eficaces de transporte, saneamiento, energía y comunicaciones".

2.2.3. Niveles de organización espacial

A lo largo de los últimos 40/50 años, las redes de transporte han estimulado el desarrollo económico de las regiones, estructurando el espacio mediante la clasificación del mismo en función de dos criterios: áreas productoras y consumidoras, y localizaciones específicas de recursos, mano de obra y mercados. El elevado impacto de esta actividad ha incrementado enormemente el volumen de flujos de personas, bienes e información, asociado a un elevado grado de especialización de usos en el territorio y una transformación clara del mismo hacia un modelo jerarquizado (Seguí y Martínez, 2004; Rodrigue et al., 2013).

Esta conformación del paisaje herencia de los sistemas de transporte implantados en él, es un elemento clave para el "paradigma de las nuevas movilidades" de los individuos (Urry, 2007), porque se incrementan las "sociedades de flujos", manteniéndose sus conexiones y la coherencia entre las diferentes partes del sistema socioeconómico (Bauman, 2000). Mientras que tradicionalmente estos niveles de organización territoriales tenían en cuenta la distancia de separación entre los asentamientos urbanos, actualmente se contemplan dos factores más: la conectividad y la accesibilidad de los modos de transporte. Atendiendo a todos estos factores, la reconfiguración territorial depende en cierta medida de la complejidad de las redes de transporte, siendo estas últimas clave para mantener la reconfiguración territorial y la coherencia espacial y temporal del sistema socioeconómico, tanto a escala global como local (Moreno y Escolano, 1992).

Según Rodrigue, Comtois y Slack (2013), se considera que la relación entre el transporte y los niveles de organización espacial ha de vincularse al estudio de tres grandes escalas (Figura 1): global, regional y local. Para el análisis a escala global, se ha de considerar como nodos principales los puertos, aeropuertos y actividades de telecomunicación. Asimismo, a escala regional los nodos a analizar deben ser las ciudades, a través del análisis de los corredores que se forman a lo largo de líneas de transporte. Para el caso de la escala local, los nodos que han de ser estudiados son aquellos donde se concentra la mayor parte de la mano de obra y actividades económicas, analizando las infraestructuras que hacen posible el desplazamiento de los trabajadores a las empresas donde se realizan dichas actividades (Tabla 1).

Figura 1: Escalas de organización espacial del transporte. Fuente: Rodrigue et al., 2013

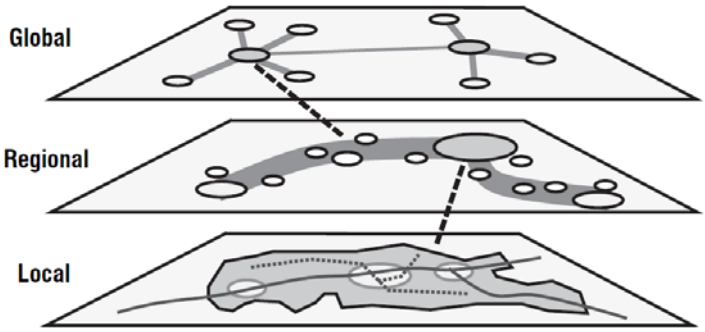


Tabla 1: Escalas de organización espacial. Fuente: Rodrigue, Comtois y Slack., 2013

Escala	Nodos	Enlaces	Relaciones
Local	Empleo y actividades comerciales	Carreteras y sistemas de tránsito	Viajes diarios al trabajo y distribución
Regional	Ciudades	Corredores (líneas férreas, autopistas, canales)	Sistema urbano
Global	Entradas (aeropuertos y puertos)	Líneas aéreas y marítimas	Inversión, comercio y producción

Organización espacial global

A nivel global, las mejoras y evolución de los sistemas de transporte provocan la expansión de los mercados. Como consecuencia, se produce una ampliación de las oportunidades laborales y económicas de los residentes en un determinado territorio. De este modo, el transporte a escala global configura una especialización de actividades productivas mediante el comercio internacional.

Organización espacial regional

Normalmente los espacios suelen organizarse de forma jerárquica en áreas de mercado encabezadas por un conjunto de ciudades interdependientes, localizadas en función del nivel de actividad existente en cada ciudad dividido por la distancia de fricción que les separa. Esta estructura espacial puede subdividirse a su vez en tres componentes básicos: un conjunto de localizaciones industriales especializadas (que tienden a agruparse dentro de aglomeraciones urbanas en función de la localización de materias primas, mano de obra o mercados entre otros factores); un conjunto de localizaciones dedicadas a la provisión de servicios (administración, finanzas, tiendas de venta al por menor y al por mayor, etc.), agrupadas en las ciudades; y un patrón de nodos y enlaces de transporte (carreteras, ferrocarriles, puertos y aeropuertos) que sirven a los mayores centros de actividad económica existentes en un espacio objeto de estudio.

Para explicar las relaciones existentes entre transporte, sistemas urbanos y desarrollo regional vinculado a ambos, se han propuesto y utilizado tradicionalmente diversas perspectivas y modelos conceptuales, entre los que destacan tres (Rodrigue et al., 2013):

- *Teoría del Lugar Central o Centralidad*.- Esta teoría ha sido abordada en la literatura desde múltiples modificaciones espaciales y busca lugares centrales o modelos de sistemas urbanos que intentan hallar las relaciones entre el tamaño, el número y la distribución geográfica de las ciudades en una región. La gran mayoría de los sistemas urbanos tienen bien establecida una jerarquía en la que tan solo unos pocos centros de actividad dominan al resto del territorio. El transporte es particularmente importante en esta propuesta de análisis, así como la organización de los lugares centrales bajo la minimización de la fricción de la distancia. La estructura territorial descrita por la Centralidad es el resultado de una región que busca la provisión de servicios con un coste óptimo de transporte.
- *Teoría General de Iniciación/Difusión (Polos de Crecimiento)*.- Esta teoría trata de identificar puntos del territorio donde el desarrollo económico se basa en el cambio estructural causado por el crecimiento de nuevas industrias propulsoras (los llamados polos de crecimiento). La localización de estas actividades es el catalizador de la organización espacial regional. Los polos de crecimiento primero inician y después difunden el desarrollo basado en esta teoría. El crecimiento consigue ser distribuido espacialmente dentro de un sistema urbano regional, pero este proceso es irregular entre los lugares centrales y periféricos. Por tanto, en la

teoría de los polos de crecimiento, el transporte es un factor de accesibilidad que refuerza la importancia de los mismos.

- *Teoría de los Corredores de Transporte.- Esta representan la acumulación de flujos e infraestructuras de varios modos de transporte, cuyo desarrollo está enlazado con los procesos económicos, infraestructurales y tecnológicos. Cuando estos procesos implican el desarrollo urbano, los corredores de urbanización son un sistema de ciudades orientadas a lo largo de un eje de transporte similar a un cauce fluvial o una línea de costa.*

Organización espacial local

Aunque el transporte es un elemento indispensable en la organización rural, a nivel urbano también tiene un enorme impacto espacial ya que el modelo de urbanización y la movilidad derivada están íntimamente relacionados. Así, cada ciudad depende de las necesidades de movilidad de los pasajeros (residencia, trabajo, compra y ocio) y mercancías (bienes de consumo, alimentos, energía, etc.), donde los principales nodos son las zonas de empleo/servicios y aquellas residenciales. De este modo, la evolución demográfica y espacial (conjuntos urbanos) es trasladada al territorio mediante la amplitud de movimientos realizados por los residentes y mercancías de la ciudad. Las zonas de empleo y atracción son por tanto los elementos modeladores más importantes de este tipo de organización local:

- *Zonas de empleo. La disociación creciente entre el lugar de trabajo y la residencia se debe en gran medida al éxito del transporte motorizado y en particular al automóvil privado. La localización de las zonas de empleo en áreas cada vez más alejadas de los usos residenciales han incrementado en los últimos años el número y longitud de los viajes diarios al trabajo. Además, la importancia que se le da al tiempo y la búsqueda de comodidad e independencia en los desplazamientos hacen que el trasvase de desplazamientos desde los modos colectivos públicos al automóvil particular sean algo más que un hecho constatable en nuestros días.*
- *Zonas de atracción. Las zonas urbanas donde se concentra un mayor porcentaje de actividades y servicios, son aquellas que atraen al mayor porcentaje de desplazamientos urbanos (y con ello a población residente y externa). Estas suelen estar enlazadas por las principales vías de comunicación, las cuales y atendiendo a la teoría de la centralidad mencionada anteriormente, jerarquizan el acceso a dichos bienes. De este modo, el distrito central de negocios (casco urbano primigenio) suele ofrecer una amplia variedad de servicios especializados, mientras que las pequeñas áreas locales aledañas (áreas especializadas ubicadas en la periferia urbana, cercanas a usos residenciales), ofrecen servicios básicos como suministros de comestibles, o servicios bancarios entre otros.*

Parece lógico pensar, por tanto,, que el transporte ofertado en una ciudad desequilibra en cierta medida el desarrollo socioeconómico y el bienestar de las distintas zonas que la conforman, contribuyendo a la creación de diferentes paisajes intraurbanos.

Modelo centro-periferia

Atendiendo a las referencias sobre el estudio del impacto que tienen las infraestructuras de transporte sobre el territorio, son numerosos los autores que le confieren una enorme importancia al *Modelo Centro-Periferia*. Esto se debe entre otras razones, al hecho de que es un modelo que explica la jerarquía de accesibilidades a las principales zonas de atracción territoriales independientemente de la escala de análisis a la que se refiera (Bauman, 2000; Seguí y Martínez, 2002; Urry, 2007; Rodrigue et al. 2013). Así, ya sea a escala global, regional o local, este modelo de distribución se repite en multitud de análisis en este sentido. Otra razón tiene que ver con la distribución territorial histórica de los bienes y servicios, concentrados en las principales ciudades a escala global y regional, y en los centros urbanos primigenios a escala local. Esto provoca un desequilibrio de oportunidades de acceso (vinculado a las redes de transporte) que se

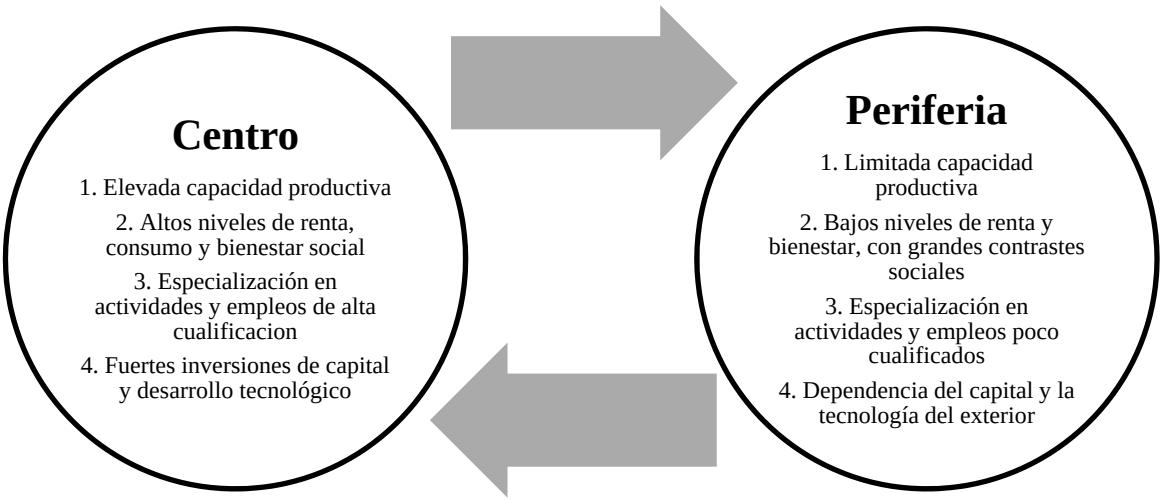
concentra en las zonas cercanas a la localización de dichos bienes y disminuye a medida que la distancia aumenta con respecto a las mismas. Esta jerarquización territorial, basada en un desarrollo socioeconómico desigual, dota de mayor importancia a los centros en detrimento de las periferias (característica que da nombre al modelo).

El modelo centro-periferia se apoya en el concepto genérico de *áreas periféricas* y a su vez, en dos adjetivos clave derivados: la *perifericidad* y la *accesibilidad*. Según Hirschman (1958), las *áreas periféricas* se definen como un efecto de barrido inducido por la especialización de actividades y usos del suelo existentes en una zona limítrofe, que concentran en mayor o menor medida actividades y recursos. Por otro lado, el adjetivo de *perifericidad* guarda relación con la disponibilidad de servicios ofertada en una zona, gracias a las infraestructuras de transporte existentes (Krugman, 1991), convirtiéndose estas últimas en un elemento discriminador de oportunidades. Finalmente, la *accesibilidad* se utiliza como un indicador de la proximidad al servicio de transporte para alcanzar las zonas de concentración de servicios, siendo los lugares con menor accesibilidad los más periféricos (Panebianco, 2001).

Las diferentes perspectivas sobre perifericidad determinan el grado de dependencia entre las infraestructuras y el carácter periférico de las regiones. Así nacen los primeros atributos de la *Teoría de las Áreas Periféricas*. Los pasos a seguir para identificar áreas periféricas siguiendo dicha teoría se reducen a los siguientes: en primer lugar se indaga sobre qué elementos han de considerarse como distintivos para este tipo de áreas; en segundo lugar se determina el grado de acceso entre núcleos poblacionales; posteriormente se analiza la distribución de actividades económicas en dichas áreas; y finalmente, se identifican aquellas zonas con menor crecimiento económico, y cuyo sistema productivo y red de transportes provoca que los recursos humanos localizados allí sean menos competitivos con respecto al resto de áreas (Rodríguez y Menéndez, 2012). Las áreas que cumplan todos los requisitos se consideran “áreas periféricas”.

El modelo dual de distribución de oportunidades centro-periferia (Figura 2) permite identificar claramente espacios aislados, dependientes de otros que concentran el grueso del poder económico, técnico y productivo. La consecuencia directa de todo ello es el trasvase de recursos (entre ellos el humano) de los primeros espacios (periféricos) hacia los segundos (centrales).

Figura 2: Modelo centro-periferia. Fuente: Rodríguez y Menéndez 2012



Este trasvase de recursos, incrementa aún más si cabe la diferencia entre zonas centrales y periféricas, ya que los nuevos flujos concentran las posibilidades de desarrollo socioeconómico y las mejores infraestructuras de transporte en zonas que ya eran destacadas anteriormente. En cambio, las zonas periféricas, ven aún más mermadas sus ya de por sí limitadas oportunidades. En este nuevo marco, se erige como una de las pocas salidas viables a día de hoy, la promoción de políticas de implantación de actividades en estas zonas desfavorecidas aprovechando las economías de escala posibles gracias a las nuevas infraestructuras de transporte. Esto mejoraría el grado de eficiencia y competitividad de estos espacios frente a los centrales tradicionales (Domínguez y Díaz, 2007).

2.3. RELACIÓN EN EL TERRITORIO ENTRE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO E INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

Todas las estrategias aplicadas para incrementar el grado de desarrollo socioeconómico en un territorio a escala regional, nacional o internacional, conciben como un elemento básico la creación o mejora de las infraestructuras de transporte y comunicaciones (Jansen y Hoogstraten, 1989; Tira et al., 2002; Spiekermann y Wegener, 2006). Si se considera además que estas redes están íntimamente ligadas al desarrollo socio-territorial de un espacio, se entiende que actualmente la UE identifique como una necesidad primordial en materia de transporte, la repercusión que tiene la implantación de una nueva infraestructura en la cohesión social, transformando la política de infraestructuras en una política estructural y favoreciendo que los nuevos sistemas de transporte incentiven un desarrollo económico y social homogéneo en todo el territorio.

Sin embargo, la implantación de nuevas infraestructuras de transporte conlleva dos tipos de impactos: el estrictamente espacial y una serie de posibles impactos socioeconómicos. Ambos resultan difíciles de observar y cuantificar, pero esta dificultad aumenta especialmente en el análisis del impacto económico (que al mismo tiempo es el más controvertido). Además, no está claro cómo y por qué una mayor accesibilidad generada por nuevas infraestructuras de transporte en un determinado territorio, influye en su desarrollo socioeconómico e incluso en algunas ocasiones, por qué la implantación de nuevas infraestructuras tiene un impacto negativo para el desarrollo socioeconómico (Givoni, 2006). Por consiguiente, uno de los principales temas de investigación aún sin resolver en materia de transporte, es cómo promueve el crecimiento socioeconómico de un territorio la inversión en infraestructuras de este tipo.

Desde la perspectiva de Banister y Berechman (2000), la implantación de mejoras en las redes de transporte propias de países desarrollados por sí mismas no aseguran el desarrollo socioeconómico del territorio. Ambos autores afirman que los impactos de las inversiones en este tipo de dotaciones dependen de otro tipo de condiciones predominantes y sobre todo, de la existencia de una economía local pujante que permita aprovechar las sinergias fruto de las mejoras en accesibilidad provocadas por la implantación de dichas infraestructuras en general y del TAV en particular. Por tanto, es necesario igualmente identificar y cuantificar el impacto producido por estas nuevas infraestructuras en el desarrollo regional y local, ya que las experiencias políticas en este ámbito apoyadas en grandes inversiones económicas en este sentido de forma estricta han resultado del todo erróneas.

De hecho, como en cualquier acción individual o colectiva, el diseño de las políticas de transporte y las actuaciones heredadas de aquellas en lo que a construcción de infraestructuras se refiere, son siempre elementos contextuales. Este tipo de actuaciones se deben enmarcar dentro de un conjunto de variables y elementos encajados en un espacio, tiempo y contexto determinados, integrados en tres esferas distintas pero complementarias (por tanto, no se debe entender como una serie de sucesos aleatorios): la *esfera económica*, determinada para la industrialización y

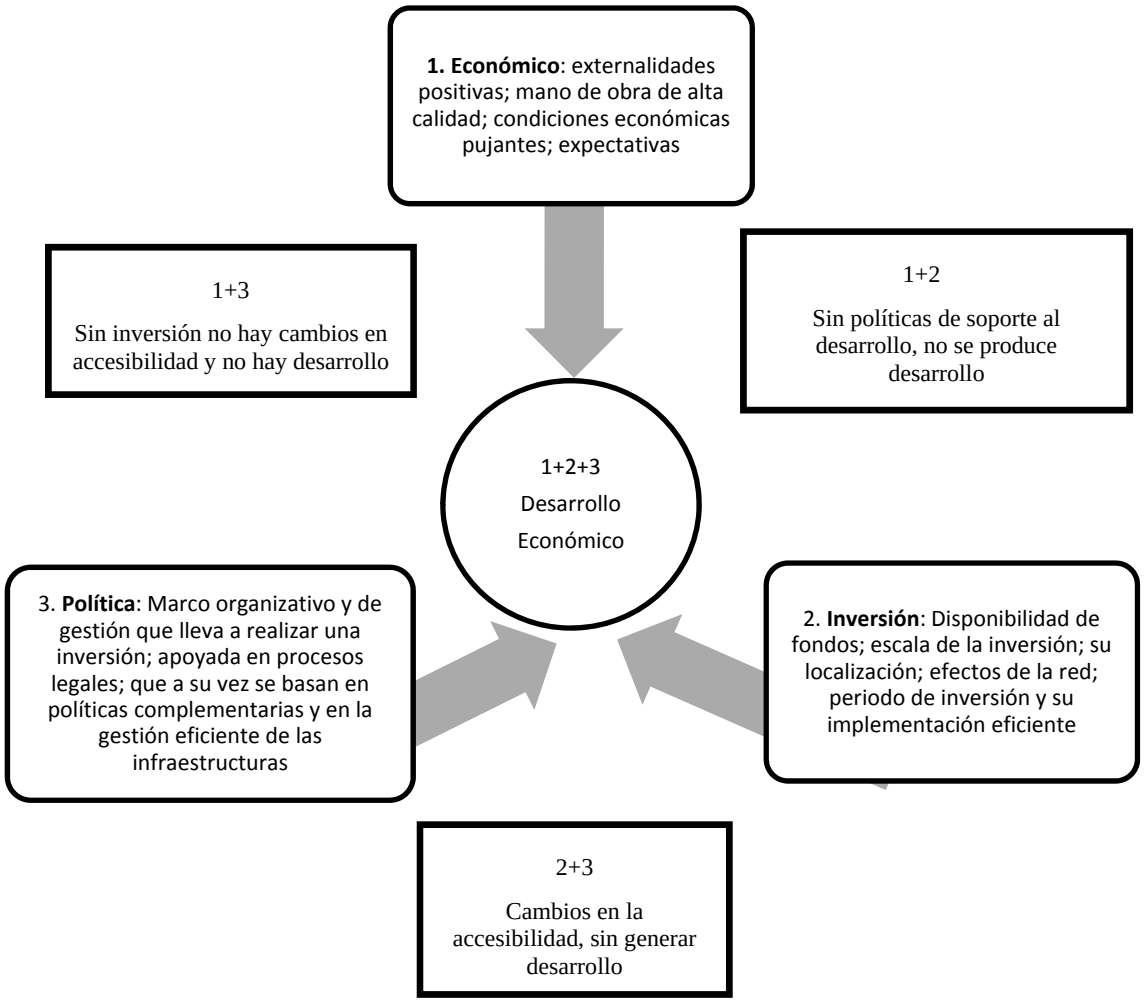
organizada según los principios generales de las características de la producción capitalista; la *esfera política*, dominada por el estado, que se sirve de un complejo sistema institucional de mecanismos (democráticos o no) para ejercer el control social y político; y la *esfera social*, o el marco de la sociedad civil, que integra el conjunto de actuaciones sociales, culturales e instituciones (Miralles, 2002).

Por todo ello, Banister y Berechman (2000) determinan que las condiciones necesarias para que se produzca el desarrollo económico en un territorio son:

1. Condiciones económicas regionales: la primera condición necesaria es la presencia de externalidades económicas positivas subyacentes, tales como la existencia de economías basadas en la aglomeración poblacional y en la presencia de mercados laborales, así como la disponibilidad de una mano de obra de buena calidad (altamente especializada). Junto a las externalidades positivas han de coincidir también con unas dinámicas subyacentes en la economía local. Con respecto a estas últimas, únicamente cuando la economía local es pujante (dinámicas subyacentes positivas) y está en conjunción con las externalidades económicas (que se detallarán a continuación), es cuando da lugar a un desarrollo económico del territorio.
2. Condiciones relacionadas con los factores de inversión: hacen referencia a la disponibilidad de fondos para la inversión, la escala de la inversión y su localización, los efectos de la red (por ejemplo, la existencia de territorios no enlazados a esta), y el período real de la inversión. Además, la toma de decisiones en la inversión de infraestructuras de transporte no se hace de forma aislada, sino que tiene en cuenta la localización de las regiones en la red. No obstante, esta consideración espacial, dentro de los factores de inversión, en algunos casos ha sido analizada de forma aislada, sin tener en cuenta las otras condiciones necesarias para la generación del desarrollo socioeconómico (Vickerman, 2002). Como consecuencia, este conjunto de factores sin tener en cuenta los otros dos restantes, no ha logrado en ningún caso el desarrollo esperado en el territorio.
3. Condiciones vinculadas a factores políticos: dentro de los cuales se toman las decisiones en materia de transporte. Para que dichas decisiones produzcan un cambio positivo, deben apoyarse en decisiones complementarias y estar dentro de un contexto que claramente apueste por lograr el desarrollo económico en el territorio. En caso contrario, el impacto producido en el territorio sería totalmente contraproducente. Algunas de las condiciones referidas a este apartado son las fuentes de financiación; el nivel de inversión (local, regional o nacional); el soporte legal y organizacional; y las políticas, los procesos institucionales y cualquier acción política complementaria (por ejemplo, subvenciones, desgravaciones fiscales y programas de formación). Al igual que en los otros dos componentes anteriores, este conjunto de factores políticos favorables a la toma de decisiones no asegura por sí mismo el desarrollo económico en el territorio, a menos que las demás condiciones estén presentes.

Estos tres conjuntos básicos interrelacionados mejoran el desarrollo socioeconómico de un territorio. Es condición *sine qua non* que estén presentes los tres conjuntos de condiciones, sino no existe desarrollo, o pueden provocarse desigualdades que degeneren en situaciones muy distintas a las esperadas inicialmente (Figura 3).

Figura 3: Condiciones necesarias para lograr desarrollo económico en el territorio. Fuente: Banister y Berechman, 2001



El efecto que provoca la implantación de una nueva infraestructura de transporte en el desarrollo de un territorio, fue identificado inicialmente por Yago en 1984. Para ello realizó diferentes análisis comparativos entre variables de tipo político-económicas (referidas a los tres conjuntos de factores mencionados anteriormente) concluyendo que, aunque se pretendía que las variables analizadas fueran universales y comunes a todos los espacios geográficos objeto de estudio, las particularidades de cada espacio concreto dotaban de diferentes intensidades a cada variable y con ellas, diferentes estadíos de desarrollo que había que considerar en cada caso.

De este modo, para analizar el impacto provocado por la relación de estos factores es necesario extraer resultados globales fruto de interrelacionar diferentes medidas económicas, considerar diversas escalas y contemplar el tipo de inversión realizada en este sentido, tal y como se muestra en la Tabla 2 (Banister y Berechman, 2001).

Tabla 2: Marco conceptual del análisis. Fuente: Banister y Berechman 2001

	Escala de análisis		
Variables	**Nacional**	**Regional**	**Local**
Medidas de desarrollo económico	Crecimiento de la productividad; tasa de retorno social	Cambios de accesibilidad; cambios en la localización de las actividades minoristas, vivienda y empleo	Nivel de empleo; asignación de tiempos; productividad laboral.
Resultados obtenidos	Crecimiento anual del PIB	Relocalización espacial; ventaja competitiva; agrupamiento industrial	Crecimiento del empleo; mejora del bienestar; generación de economías de aglomeración
Escala y tipo de inversión en transporte	Capital total Estatal, stock en infraestructuras	Redes ferroviarias regionales de alta velocidad y de carreteras; terminales regionales; aeropuertos; puertos marítimos; vías navegables; oleoductos y gasoductos.	Instalaciones y carreteras metropolitanas; nuevos enlaces ferroviarios; ferrocarril subterráneo; centros de transporte.

Posteriormente, los autores Rodrigue, Comtois y Slack (2013) establecen que para analizar el desarrollo socioeconómico en el territorio producido por una infraestructura, se debe comenzar analizando las causas que explican la concentración de determinadas actividades, afirmando que:

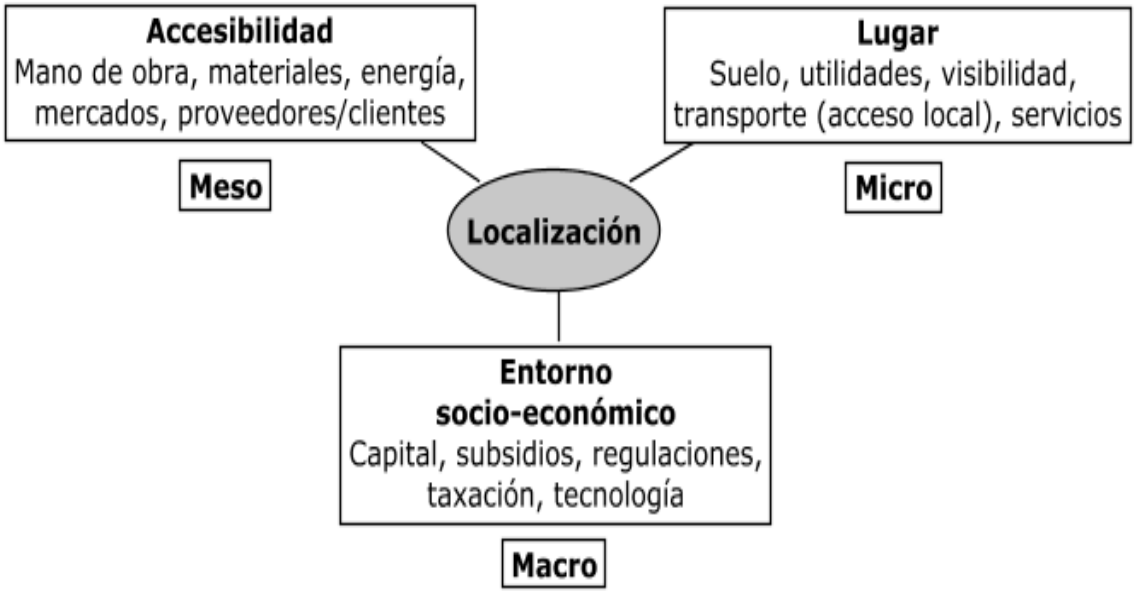
"… la localización de actividades económicas es a priori dependiente de la naturaleza de la actividad en sí misma y de ciertos factores de localización tales como los atributos del lugar, el nivel de accesibilidad y el entorno socio-económico".

Asimismo, estos autores subdividen los factores de localización de actividades en tres categorías generales (Figura 4):

4. El lugar determinado por las características micro-geográficas específicas de ese lugar, incluyendo la disponibilidad de suelo, utilidades básicas y servicios, la visibilidad, la naturaleza del territorio y el nivel de acceso al transporte. Estos factores presentan una connotación local o micro.
5. La accesibilidad fijada por las oportunidades suministradas en dicha localización. Principalmente mano de obra (salarios, capacidad, nivel de cualificación), materiales (vinculados a actividades dependientes de materias primas), energía, mercados (local, regional y global) y accesibilidad a proveedores y clientes (importante para actividades intermedias). Estos factores tienden a tener una connotación regional o meso.

El entorno socioeconómico determinado por las diferentes escalas administrativas (nación, región, localidad), en las cuales se considera la disponibilidad de capital (público o privado), subsidios, regulaciones, tasación y tecnología.

Figura 4: Factores de localización de actividades económicas en un territorio. Fuente: Rodrigue, Comtois y Slack, 2013



De todos los factores mencionados anteriormente, el roll e importancia de cada uno depende de la naturaleza de la actividad objeto de estudio.

A continuación, estos autores indican que para realizar un análisis más exhaustivo, los factores generales deben ser identificados por sectores económicos. La comprensión de todos ellos permite obtener una perspectiva acerca de las dinámicas económicas y los cambios territoriales:

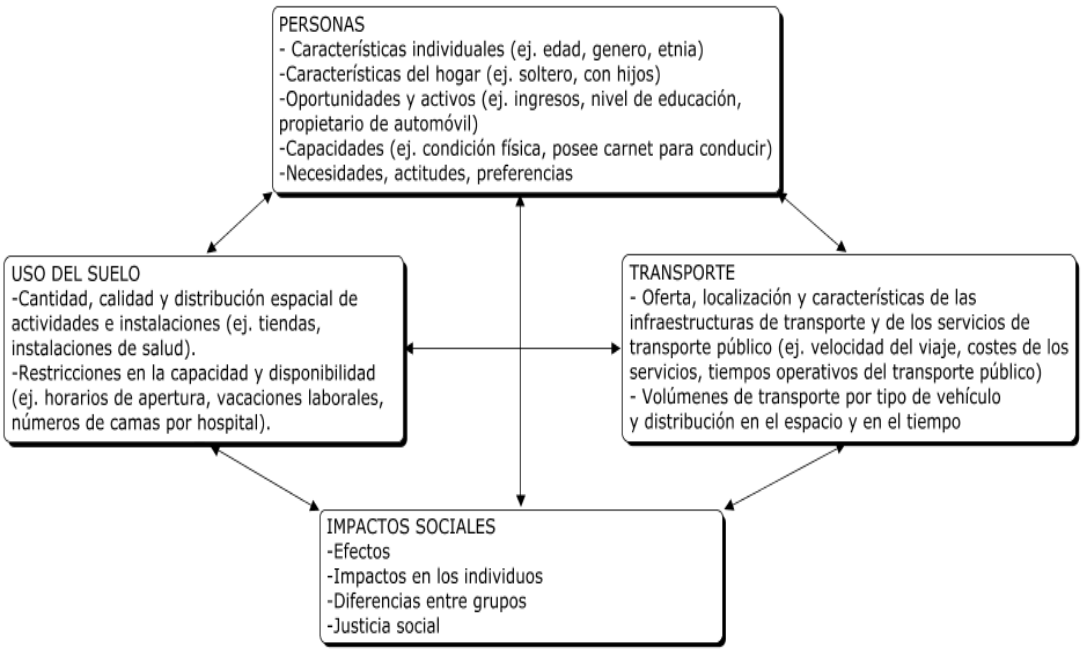
- Actividades económicas primarias. Su factor de localización dominante está relacionado con la ubicación de los recursos naturales. Por ejemplo, la actividad de extracción minera tiene lugar donde se encuentran los depósitos de minerales y la agricultura está localizada en suelos fértiles sujetos a la precipitación y temperatura. Por este motivo, las actividades primarias se caracterizan por factores muy básicos de localización con una fuerte dependencia del transporte (debido a su ubicación alejada de los centros de demanda). La capacidad del transporte para trasladar materia prima es el elemento determinante en el desarrollo de las actividades de este tipo.
- Actividades económicas secundarias. Implican una compleja red de factores dependientes del sector industrial y a su vez están relacionadas con la mano de obra (coste y/o nivel de destreza), los costes energéticos, el capital a invertir, el tipo suelo donde se desea desarrollar la actividad industrial, el tipo de mercados y/o proximidad a proveedores. La localización es así considerada como un importante factor de coste a minimizar. De este modo, teniendo en cuenta la amplia variedad de actividades industriales y manufacturas, es comprensible la dificultad de localizarlas. Por este motivo, dicha temática ha sido sujeto de muchas investigaciones en materia de geografía económica. Además, la globalización, los recientes desarrollos en la cadena de suministros y las redes de producción global han incrementado aún más la complejidad de los análisis.
- Actividades económicas terciarias. Incluyen aquellas actividades que están limitadas por la proximidad al mercado, pues la capacidad para vender un producto o servicio es el requerimiento predominante en su ubicación. De hecho, como

muchas de estas actividades están orientadas al comercio minorista y por tanto, dirigidas a la proximidad del consumidor, es esencial maximizar los beneficios por ventas. De este modo, la localización es un importante factor de beneficio a maximizar. La industria del comercio minorista ha cambiado significativamente con la emergencia de grandes tiendas minoristas que maximizan las ventas mediante economías de escala y la accesibilidad local.

- Actividades económicas cuaternarias. Contiene las actividades que no están relacionadas con los recursos medioambientales o el acceso al mercado, sino a servicios de alto nivel (banca, seguros), educación, investigación y desarrollo. Estos dependen en gran medida de la alta tecnología y por ello, con las mejoras en las telecomunicaciones, muchas de estas actividades puedes localizarse en cualquier lugar. No obstante, todavía existe una fuerte vinculación con la característica de proximidad en grandes universidades, centros de investigación, regiones que acogen a trabajadores altamente cualificados, e instalaciones de telecomunicación.

Aunque cada uno de los sectores anteriores presentan sus propios criterios de localización, variables a lo largo del tiempo y el espacio, sí existen estrategias básicas a todos ellos: minimización del coste y maximización de los beneficios. Teniendo presente estas estrategias económicas en relación al bienestar provocado por las infraestructuras, Geurs, Boon, Wouter y Van Wee (2009) establecen su propio modelo conceptual. Este se basa en los modelos realizados por Geurs y Van Wee (2004) y Van Wee (2002). En dicho enfoque se describen los principales elementos que producen impactos socioeconómicos y sus relaciones internas (Figura 5).

Figura 5: Modelo conceptual de los factores que afectan al impacto social del transporte. Fuente: Geurs, Boon, Wouter y Van Wee, 2009



Este modelo conceptual, según sus autores, determina que:

"… el grado de influencia en los impactos sociales producidos por el transporte se determina según los niveles de las necesidades de los residentes de un territorio. La separación entre dos lugares ya no se mide en distancia, sino en el tiempo que se tarda

en recorrer la distancia que los separa a través de las redes de transportes, para que una persona pueda resarcir una necesidad en otro lugar".

Recientemente, Banister y Thurstain-Goodwin (2011) aportan que en la contabilización de los beneficios obtenidos en el desarrollo procedente de las infraestructuras de transporte, hasta ese momento cuantificado mediante los métodos tradicionales anteriores, no han tenido mucho éxito, especialmente los referidos al TAV. La causa viene dada porque este modo de transporte está vinculado a un gasto excesivo y unas previsiones de demanda demasiado optimistas. Así, compromete enormes recursos públicos e impone una gran responsabilidad al Gobierno, quién tiene la decisión final de acometer los proyectos en materia de transporte (Flyvbjerg et al., 2003; Næss, 2006). Por esta razón, Banister y Thurstain-Goodwin establecen un enfoque nuevo de análisis de impactos producidos por las redes de transporte en tres niveles diferentes:

1) A nivel macroeconómico: en este nivel los efectos producidos por las redes regionales pueden identificarse en función del impacto que producen en la economía a través de los cambios detectados en la producción y la productividad. Muchos estudios han tratado de establecer un vínculo estadístico entre la inversión realizada en infraestructuras y el crecimiento económico, utilizando normalmente el PIB (Aschauer, 1989; Munnell, 1993; Gramlich, 1994; Crafts, 2006).
2) A nivel mesoeconómico: en dicho enfoque se analizan las economías de aglomeración y los efectos sobre el mercado de trabajo. A este nivel se supone que existen economías de escala y a medida que se reducen los costes en el uso del transporte, aumenta la movilidad de los habitantes. Este efecto provoca aglomeraciones en aquellas regiones donde el coste del transporte es menor y existe una mayor dotación de servicios (Vickerman, 2008).
3) A nivel microeconómico: el análisis a esta escala se centra en determinar los efectos provocados por la implantación de una nueva infraestructura en los usos y propiedad o tenencia del suelo.

En relación al nivel macroeconómico, es necesario indicar que este tipo de análisis ha recibido enormes críticas, entre las que destacan dos:

Por un lado, se supone que el crecimiento del PIB producido por la inversión en infraestructura no se ve afectado por otros factores no considerados en el análisis y que deberían serlo. En este contexto, el análisis del transporte y el territorio no se puede reducir al producto final, sino que tiene que focalizar en el proceso interactivo de un conjunto de factores, sin considerar a ninguno como determinante *a priori* (Morandi, 1989). Esta misma complejidad obliga a buscar las razones y explicaciones del proceso lejos de cualquier esquema conceptual reductivo (Miralles y Cebollada, 2009).

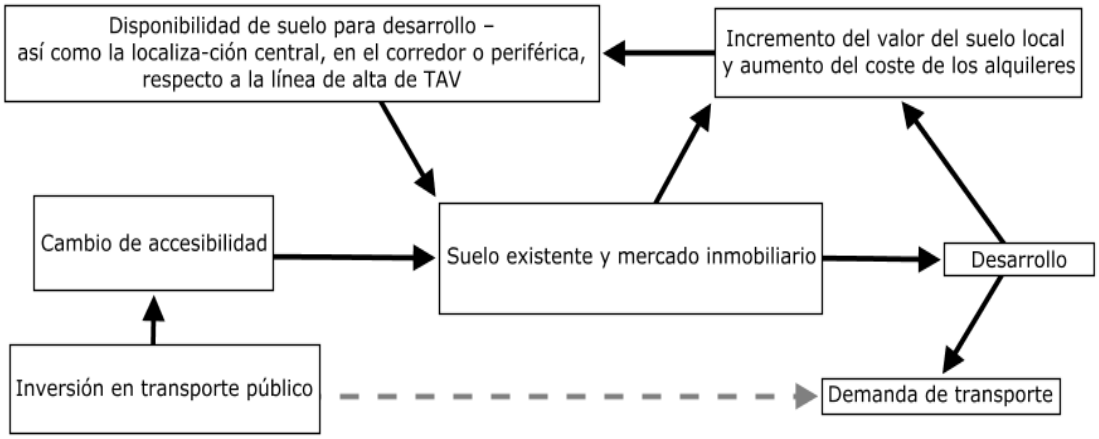
Por otro lado, la relación estadística entre factores implica causalidad, partiendo de la premisa de que la inversión conlleva en cualquier caso un crecimiento económico en el territorio. Sin embargo, no siempre sucede así (en algunas ocasiones sucede incluso lo contrario según Banister y Berechman, 2000 o Givoni, 2006). Así, se asume que el enfoque neopositivista, basado en el paradigma de la causalidad, es inadecuado para entender la complejidad de los procesos socio-espaciales (Miralles y Cebollada, 2009).

Atendiendo a las críticas anteriores a dicho enfoque, la cuestión a resolver en la escala macroeconómica no es cuáles son las correlaciones predecibles existentes entre infraestructura y desarrollo, sino cómo la inversión de capital público (en este caso en el TAV), aumenta los rendimientos del capital privado y por tanto, alienta una mayor inversión privada (Givoni, 2006). Es necesario determinar, por consiguiente, cuáles de estas correlaciones entre transporte y desarrollo son inciertas e impredecibles, ya que no considerarlas en el análisis puede exagerar la magnitud de los impactos esperados por la infraestructura de transporte, ofreciendo una visión demasiado optimista en el crecimiento económico y en la productividad del capital invertido (Aschauer, 1989; Munnell, 1993; Gramlich, 1994; Banister y Berechman, 2000).

Gran parte de los análisis realizados en el enfoque mesoeconómico del problema, pretenden determinar los vínculos entre la provisión de transporte y la aglomeración provocada (Graham, 2007; Venables, 2007). Como consecuencia, se analizan los efectos de la urbanización resultante y la densidad de empleo localizados (Graham, 2007). Para llevar a cabo una toma de decisiones adecuada en materia de inversión ferroviaria a esta escala, se ha de considerar la obtención de cuatro beneficios potenciales (Fujita y Thisse, 2013): la formación de economías de aglomeración resultantes de la mayor proximidad entre empresas (Chinitz, 1961); la mayor oferta de trabajo y niveles de participación de los ciudadanos en las actividades desarrolladas en otros territorios (Combes et al., 2008); la formación de economías de red provocadas por la mayor demanda de un determinado recurso como resultado de una mejor red de transporte (Jara-Diaz, 1986); y por último, la generación de beneficios ambientales, teniendo presente que las inversiones en transporte ferroviario se asocian a una menor emisión de CO_2 y por tanto, un menor coste medioambiental y social (Dixon et al., 1994).

Finalmente, los resultados ofrecidos por el análisis a nivel microeconómico, pueden medirse con un mejor nivel de confianza, ya que al ser más reducida el área de estudio, se puede comprobar de forma más directa la validez de los resultados. Algunos de los factores negativos a considerar en este enfoque es que existen muchos más factores a analizar a parte de los usos y la tenencia del suelo, y mayores barreras tanto conceptuales como empíricas que en los niveles anteriores. A este respecto, desde la perspectiva de Banister y Thurstain-Goodwin (2011), los factores contextuales son factores organizativos e institucionales, condiciones del mercado, factores de localización espacial y calidad del desarrollo (Figura 6).

Figura 6: Modelo conceptual de los factores que afectan al impacto social del transporte. Fuente: Banister y Thurstain-Goodwin, 2011



Tras el estudio citado anteriormente, Banister y Thurstain-Goodwin concluyen que no está claro si deben realizarse este tipo de análisis de impactos utilizando los tres niveles citados, o bien solamente uno de ellos. De este modo, el enfoque del problema pasaría a ser la determinación de si los efectos generados por las redes de transporte generan una sola actividad económica, redistribuyen a las ya existentes, o incluso ambas. La consecuencia directa de esta conclusión es que la renovación metodológica y conceptual en materia de movilidad y transportes está en continua evolución. Por este motivo, es necesario analizar la relación entre los transportes y el territorio dentro del marco de la interacción coherente de estructuras dinámicas (Miralles, 2009; Marquet y Miralles, 2015). A este respecto, según Marquet y Miralles (2015) tres aspectos confirman la validez de esta metodología, basada en conjugar elementos muy distintos:

- La multiplicidad de factores que juegan un papel importante en la adopción y la implantación de una determinada política del transporte.
- La dialéctica entre la transformación socioeconómica y los cambios en la estructura territorial, por un lado, y las redes de transporte público y privado por otro.
- La existencia en cada periodo de una coherencia entre diversas estructuras examinadas. Una lógica que implica lo que se ha denominado como "congruencia", es decir, un equilibrio dinámico, precario e inestable entre los elementos considerados. En este sentido, hay que tener en consideración que una estructura coherente no es necesariamente una organización estable, puesto que las tensiones, los conflictos y las transformaciones también forman parte de ella.

En este marco teórico es necesario tratar la relación entre transportes y territorio de una forma compleja e interactiva, incidiendo en las conexiones entre ambos. Por ello, se propone que los transportes se analicen dentro del marco socioeconómico, por ser la sociedad moderna la que los utiliza y los convierte en eficaces o ineficaces según sus prioridades y conflictos (Miralles, 2009). El transporte constituye un importante instrumento de cohesión social e integración territorial, al actuar como catalizador en la unificación de espacios (Vickerman, 1992), o reflejando los desequilibrios existentes entre los sistemas urbanos y rurales (Givoni, 2006).

Por tanto, los sistemas de transporte deberían responder a los objetivos de una política que fuera eficiente con la demanda social (Tsamboulas y Dimitropoulos, 1999) y sobre todo, con la reducción de las disparidades económicas o las diferencias de bienestar social entre regiones (Heij et al., 1997). Esto evitaría desequilibrios territoriales producidos por el libre movimiento de personas y bienes, y favorecería el desarrollo de un sistema transporte coherente e integrado, usando la mejor tecnología disponible y estableciendo patrones de sostenibilidad y seguridad en los movimientos (CEE, 1999). Por todo ello, la UE ha revitalizado el sector del ferrocarril y ha convertido al TAV en una pieza clave en la conexión nacional y europea, creando corredores caracterizados por la velocidad que alcanzan y por el número potencial de pasajeros que podrían beneficiarse de su servicio. No obstante, las grandes inversiones realizadas en este modo ferroviario, carecen de un enfoque común a la hora de medir los efectos en la cohesión social, porque no consideran en los análisis y planificación de los sistemas la accesibilidad al servicio.

2.4. ACCESIBILIDAD

El concepto de accesibilidad nació en 1950, es de una gran utilidad en diferentes campos como la planificación del transporte o la organización territorial urbana y regional, y ha ido tomando una gran variedad de significados a lo largo de los años (Geurs et al., 2012).

Resulta complicado llegar a una definición de accesibilidad que abarque todas las concepciones de los distintos autores, pues la mayoría de ellos utilizan este concepto sin detenerse en su definición, debido a que su interés se centra en el modo de aplicarla y en los resultados que puedan obtenerse de la misma (Monzón, 1988). En palabras de Pirie (1979) *es posible que todo el mundo entienda la misma cosa por accesibilidad y simplemente considere que puede ser medida de varias formas, o que deba ser medida de varias formas dadas las particularidades o limitaciones del problema*. Por ello resulta prácticamente imposible formular una definición que abarque todos los enfoques. Este problema ha sido señalado por muchos autores, que como Gould (1969), han pretendido dar una base conceptual a esta noción: "… *la accesibilidad […] es una noción escurridiza [….] uno de esos términos comunes que todo el mundo utiliza hasta que se encuentra con el problema de su definición y medida*".

Asimismo, la accesibilidad se analiza a menudo de forma conjunta con la movilidad, e incluso el concepto de accesibilidad ha sido desarrollado y modelado en paralelo con el de movilidad, a través de indicadores cuantitativos. Sin embargo, la movilidad analiza el sistema de transporte mientras que la accesibilidad tiene en cuenta además el uso del suelo. Esta última afirmación tiene su justificación en que las medidas de accesibilidad son capaces de evaluar los efectos de interacción entre la infraestructura de transporte y la repartición modal, por una parte, y la forma urbana y distribución espacial de las actividades por otra (Curtis y Scheurer, 2010).

Algunas medidas de accesibilidad incluyen también factores determinantes del comportamiento de los patrones de actividad en el espacio y el tiempo, y las respuestas de los usuarios del transporte a las condiciones físicas. Litman (2003) señala que la planificación del tráfico y la movilidad tradicionalmente se han ocupado del movimiento de los vehículos de motor (tráfico), o las personas y bienes en general (movilidad), mientras que la accesibilidad ha abordado explícitamente la relación usos del suelo-transporte.

La accesibilidad ha servido también para introducir una reorientación en los planes de transporte, integrándose en la planificación de los usos del suelo: el punto central ha dejado de ser la eliminación de la congestión del tráfico a proporcionar una mejor accesibilidad (Morris et al., 1979). Por tanto, el objetivo ha perdido su planteamiento negativo (evitar el problema de la congestión) y ha pasado a plantearse en términos positivos para el usuario: permitirle desarrollar con más libertad su capacidad de elección de destinos (Monzón, 1988).

A este respecto, Bhat et al. (1999) citan a Hansen (1959) como el primer trabajo académico significativo en este tema *mientras que la movilidad tiene que ver con el rendimiento de los sistemas de transporte, la accesibilidad suma la interacción de los mismos y los patrones de uso del suelo como una capacidad adicional de análisis*. Como consecuencia, si el indicador incluye sólo parámetros relacionados con el sistema de transporte, este debe ser considerado un indicador de movilidad. Por el contrario, la suma de variables que tengan en cuenta el uso del suelo determina que ésta sea una medida de accesibilidad.

Así pues, el concepto de accesibilidad ha sido muy complicado de definir y ha tenido varias acepciones: 1) los primeros estudios consideraban únicamente la distancia espacial entre dos puntos con el resto del área de estudio, 2) posteriormente como el beneficio neto que un grupo de personas obtiene por estar ubicados en una determinada localización y poder utilizar un sistema de transporte concreto y 3) finalmente, el concepto de distancia social en vez de distancia física (Monzón, 1988; Gutiérrez et al. 2010).

De este modo, los primeros indicadores de accesibilidad se determinaron como una medida de la separación de actividades o asentamientos humanos que se conectan mediante el sistema de transportes (Sherman et al., 1974). Dentro de esta definición general cabe señalar, la cita realizada por Monzón (1988) siguiendo a Ingram (1971): por un lado, la accesibilidad implica la medida de la separación o proximidad entre dos o más puntos; por otro indica cómo el sistema de transporte permite salvar la distancia entre esos puntos, con un coste o en un tiempo determinado.

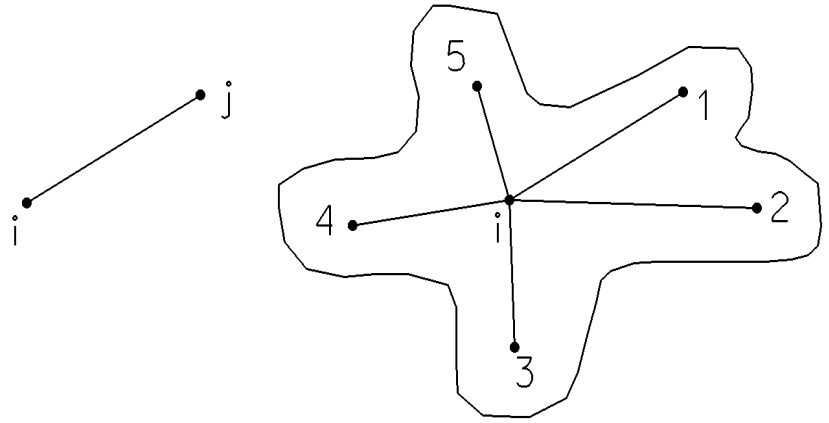
Ingram (1971) distingue dos clases de accesibilidad puntual: la relativa y la integral o absoluta (Figura 7). La accesibilidad relativa es el grado de conexión que tienen dos lugares situados en un mismo territorio. Destacar que la accesibilidad relativa entre dos puntos no tiene porqué ser igual en los dos sentidos, ya que la distancia puede no ser simétrica (Monzón, 1988). Ejemplos de esto lo tenemos en todas las ciudades, en las cuales las calles de dirección única hacen que los recorridos que conectan dos puntos sean diferentes en uno y otro sentido. Por otro lado, la accesibilidad integral o absoluta es el grado de interconexión que tiene un punto con todos los demás que están en el mismo recorrido. La fórmula operativa de la accesibilidad integral dependerá del tipo de

accesibilidad relativa que utilicemos (Monzón, 1988). En términos generales podemos expresar su relación del siguiente modo (Ingram, 1971):

$$A_i = \sum_{i}^{j} a_{ij} \tag{1}$$

Donde $A_i$es la accesibilidad integral de un punto i y a_{ij} es la accesibilidad relativa entre un origen i y un destino j.

Figura 7: Accesibilidad relativa y absoluta e integral. Fuente: Autor basado en Monzón, 1988



De este modo, la accesibilidad absoluta mide el grado de interconexión de una determinada localización con el resto de ubicaciones de la región estudiada, pudiéndose comparar con otras zonas (Gutiérrez et al., 2010). Posteriormente, surgió el concepto de accesibilidad global como la suma de la accesibilidad absoluta entre todos los puntos objeto de estudio (Black et al., 1982).

$$A = \sum_{i}^{j} A_{ij} \tag{2}$$

No obstante, los resultados obtenidos de la accesibilidad global de una zona no pueden relacionarse con otras, pues depende del número de puntos considerados en cada una de las zonas, de su posición relativa y de las variables que intervienen (Monzón, 1988).

Knox (1978) sostiene que el propósito de desarrollar medidas de accesibilidad no es determinar ésta en los distintos puntos del territorio, sino en la accesibilidad que necesita una persona para realizar cierto tipo de actividades en otra región. Pirie (1979) argumenta que estas medidas determinarán cuáles serán los niveles de accesibilidad adecuados para que los ciudadanos residentes en ciertas ubicaciones puedan desarrollar actividades en otras. De este modo, Wachs y Kumagai (1973) relacionan las desigualdades sociales con desiguales niveles de accesibilidad, pues los habitantes de asentamientos urbanos con mayor accesibilidad a otros territorios, dispondrán también de mayores oportunidades (laborales, ocio, etc.) y de este modo, tendrán mayores oportunidades de desarrollo socioeconómico. Como consecuencia, proponen medir la accesibilidad producida por la variación y mejora en los sistemas de transporte en los patrones de uso del suelo, para identificar la desigualdad social. Savigear (1967) desarrolla una medida inversa de la accesibilidad: la “inaccesibilidad”.

$$I_i = \frac{\sum_i^j C_{ij} T_{ij}}{\sum_i^j T_{ij}} \quad (3)$$

Donde:

- I_i es la inaccesibilidad de la zona.
- C_{ij} es el coste del viaje desde el origen i, hasta el destino j.
- T_{ij} es el número de viajes desde el origen i, hasta el destino j.

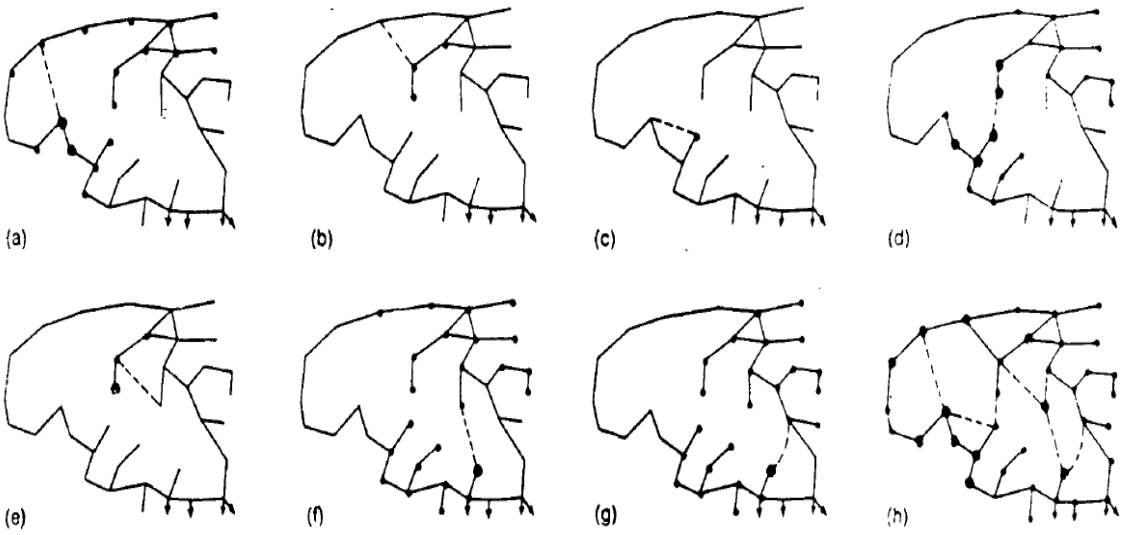
Davidson (1977) desarrolla una medida normalizada mediante un estándar mínimo deseado de accesibilidad para identificar áreas por debajo de este. Dichas áreas las identifica como zonas aisladas, pues sus habitantes no podrán acceder a otras, ni ser accesibles desde las demás. Denomina a esta medida "aislamiento".

Siguiendo estos postulados, Breheny (1978) desagrega la accesibilidad en tres componentes: beneficios obtenidos del final al viaje, coste para alcanzar dicho beneficio y ganancia individual obtenida. Así, mediante información agregada se puede obtener el primer componente, y el análisis de las redes de transporte determinar el segundo. Como consecuencia, se puede obtener el tercero que determina el grado de oportunidades disponibles para el desarrollo socioeconómico en cada uno de los territorios.

2.4.1. Características fundamentales de una medida de accesibilidad

La accesibilidad puede utilizarse para predecir los cambios que las variables socioeconómicas inducen en los sistemas de transporte. Como consecuencia, la actuación en infraestructuras de transporte debe favorecer al mayor número de usuarios posibles y mejorar el equilibrio entre ellos. A este respecto, Monzón (1988) citó a Haggett (1972), quién consideró una red de carreteras (grafo) en Ontario, donde señala las poblaciones (nodos) que resultan beneficiadas con la construcción de siete posibles nuevas carreteras: casos (a) y (g). Claramente hay unas alternativas más beneficiosas que otras. En el esquema (h) apunta que la situación óptima sería poder construir todas a la vez, lo cual será económicamente inviable (Figura 8).

Figura 8: Impacto de inversiones alternativas en carreteras. Fuente: Hagget, 1972 citado por Monzón, 1988



Cualquier mejora en el sistema de transportes no es independiente del resto de la red y de las zonas que comunica. Por ello resulta necesaria una planificación conjunta transporte-usos del suelo con el objeto de evitar efectos negativos y optimizar las inversiones (Monzón, 1988). Según Hansen (1959) *hay que explorar las relaciones entre los usos del suelo y el tráfico de las carreteras para coordinar el desarrollo urbano y la planificación de nuevas infraestructuras*. Este enfoque de Hansen es común a otros muchos autores (Zakaría, 1974; Morris et al., 1979; Monzón, 1988; Handy y Niemier, 1997).

Varios investigadores (Weibulla, 1976; Morris et al., 1979; Pirie, 1979) determinan que las medidas de la accesibilidad deben cumplir una serie de requisitos básicos, a saber: el orden de oportunidades no debe afectar al valor de la medida; la medida no debe aumentar con el incremento de las distancias o disminuir con el aumento del atractivo de la zona de destino; y las oportunidades con valor cero no deben contribuir a la medida (Weibull, 1976; Koening, 1980; Miller, 1999).

El primer criterio describe una medida independiente del orden de los datos. La segunda describe un supuesto comportamiento de la medida de la accesibilidad relacionada con el atractivo de los destinos y la inutilidad del viaje. El tercer criterio se centra en el área de relevancia y la codificación adecuada de la atracción de los puntos de interés (Bhat et al. 1999).

Morris et al. (1979) propone otros criterios relacionados con los parámetros y el cálculo de una medida de accesibilidad: 1) una medida debería tener un comportamiento básico, 2) debería ser flexible técnicamente y 3) fácil de interpretar.

De este modo, el primer criterio sugiere la necesidad de incorporar factores socio demográficos que pueden influir en la participación de la actividad. Sin embargo, los investigadores no necesariamente están de acuerdo sobre lo que debe ser la base del comportamiento y por lo tanto, cuales son los factores socio demográficos que influyen en la participación de una determinada actividad por parte de los ciudadanos. Por ejemplo, varios investigadores (Pirie, 1979; Breheny, 1978; Handy y Niemier, 1997; McKenzie, 1900) sostienen que la conducta observada no es necesariamente un indicador del comportamiento preferido. El segundo criterio determina como se calculan las medidas actuales de accesibilidad. Por último, es necesaria una medida fácil de interpretar para que ésta sea útil para quienes toman las decisiones y para la implicación pública de la ciudadanía.

Respecto a la elección modal del transporte por parte del viajero, Davidson (1977) afirma que la accesibilidad debería incrementarse si se añade un nuevo modo de transporte, pues la aparición de un nuevo modo de transporte no sólo supone una nueva elección modal de viaje, sino un impacto en la accesibilidad del conjunto del territorio. Como consecuencia, Voges y Naudé (1983) postulan que la desagregación de los datos según el modo de transporte utilizado por los usuarios y la desagregación de los datos en general, supone un indicador de calidad de la medida de la accesibilidad. De este modo, la medida de accesibilidad tendrá más calidad cuanto mayor sea la disgregación de los datos, al permitir la evaluación conjunta de la accesibilidad en diferentes dimensiones.

Wilson (1971) determina que antes de que una medida sea aplicada debe responder varias cuestiones: 1) ¿cuál es el grado y el tipo de desagregación deseada? 2) ¿cómo serán definidos los orígenes y los destinos? 3) ¿Cómo es medida la atracción de los destinos? 4) ¿cómo va a ser medida la impedancia?

El último punto es el más importante para la caracterización de la medida, pues una medida de distancia no tiene en cuenta el nivel de servicio ofrecido en los destinos y una medida de tiempo es dependiente de los factores puntuales asociados a cada viaje. Savigear (1967) sugiere que la disponibilidad de aparcamiento para estacionar el

vehículo debería ser considerado cuando se intenta determinar la accesibilidad a determinados lugares, particularmente los centros de las ciudades que son considerados centros de negocios (CBD).

Como consecuencia de todo ello, no hay un criterio único ni específico para determinar la accesibilidad de una localización, el nivel de desagregación a utilizar y los parámetros que hay que considerar en cada caso para medir dicha variable. Además, no hay un consenso en la forma de medir la accesibilidad (Bhat et al. 1999). Wilson (1971) afirma que los factores que influyen en la impedancia personal de los individuos, deben reflejar las percepciones de estos. Del mismo modo, Davidson y Davidson (1995) argumenta que el uso de las distancias percibidas por los individuos, es la forma más precisa de medir la accesibilidad. Sin embargo, la construcción de medidas de accesibilidad percibida requiere de datos subjetivos y la aplicación de tales medidas son más difíciles de ejecutar que el uso de parámetros objetivos en las restantes medidas de accesibilidad (Bhat et al. 1999).

No obstante, existen diversas aproximaciones para poder medir la accesibilidad. Entre todas ellas destaca la realizada por Geurs y Van Eck (2001). Basándose en que la accesibilidad juega un papel fundamental dentro del sistema de transporte, el uso del suelo y sus implicaciones económicas y sociales; afirman que para poder medir la accesibilidad, es necesario comprender cómo se comportan estos tres componentes junto con el factor temporal que determina cuando los individuos pueden realizar ciertas actividades en determinados lugares. Así, los cuatro componentes son: el transporte, los usos del suelo, el tiempo o momento y las características de los individuos.

El componente transporte

El componente transporte refleja el tiempo de viaje, coste y esfuerzo al viajar entre un origen y un destino. Este componente depende de la distancia, tiempo, coste y esfuerzo de viaje entre origen y destino, junto con la percepción y evaluación de la impedancia origen-destino (por ejemplo, el atractivo de un destino). Como consecuencia, todos los indicadores de accesibilidad encontrados en la literatura incorporan de algún modo los elementos del componente transporte.

Generalmente, el componente transporte se basa en tres elementos: 1) la oferta de infraestructura, su localización y características (por ejemplo: máxima velocidad, número de carriles, horarios de los transportes públicos, costes), 2) la demanda de viaje de pasajeros y mercancías, 3) las características de uso de la infraestructura resultante. Por tanto, se analiza la relación entre la oferta de infraestructuras y el nivel de demanda de las mismas, según la distribución espacial del tráfico rodado, el tiempo de viaje, los costes y el esfuerzo necesario para alcanzar un determinado destino.

La facilidad con la que se puede viajar en líneas generales se suele valorar en función de múltiples elementos, los cuales se agrupan en tres categorías: el tiempo, los gastos y el esfuerzo necesario para realizar el viaje. En este sentido, la Tabla 3 muestra una visión general de los elementos del transporte que influyen en la determinación de la accesibilidad, según Hilbers y Verroen (1993).

Tabla 3: Elemento del modo de transporte que influye en la accesibilidad. Fuente: Hilbers y Verroen, 1993

	Modos de transporte		
Elementos	**Coche**	**Transporte público**	**Bicicleta/caminando**
Tiempo	Caminar hasta plaza estacionamiento Dentro del vehículo Congestión del tráfico Encontrar estacionamiento	Espera no esperada Trayecto al acceso del modo Espera en la estación Dentro del vehículo Transbordo	Viaje Estacionamiento de bicicleta
Costes	Fijos Combustible Mantenimiento Estacionamiento Peajes	Billete	Fijos Mantenimiento
Esfuerzo	Nivel de confort Esfuerzo físico Fiabilidad Stress Riesgos de accidente Información Status	Nivel de confort Esfuerzo físico Fiabilidad Stress Riesgos de accidente Seguridad social Información Status	Nivel de confort Esfuerzo físico Seguridad social

El componente espacial (usos del suelo)

El componente uso del suelo, muestra la distribución espacial de las actividades suministradas en los destinos (por ejemplo, trabajos, escuelas, tiendas de compras) y la demanda para esas actividades (por ejemplo, trabajadores, alumnos, habitantes). Éste se compone de:

a) El número y distribución espacial de destinos y sus características (por ejemplo, la localización de oficinas, colegios y sus atractivos, capacidades, etc.).
b) La distribución espacial de la demanda para actividades y sus características (por ejemplo, localización de viviendas y sus habitantes).

La confrontación entre “demanda” y “suministro”, o en otras palabras, los efectos de la competitividad, puede ocurrir tanto en las oportunidades suministradas (por ejemplo competencia entre puestos de trabajo y trabajadores) y en la demanda de esas oportunidades (por ejemplo competencia entre los empleadores sobre los trabajadores).

El componente temporal

El componente temporal de la accesibilidad manifiesta las restricciones de tiempo de los individuos y la disponibilidad de actividades en diferentes momentos del día, semana, temporada, año, etc. Por tanto, parece lógico implementarla junto a la variable de uso del suelo, ambas consideradas independientes, ya que los individuos sólo pueden estar en una localización dada en un momento concreto (Hägerstrand, 1970; Chapmin, 1974; Burns, 1979; Kitamura y Kermanshah, 1984).

El componente individual

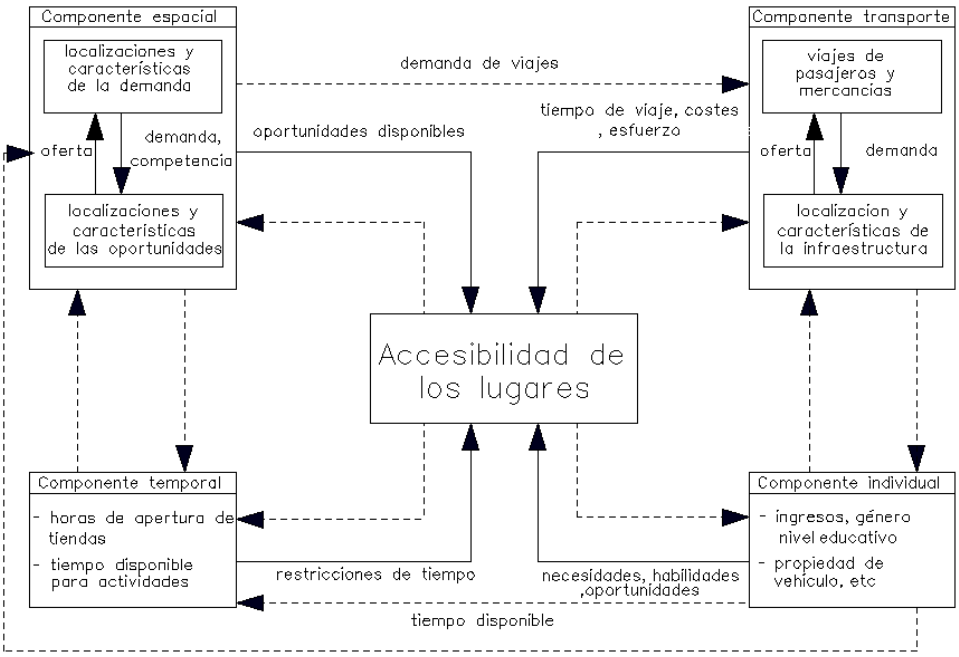
La componente individual expresa las necesidades, habilidades y oportunidades de los individuos. Las características del individuo juegan un papel importante en el cálculo de la accesibilidad y determinan el nivel de acceso a las oportunidades sociales y económicas. Los estudios psicológicos relacionados con la movilidad de pasajeros (Vlek

y Steg, 1996), agrupan estos factores en tres: las necesidades, las capacidades y las oportunidades.

a) **Las necesidades** de las personas que tienen de realizar un viaje y acceder a diferentes oportunidades dependen de ciertas características como, edad, ingresos, nivel educativo, fase de la vida y situación del hogar. Por ejemplo, los hogares con hijos tendrán la necesidad de acceder a los colegios.
b) **Las capacidades** de las personas están relacionadas con el nivel de capacidad física, es decir, cognitiva, sensorial e intelectual y a las necesidades de capacitación específica para poder acceder a un modo de transporte. A este respecto, las personas sin carnet de conducir deberán utilizar el transporte público. Como consecuencia, serán cautivas del nivel de servicio ofrecido por el mismo para alcanzar en algunos casos oportunidades fundamentales para su desarrollo socioeconómico. Por ejemplo, el nivel de servicio ofrecido por un autobús urbano determina la posibilidad de los usuarios de acceder a diferentes puestos de trabajo en la ciudad.
c) **Las oportunidades** de las personas están relacionadas con el nivel de ingresos y el dinero que estas deben dedicar a viajar para poder alcanzar el destino y realizar la actividad que desean.

Además, los cuatro factores anteriores están interrelacionados los unos con los otros. Por tanto, son interdependientes. La Figura 9 muestra a continuación cómo la accesibilidad de una localización es el resultado de las cuatro componentes: el componente del uso del suelo que influye mediante la determinación de la disponibilidad de las actividades; el componente transporte que afecta a la accesibilidad según el tiempo de viaje, los costes y el esfuerzo necesarios; el componente individual (habilidades y oportunidades); y el componente temporal, por las restricciones de tiempo para realizar las actividades.

Figura 9: Relaciones entre componentes de la accesibilidad. Fuente: Geurs y Van Eck, 2001



La accesibilidad influye en la decisión de los habitantes del territorio a residir en ciertas zonas y en las empresas para establecerse en determinadas regiones. Por tanto, influye en el componente y en el uso del suelo mediante la distribución de actividades. Asimismo, la accesibilidad también introduce restricciones temporales para la realización de ciertas actividades por parte de determinados individuos en determinados lugares. Por todo ello, la accesibilidad interviene en el componente temporal y en el componente individual como factor clave para el desempeño de actividades.

2.4.2. Perspectivas deterministas y medidas de la accesibilidad

La medida de la accesibilidad permite evaluar los efectos de la interacción producida entre las infraestructuras de transporte y la distribución espacial de actividades. La accesibilidad es un concepto multifacético, no fácilmente encasillado dentro de un indicador que se ajuste a todos los contextos. En palabras de Litman (2003), "no hay una única manera de medir el rendimiento del transporte que sea a la vez conveniente y comprensiva".

Desde esta perspectiva, han surgido numerosos enfoques que tratan de cuantificar la accesibilidad (como los desarrollados en la planificación de los sistemas de transporte). Monzón (1988) y López (2007) indican que cualquier actuación en los sistemas de transporte deberían ser analizadas mediante herramientas que midan la accesibilidad para considerar: primero las zonas de mayor déficit viario y con menos posibilidades de movilidad; segundo alcanzar una mejora global con las infraestructuras que tiendan a equilibrar zonas y homogeneizar la accesibilidad de los residentes; y tercero evaluar el impacto y las consecuencias de cada una de estas alternativas. Monzón (1988) establece cinco perspectivas básicas para poder medir la accesibilidad:

1. **Medidas topológicas** que son las más elementales basadas en la teoría de grafos. Estas medidas simplifican la red y la representan mediante una malla. Cada uno de los tramos de la malla une dos nodos, y está caracterizada por un escalar ya sea el tiempo, distancia o coste.
2. **Medidas del viaje** que se centran en la consideración del itinerario y el número de veces que éste se recorre. Savigear (1967) estudia la realidad observada dando una medida de inaccesibilidad. Otros miden el número de viajes esperados, como Zakaría (1974), quién considera la probabilidad de que se realice un viaje entre dos zonas.
3. **Medidas agregadas** son aquellas que se basan en la relación entre el transporte y los usos del suelo. Han sido las más utilizadas desde hace dos décadas y pueden aplicarse a muy diversos tipos de estudios.
4. **Medidas desagregadas**, por el contrario, consideran el movimiento de cada elemento individual (persona, vehículo, etc.) por la red. No consideran el resto de la población, ni los nodos del sistema. La característica fundamental de esos elementos individuales es su posición.
5. **Medidas basadas en el transporte público** son un caso particular de las anteriores, pero tienen especial importancia, dado que son precisamente los segmentos con menor nivel económico los que tienen una mayor dependencia de él. Se puede decir que hay una parte de la población que se halla "cautiva" del transporte público. Por ello, y para intentar equilibrar la libertad de acceso de esas personas a los bienes y servicios que demandan, es preciso hacer estudios de detalle, llamados de microaccesibilidad.

Bhat et al. (2000), Baradaran y Ramjerdi (2001) identifican varios tipos comunes de medidas de accesibilidad y debaten sobre el rango adecuado y limitaciones de su aplicación. En el caso de Bhat et al. (2000), determinan cuatro orientaciones para medir la accesibilidad:

1. **Medidas de separación espacial** como la medida más simple. Pues se basa en la distancia de separación entre dos lugares y no considera el nivel de atracción de cada uno de ellos. La forma más general de determinar este tipo de medidas es mediante el tiempo de trayecto para ir desde el lugar de origen al destino.
2. **Medidas de oportunidades acumuladas** surgen para tener en cuenta la distancia de separación entre el origen y el destino, considerando el objetivo del viaje. Esta medida define un umbral máximo de tiempo o distancia de viaje como útil, para que el viajero tenga la oportunidad de desarrollar un número potencial de actividades dentro de la zona que puede alcanzar en ese umbral.
3. **Medidas de gravedad**, que fueron creadas en 1956 por Carrothers y que analizan un modelo gravitatorio de interacción mediante la matemática física para

determinar las relaciones entre ciudades. Este autor específicamente indica que analizó la "posibilidad de interacción" relacionando la fuerza de atracción entre las ciudades y la fricción del espacio para desplazarse entre las mismas. Por tanto, las medidas de gravedad incluyen un factor de atracción, así como un factor de separación. Mientras que las medidas de oportunidades acumulativas usan una medida discreta del tiempo o del espacio sin tener en cuenta la atracción. Asimismo, las medidas de gravedad utilizan una medida de la accesibilidad continua en el espacio. De modo que esta accesibilidad disminuye al aumentar el tiempo o la distancia desde el origen para alcanzar el destino.

4. **Medidas de utilidad** basadas en la percepción individual de la accesibilidad para los diferentes modos de viaje. Por tanto, el valor de la accesibilidad esperado por el individuo depende de la utilidad que este cree va a conseguir cuando alcance su destino mediante uno varios modos de transporte.

5. **Medidas espacio-tiempo** añaden otra dimensión al marco conceptual de la accesibilidad correspondiente a las limitaciones de tiempo bajo consideración por los individuos. El trabajo más antiguo en esta área fue realizado en Suecia por Hägerstrand (1970). Este investigador utilizó tres dimensiones, el espacio, el tiempo disponible y la posibilidad de un individuo de participar en cierto tipo de actividades. Pues algunas actividades solamente pueden realizarse durante periodos limitados de tiempo.

Por otra parte, Baradaran y Ramjerdi (2001) establecen cinco grandes enfoques teóricos para la medición de la accesibilidad:

1. **Medidas de coste de viaje** que miden la facilidad con que cualquier actividad de uso del suelo se puede alcanzar desde una ubicación mediante un sistema de transporte (Burns y Golob, 1976). Estas medidas se han utilizado para indicar el rendimiento de la infraestructura de transporte (Breheney, 1978; Guy, 1983).

2. **Medidas de gravedad o de oportunidades**, está basada en las oportunidades disponibles para los viajeros. Un gran número de indicadores de accesibilidad se encuentran dentro de esta clasificación. El potencial de oportunidades o las medidas de gravedad sin duda es la técnica más utilizada dentro de este tipo de medidas (Dalvi y Martin, 1976; Lineker y Spence, 1991; Geertman y Ritsema, 1995; Bruinsma y Rietveld, 1998; Brunton y Richardson, 1998; Kwan, 1998; y Levinson, 1998). El primer intento de este tipo de medidas fue realizado por Hansen (1959) quién afirmó que la accesibilidad es el "potencial de oportunidades de interacción".

3. **Medidas basadas en las restricciones** surgen por la debilidad de las anteriores medidas para abordar las limitaciones de tiempo que tienen que enfrentar las personas. Este tipo de medidas orientadas a las restricciones fue desarrollado por Hägerstraand (1970) dentro del marco espacio-tiempo y se basa en el hecho de que la accesibilidad del individuo tiene tanto dimensiones espaciales como temporales. Pues las oportunidades o potencial de oportunidades para una persona no se ven solamente limitadas por la distancia, sino también por las limitaciones de tiempo de las personas.

4. **Medidas de utilidad** basadas nacen como el intento de incluir las características de comportamientos individuales en los modelos de accesibilidad. Los indicadores basados en la utilidad tienen sus raíces en la modelización de la demanda de viajes. Ben-Akiva y Lerman (1979, p.654) afirman que "la accesibilidad depende, lógicamente, del grupo de alternativas que están siendo evaluadas por el viajero que está midiendo la accesibilidad". En este sentido, la carencia de indicadores basados en la gravedad se hace evidente, ya que todos los individuos dentro de la misma zona experimentan la misma cantidad de accesibilidad, independientemente de las diferencias entre su utilidad percibida para cada una de las alternativas.

5. **Medidas compuestas** analizan la posibilidad del viajero en los servicios públicos de realizar un determinado número de viajes. Estas medidas surgen por el inconveniente debatido por algunos autores, entre ellos Miller (1999) sobre las

desventajas de combinar el análisis del espacio tiempo y los modelos de utilidad. El trabajo de Miller tiene (1979) un enfoque axiomático al de Weibull (1976) como punto de partida. Miller llamó a estos modelos, medidas de accesibilidad del espacio-tiempo, que se basan en la suposición de una velocidad de desplazamiento uniforme.

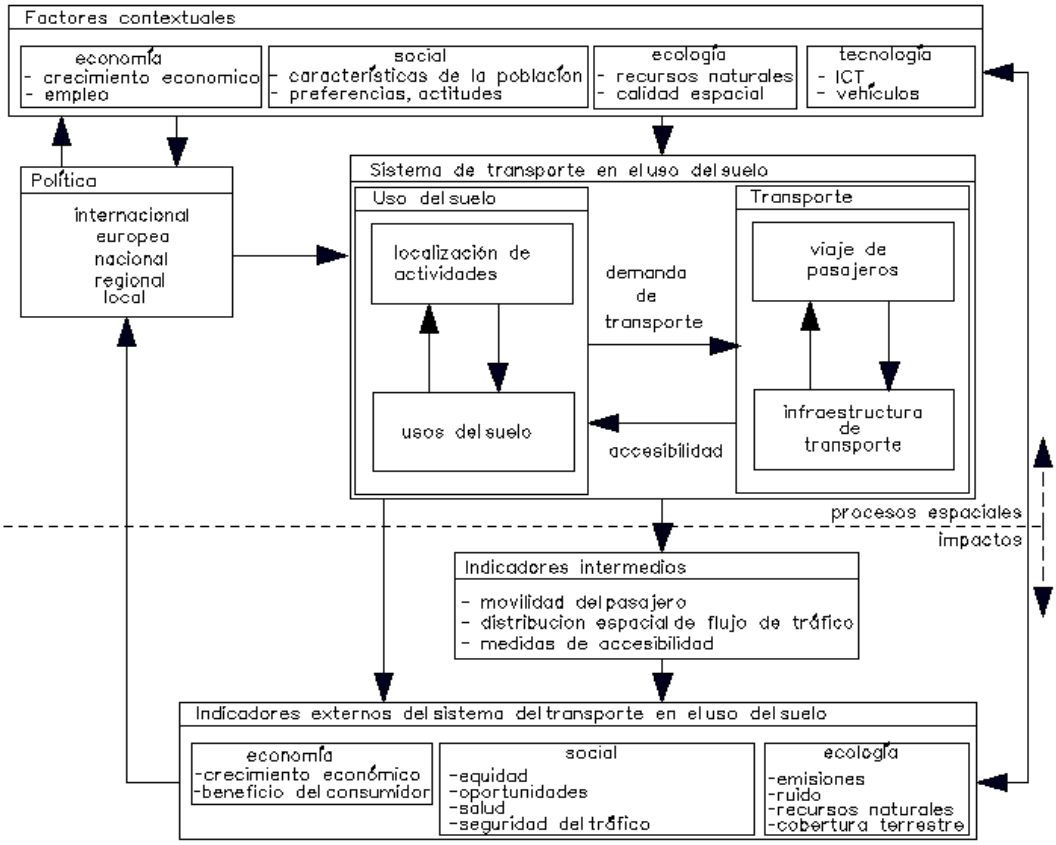
Después, Geurs y Van Eck (2001) determinan que la accesibilidad para el objetivo de sus trabajos estaba dirigida a desarrollar y aplicar medidas de accesibilidad, como un indicador para medir las consecuencias sociales y económicas de las diferentes alternativas de los sistemas de transportes en el uso del suelo. De esta forma, relacionan la accesibilidad de los individuos residentes en una determinada localización como la oportunidad de participar en las actividades de las restantes localizaciones. Como consecuencia, afirman que "la accesibilidad es el grado en el cual el sistema de transporte utiliza el suelo para permitir a las personas o grupos de personas o bienes, llegar a las actividades o destinos por medio de un modo o combinación de varios modos de transporte".

A este respecto, Geurs y Van Eck (2001) determinan que existen tres enfoques fundamentales para poder medir la accesibilidad:

1. Medidas de accesibilidad basadas en infraestructuras fundamentadas en la observación o simulación de la representación del sistema de transporte. Este tipo de medida es usada en el transporte y planificación de infraestructuras. Las medidas más comunes son "nivel de congestión" y "velocidad de viaje".
2. Medidas de accesibilidad basadas en la actividad fundamentadas en la distribución de actividades en el espacio y el tiempo.
3. Medidas de accesibilidad basadas en la utilidad fundamentada en los beneficios que obtienen las personas al acceder a actividades distribuidas espacialmente. Este tipo de medida tiene su origen en los estudios económicos.

Y desarrollan el siguiente modelo conceptual.

Figura 10: Modelo conceptual del funcionamiento y evaluación del sistema de transporte en el uso el suelo. Fuente: Autor adaptado de Geurs y Van Eck ,2001



La parte central del modelo está formada por el sistema de transporte en el uso del suelo, es decir, el sistema relaciona el uso del suelo y el sistema de transportes (Wegener y Fürst, 1999). El sistema de transporte en el uso del suelo comprende:

a) la distribución espacial de los usos del suelo (por ejemplo, la localización de las casas, empresas, escuelas, tiendas y las características del uso de la tierra, tales como la densidad, diversidad y diseño.

b) la localización de las actividades humanas (por ejemplo, vivir, trabajar, ir de compras, la educación o el ocio).

c) la interacción de dos vías entre los usos del suelo y actividades: la distribución espacial de las actividades co-determina la necesidad para los usos del suelo, el uso del suelo co-determina la localización de las actividades.

Asimismo, el sistema de transporte engloba:

a) La demanda de viajes, es decir, el volumen y las características de los viajes y el movimiento de bienes

b) El suministro de la infraestructura, es decir, las características físicas de la infraestructura (por ejemplo, la capacidad vial, límites de velocidad), las características de uso de la infraestructura (por ejemplo, la distribución de los niveles de tráfico más tiempo, el calendario de los transportes públicos), y el costo y los precios de los vehículos de infraestructura y de los combustibles,

c) La interacción de dos vías entre la demanda y la oferta de viajes en la infraestructura: el suministro de infraestructura determina la demanda de viajes (a través del tiempo, coste y / o otros aspectos) y la demanda de viajes determina el nivel de servicio supeditado a la infraestructura.

Además, el uso del suelo y el sistema de transportes interactúan en una doble dirección:

a) La distribución espacial de las actividades co-determina la necesidad de viajar y el movimiento de bienes en el sistema de transporte para superar la distancia entre las localizaciones de las actividades

b) La accesibilidad de las localizaciones co-determina las decisiones de localización de los hogares y las empresas y los resultados en los cambios del sistema de uso de la tierra.

Por otro lado, los factores contextuales que co-determinan el funcionamiento y los impactos producidos por el uso del suelo de los sistemas de transporte, pueden ser descritos por:

a) Las características de la economía, por ejemplo, el crecimiento del nivel económico,

b) Las características socio-demográficas y socio-culturales de la población, ejemplo la edad y la distribución del crecimiento de la población, incluyendo necesidades (viaje), preferencias y actitudes de la población,

c) Las características de la ecología/medio ambiente, ejemplo la cantidad de recursos naturales como fósiles, la calidad ecológica/medio ambiental de un área

d) El nivel de desarrollo tecnológico, ejemplo tecnología de información y comunicación, tecnología del vehículo. Además, el desarrollo político (ejemplo inversiones en infraestructuras de transporte, tasas de combustibles, políticas de localización) influye en el sistema de transporte en el uso del suelo directamente e indirectamente (vía los factores de contexto).

La suma del sistema de transportes en el uso del suelo, los factores contextuales y los políticos pueden ser descritos como procesos espaciales. De este modo, los indicadores

para la evaluación de esos impactos pueden ser divididos en dos grupos: indicadores dentro del sistema de transporte de usos del suelo, descritos como impactos intermedios, e indicadores fuera del sistema de transporte de usos del suelo.

Los indicadores en el sistema de transporte de usos del suelo comprenden los indicadores de movilidad (ejemplo número de pasajeros por kilómetros por modalidad), la distribución espacial del tráfico, y las medidas de accesibilidad, ejemplo medidas de accesibilidad basadas en infraestructura, actividad y utilidad.

Los indicadores fuera del sistema de transporte de usos del suelo pueden ser agrupados dentro de tres categorías de medición:

1. Impactos económicos, ejemplo la accesibilidad de un área influye en las actividades económicas de esa área.
2. Impactos sociales, ejemplo el sistema de transporte de usos del suelo puede co-determinar (a) aspectos de equidad, ejemplo la distribución de costes, beneficios y oportunidades entre grupos de gente o regiones, (b) oportunidades para la gente, ejemplo el nivel de accesibilidad influye en el número de oportunidades sociales y económicas de la gente como una ventaja de, (c) salud y seguridad en el tráfico, la distribución espacial influye en la exposición de las personas a las emisiones y ruido del tráfico, y (d) otro factor social como la cohesión social en una comunidad o identidad cultural.
3. Impactos ecológicos, ejemplo el sistema de transporte de usos del suelo tiene impacto sobre un número de recursos naturales, el desarrollo global (ejemplo emisión de gases invernadero) y el desarrollo regional/local (ejemplo ruido y emisión de impactos sobre los ecosistemas).

A partir del modelo conceptual Geurs y Van Eck (2001) se desarrollaron gran cantidad de indicadores de accesibilidad basadas en las medidas de accesibilidad. Sin embargo, pronto surgió una corriente crítica de opiniones basadas en distintos autores (Geurs y Van Wee, 2004; Bertolini et al., 2005, Curtis y Scheurer; 2012) que establecían como debían ser el uso de los indicadores.

A este respecto, Geurs y Van Wee (2004) realizaron una lista de recomendaciones de cómo cada medida de accesibilidad debía ser utilizada:

1. La accesibilidad debe relacionarse con los cambios en las oportunidades de transporte, su calidad y su impedimento: “Si el nivel de servicio (tiempo de viaje, coste, esfuerzo) de cualquier modo de transporte en un área incrementa (desciende), la accesibilidad debería aumentar (descender) para cualquier actividad en esa área, o desde cualquier punto dentro de esta área”.
2. La accesibilidad debe relacionarse con los cambios en el uso del suelo: “si el número de oportunidades para una actividad aumenta (desciende) en cualquier lugar, la accesibilidad a esa actividad debería aumentar (descender) de ese lugar”.
3. La accesibilidad debería relacionarse con los cambios en las limitaciones de la demanda de actividades: “si la demanda de oportunidades para una actividad con ciertas restricciones de capacidad aumenta (disminuye), la accesibilidad a esa actividad debería disminuir (aumentar)”.
4. La accesibilidad debería relacionarse con las capacidades y limitaciones personales: “Un incremento del número de oportunidades para una actividad en cualquier localización no debería alterar la accesibilidad a esa actividad para un individuo (o grupos de individuos) que no es capaz de participar en esa actividad dado el tiempo limitado de acceso”.
5. La accesibilidad debería referirse al acceso personal a viajar y a las oportunidades del uso del suelo: “las mejoras en un modo de transporte o el incremento del

número de oportunidades para una actividad no debería alterar la accesibilidad de un individuo (o grupos de individuos) con insuficientes capacidades o habilidades (por ejemplo; permiso de conducir, nivel de educación) para usar ese modo o participar en esa actividad".

Después, Bertolini et al. (2005) examina la función que debe desarrollar la aplicación de indicadores adecuados de accesibilidad. A este respecto, postula que:

"Con el fin de ser útiles para propósitos prácticos de planificación, una medida de accesibilidad debe ser coherente con dos requerimientos: debe ser consistente con los usos y percepciones de los residentes, trabajadores y visitantes de un área, y debe ser comprensible para aquellos que toman parte en el proceso de elaboración del plan".

"Un gran desafío metodológico (…) es encontrar el balance correcto entre una medida que es teóricamente y empíricamente sólida y una que es lo suficientemente simple para ser utilizada de manera útil en procesos interactivos y de toma de decisiones donde los participantes suelen tener diferentes grados y tipos de conocimientos".

Pues, son los participantes quienes provocan l éxito o fracaso de la evaluación de la accesibilidad. Por tanto, un enfoque transparente y legible es fundamental desde el punto de vista de Bertolini et al. (2005).

"no sólo por una preocupación democrática genérica, sino también por la importancia de movilizar el conocimiento (tácito) de los diferentes participantes en la identificación de problemas y en la búsqueda de soluciones".

Recientemente, Curtis y Scheurer (2011) después de la revisión exhaustiva de las distintas ramas y medidas de la accesibilidad encontradas en la literatura y en la planificación espacial práctica concluyen que no hay ninguna medida de accesibilidad perfecta. Pues, es fundamental aplicar varias medidas combinadas con el fin de presentar la información necesaria para informar y deliberar sobre la misma.

Asimismo, estos autores diferencian distintos tipos de medidas desde una gama amplia de enfoques diferentes según la aplicación práctica de las mismas:

1. Medidas de separación espacial:
2. Medidas de contorno
3. Medidas de gravedad
4. Medidas de competencia
5. Medidas de tiempo y espacio
6. Medidas de utilidad
7. Medidas de red para determinar la accesibilidad desde una gama diferente de enfoques y adecuadas para una serie de aplicaciones prácticas.

Tabla 4: Revisión de las medidas de accesibilidad. Fuente: Curtis y Scheurer, 2002

	Categoría metodológica	**Enfoque y medida**	**Ventajas e Inconvenientes**
1. Medidas de separación espacial	Modelo de Separación Espacial (Bhat et al., 2000) Medidas de Infraestructuras (Geurs y Van Eck, 2001) Enfoque Coste de Trayecto (Baradaran y Ramjerdi, 2001)	Las medidas de impedancia o resistencia al movimiento entre el origen y el destino, o entre los nodos. Las medidas de impedancia pueden incluir: Distancia (Euclidiana) física Distancia de la red (por modo) Tiempo de trayecto (por modo) Tiempo de trayecto (por el estado de la red-congestión, etc.). Coste del trayecto (coste del usuario variable o coste social total) Calidad del servicio (por ejemplo, frecuencia del transporte público)	Los datos están generalmente disponibles en cartografía digital y en otras fuentes públicas. No considera los patrones del uso del suelo y la distribución espacial de oportunidades.
2. Medidas de contorno	Medidas de Contorno (Geurs y Van Eck, 2001) Modelo de Oportunidades Acumulativas (Bhat et al. , 2000)	Define las zonas de captación por uno o más viajes tiempos de contornos alrededor de un nodo, y mide el número de oportunidades dentro de cada contorno (trabajos, empleos, clientes, etc.).	Incorpora el uso del suelo y se ocupa de las limitaciones de la infraestructura mediante el uso del tiempo de viaje como indicador de impedancia. La definición de los contornos de tiempo de trayecto puede ser arbitraria y no diferenciarse entre actividades y propósitos de viaje. La metodología no puede determinar la variación de la accesibilidad entre actividades dentro del mismo contorno.
3. Medidas de gravedad	Modelo de Gravedad (Bhat et al, 2000) Medida de Accesibilidad Potencial (Geurs y Van Eck, 2001)	Define las áreas de captación midiendo la resistencia al trayecto en una escala continua.	Representación más precisa de la resistencia al trayecto que en la medida de contorno, pero tiende a ser menos legible. No distingue entre viajar y conductores individuales por trayecto.

	Categoría metodológica	Enfoque y medida	Ventajas e Inconvenientes
4. Medidas de competencia	Medidas de Competencia (Van Wee et al., 2001) Medida de Joseph y Bantock (1982) Modelo del Factor Equilibrante Inverso (Geurs y Van Eck, 2001)	Incorpora las limitaciones de la capacidad de las actividades y usuarios en la accesibilidad. Puede hacer uso de cualquier de los tres modelos anteriores.	Provee una perspectiva regional sobre la accesibilidad.
5.Medidas tiempo-espacio	Medidas tiempo-espacio (Bhat et al., 2000; Geurs y Van Eck, 2001) Medidas basadas en la persona (Geurs y Van Wee, 2004)	Medidas de oportunidades de viaje dentro de unas limitaciones de tiempo predefinido.	Muy apropiado para analizar el encadenamiento de viajes y el agrupamiento de actividades.
6.Medidas de utilidad	Medidas de Utilidad (Bhat et al., 2000; Geurs y Van Eck, 2001) Enfoque de Excedente de Utilidad (Baradaran y Ramjerdi, 2001)	Medidas individuales o beneficios sociales de la accesibilidad. Los indicadores pueden incluir: Utilidad económica (para el individuo, o para la comunidad). Beneficios sociales o medioambientales (por ejemplo, inclusión social, efecto invernadero) Motivaciones individuales del viaje (por actividad o propósito del viaje). Opción y beneficios de los no usuarios de la infraestructura de transporte	La relación empírica entre provisión de infraestructura y el rendimiento económico es tenue y controvertida. El indicador puede analizar motivaciones existentes del viaje, pero no puede prever efectos de retroalimentación entre el uso del suelo y patrones de viaje o patrones de comportamiento futuro de los usuarios.
7.Medidas de red	Medidas de Red: Evaluación de Centralidad Múltiple (Porta et al., 2006a, 2006b)	Medidas de centralidad a través de todas las redes de movimiento, Las redes pueden ser representadas por: El enfoque primario (las redes son entendidas como intersecciones conectadas por segmentos de ruta) El enfoque dual (las redes se entienden como rutas de segmentos conectadas por intersecciones)	Más intuitivo y permite la incorporación de una medida de impedancia de viajes en el análisis de la red. Claramente capta la forma topológica de una red, y puede ser usada para evaluar su legibilidad espacial.

Precisamente, basándonos en esta última clasificación y en los enfoques anteriores desarrollamos los diferentes tipos de medidas para determinar la accesibilidad.

1.- Medidas de Separación Espacial

Todos los análisis de los flujos de personas y bienes sobre el terreno, utilizan el término de interacción espacial o simplemente interacción para denotar como cualquiera de esos flujos actúa sobre el territorio (Taylor, 1971). Pues, la interacción de estos flujos está directamente afectada por el espacio de terreno medido en distancia de separación entre el origen y el destino del desplazamiento. Asimismo, esta interacción puede ser analizada para los movimientos individuales o bien para los flujos agregados.

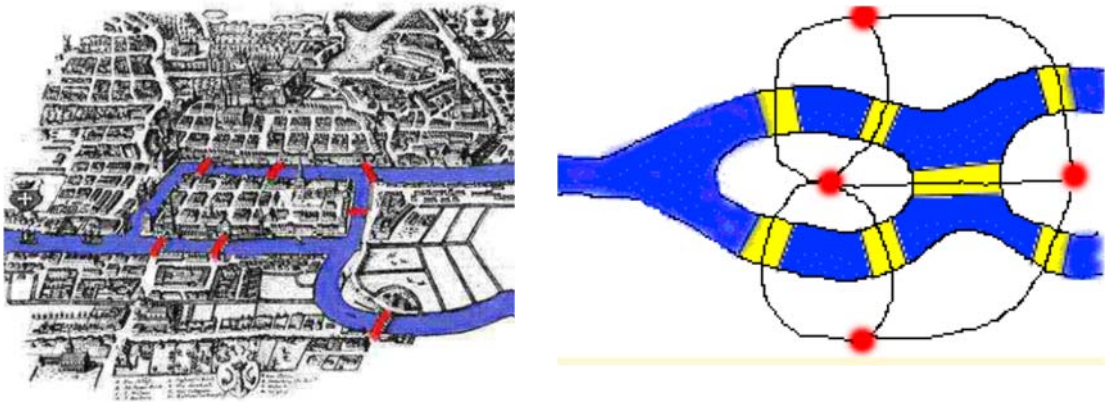
En términos de Bhat et al. (1999) la medida considera la dimensión espacial y en términos de Geurs y Van Eck (2001) la medida basada en la infraestructura es la medida de separación espacial. Esta es la medida más simple de la accesibilidad. Pues simplemente mide la distancia o separación espacial entre los orígenes y destinos del desplazamiento. Por tanto, la única dimensión utilizada es la distancia. Como consecuencia, este modelo es fácil de comprender y calcular, ya que requiere mínimos datos que son fáciles de obtener (Baradaran y Ramjerdi, 2001).

$$A_i = \frac{\sum_j d_{ij}}{b} \tag{4}$$

En esta formulación general anterior de la versión de la medida de la accesibilidad d_{ij} corresponde a la distancia de separación entre las zonas i y j, y b es un parámetro general.

Los primeros trabajos relacionados con esta medida de accesibilidad están relacionados con la teoría de grafos (Baxter, 1982; Kirby, 1976). Esta teoría es una rama de las matemáticas que estudia la topología de las redes, creada por Leonhard Euler (1741) quién publicó el artículo Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis (Solución de un problema relacionado con la geometría de posición), resolviendo el acertijo referido a la antigua ciudad de Konisberg de la Prusia del siglo XVIII. El problema consistía en recorrer los puentes peatonales que están en el centro de la ciudad, de forma tal que había que recorrerlos todos exactamente una vez y regresar al mismo sitio de inicio.

Figura 11: Representación gráfica del problema de los puentes en Konisberg. Fuente: Autor adaptado de Macho. 2010



Por otro lado, la teoría de grafos hasta los años 50 del siglo XX, fue un tema de investigación casi exclusivamente utilizada en la matemática y la física. No obstante, las medidas de la teoría de grafos son una poderosa herramienta, para ilustrar los

problemas estructurales de las redes de transporte, para describir y analizar la accesibilidad y la estructura de la red, y para evaluar y comparar la evolución de las redes a través del tiempo.

La teoría de grafos permite asociar a las redes de transporte una estructura sencilla y abstracta de nodos y arcos conectados. De esta forma, los nodos pueden representar lugares de referencia como ciudades, estaciones o bien cruces de redes de transporte como carreteras y ferrocarriles. Del mismo modo, los arcos que conectan a los anteriores nodos son asimilables a redes de transporte terrestre como carreteras y líneas de ferrocarril, o bien a otro tipo de redes como canales, cauces fluviales, rutas aéreas o marítimas, etc., a través de los cuales se mueven los flujos de personas, material e información.

De este modo, la aplicación de la teoría de grafos responde principalmente a un análisis descriptivo explicativo, es decir, al estudio morfo métrico de las redes para conocer su estructura y desarrollo. Pues, según Hagget (1972) esta teoría centra su interés en las propiedades topológicas (conectividad, accesibilidad) más que en las dimensiones reales de las redes. Este mismo autor determina que:

"la topología es una rama de la geometría, que hace referencia a la calidad de la conectividad; es decir, de si los elementos están conectados o no, y en qué forma".

De este modo, existen dos grupos de medidas correspondientes a la teoría de grafos: las medidas de conectividad y las medidas de accesibilidad.

Las medidas de conectividad o de conexión miden el grado de conectividad recíproca entre los nodos de la red. Los índices de este tipo son múltiples, entre los cuales cabe mencionar:

Tabla 5: Medidas de teoría de grafos de conectividad de la red (n representan nodos, a representan arcos y G representan sub-grafos). Fuente: Hagget, 1972, Baxter, 1982 y Kirby, 1976

Nombre	Índice planar	Índice no planar[7]	Rango	Comentario
Número ciclomático	$\mu = A - N + G$ (5)	$\boldsymbol{\mu = A - N + G}$ (6)	$0 \leq \mu \rightarrow \infty$	Número de circuitos fundamentales en la red
Índice Prihar	$\boldsymbol{Cst = \frac{n(n-1)}{2a}}$ (7)	$\boldsymbol{Cst = \frac{n(n-1)}{2a}}$ (8)	1≤ ▫▫≤n/2	Relaciona las aristas de los vértices. El valor máximo es la unidad, mientras que el mínimo depende del número de vértices.
Índice Alfa	$\boldsymbol{\alpha = \frac{\mu}{2n-5}}$ (9)	$\boldsymbol{\alpha = \frac{\mu}{\frac{(n^2-3)(n+2)}{2}}}$ (10)	$0 \leq \alpha \leq 1$	Ratio entre el número de circuitos reales para el número máximo posible
Índice Beta	$\beta = \frac{a}{n}$ (11)	$\boldsymbol{\beta = \frac{a}{n}}$ (12)	$0 \leq \beta \leq 3$	Medida del ratio entre los números de arcos respecto al número de nodos. Distingue estructuras de topología simple de estructuras complicadas.

[7] Tiene tres dimensiones o arcos que se cruzan y no se conectan.

Índice máximo de Beta	$\boldsymbol{Max\ \beta} = \frac{\boldsymbol{n(n-1)}}{\boldsymbol{2}}$ (13)	$\boldsymbol{Max\ \beta} = \frac{\boldsymbol{n(n-1)}}{\boldsymbol{2}}$ (14)	$0 \leq \beta \leq 3$	Refleja el grado de conexión máxima.
Índice Gama	$\boldsymbol{\gamma} = (\frac{\boldsymbol{a}}{\boldsymbol{3(n-2)}})$ (15)	$\boldsymbol{\gamma} = \frac{\boldsymbol{2a}}{\boldsymbol{n^2-n}}$ (16)	$0 \leq \gamma \leq 1$	Ratio del número de arcos dentro de una red respecto al número máximo posible.
Índice Zagozdzon	$\boldsymbol{Gp} = \frac{\boldsymbol{n^2-n}}{\frac{\boldsymbol{2-a}}{\boldsymbol{n}}}$ (17)	$Gp = \frac{n^2-n}{\frac{2-a}{n}}$ (18)	$Gp \geq 0$	Indica el número de nodos que falta para que la red llegue a ser completa.
Diámetro	$d = máximo\ d_{ij}$	$d = máximo\ d_{ij}$	Caminos más cortos entre el nodo i y j	Es una medida de la duración una red. Es el número mínimo de enlaces necesarios para conectar los nodos que están a mayor distancia.

Las medidas más empleadas para determinar la conectividad son:

El número ciclomático expresa el número de circuitos que posee la red. Se calcula restando al total de arcos el número necesario para construir un árbol, teniendo en cuenta que el árbol es igual al número de nodos menos uno.

El índice alfa que es un indicador de la complejidad de la red, el cual se obtiene mediante el ratio entre el número ciclomático y el máximo posible de circuitos.

El índice beta o de conexión máxima es el más simple, porque resulta de dividir el número de arcos con el número de nodos. Este índice establece que un aumento en el número de arcos en la red, representa una mayor conectividad entre los nodos.

Sin embargo, estos índices analizan la red como un conjunto y no tienen en cuenta las propiedades individuales, es decir, la accesibilidad de los nodos, que son fundamentales para comprender el comportamiento espacial de las redes y su impacto en el territorio. Como consecuencia, surge otra interesante capacidad de la teoría de grafos. Esta nueva capacidad es la medición de la accesibilidad y centralidad de los lugares, teniendo en cuenta la cantidad de arcos que es necesario atravesar para llegar a un nodo de referencia desde cualquier otro. De esta forma, los nodos adquieren una jerarquía en función de la facilidad de acceso desde los restantes nodos.

Un primer paso es la construcción de la matriz de conectividad, que consiste en una tabla binaria de doble entrada donde se consignan el número de arcos y nodos en filas y columnas respectivamente. En ella las relaciones topológicas se representan con el valor de 1 si los nodos están conectados por un arco, o valor de 0 en caso contrario. Sumando el número de conexiones en sentido horizontal, conocemos los nodos mejor y peor conectados.

El paso siguiente es la elaboración de la matriz de accesibilidad topológica, la cual se genera a partir de la anterior, reemplazando los 0 por las distancias entre los nodos de la red, expresada por el número de arcos que deben atravesarse para llegar de un nodo a otro, siguiendo el camino más corto. A partir de ella se pueden calcular diferentes medidas de accesibilidad basadas en la teoría de grafos (Tabla 6), con el objeto de reconocer y analizar la accesibilidad en los nodos de la red.

Tabla 6: Medidas de accesibilidad de los nodos pertenecientes a la teoría de grafos. Fuente: Hagget, 1972, Baxter, 1982 y Kirby, 1976

Nombre	Índice	Significado	Comentario
Índice Shimbel de accesibilidad	$\boldsymbol{ac_i = \sum_{j=1}^{n} d_{ij}}$ (19)	Indica el número de arcos para alcanzar desde el nodo i el nodo j, utilizando el camino más corto.	Cuanto menor es el valor, mayor es la accesibilidad del nodo.
Índice promediado Shimbel de accesibilidad	$AC_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} d_{ij}}{n-1}$ (20)	Indica el promedio de la suma del índice Shimbel de un nodo a los restantes nodos de la red.	Cuanto menor es el valor, mayor es la accesibilidad del nodo.
Índice de dispersión	$\boldsymbol{d = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} d_{ij}}$ (21)	Es la suma de las sumas de los índices de accesibilidad de todos los nodos de la red.	Cuanto mayor es el valor, mayor es la dispersión de la red y por tanto, mayor es la complejidad de la red.
Índice promediado de dispersión	$D = \frac{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} d_{ij}}{(n-1)\, n}$ (22)	Útil para comparar las complejidades de las redes.	Cuanto mayor es el valor, mayor es la dispersión de la red y por tanto mayor es la complejidad de la red.

Entre todas las medidas destacan:

El Índice o número de Shimbel se obtiene sumando los valores de cada fila en la Matriz de Accesibilidad, y representa el número de arcos que es necesario atravesar desde un nodo a los demás por el tramo más corto, siendo más accesible el nodo que presente el índice más bajo.

El número asociado o de Köning se refiere a la distancia topológica –expresada en un número de arcos- para alcanzar el nodo más distante por el camino más corto. Representa la accesibilidad de ese nodo al más lejano de la red, y significa que cuanto más bajo es el número, más alto es el grado de accesibilidad. En la matriz de accesibilidad topológica se lo identifica porque es él número mayor de cada fila.

Incluso, a partir de estas últimas medidas, es posible obtener otros dos índices para calcular la accesibilidad global de la red:

El índice G de dispersión que mide el nivel de accesibilidad para el conjunto de la red, y se obtiene de la suma de todos los índices Shimbel del grafo (número de arcos que es preciso atravesar para llegar desde un nodo a los demás). Si relacionamos dicho valor con el número total de nodos, se calcula un índice de accesibilidad que permite comparar la red con otras de similares características.

El índice de Accesibilidad Media: este índice determina un valor promedio de la accesibilidad en la red a partir del cociente entre, el índice G de dispersión y el número de nodos existentes. Este promedio de la red permite comparar diferentes grafos, o ver dentro de una misma red la accesibilidad de cada nodo (índice Shimbel), respecto a la media (índice G); los que supera el promedio, son los menos accesibles.

$$\text{IAM} = \text{Índice G} / n \qquad (23)$$

Formas alternativas de medida a partir de la teoría de grafos y la separación espacial

A partir de las formulaciones de esta medida se incluyeron factores promedios a la distancia. Estos factores promedios pueden ser el número de zonas en un área (Allen et al., 1993) o el factor atractivo determinado por la importancia en el presupuesto familiar (Guy, 1977). Estos factores no están basados en el uso del suelo en el área. La Tabla 7 ilustra la variedad de formas de cómo estas medidas han sido formuladas.

Tabla 7: Medidas de accesibilidad de los nodos pertenecientes a la teoría de grafos. Fuente: Autor basado en Allen, Liu y Singer (1993), Guy (1977), Ingram (1971), Savigear (1967) y Monzón (1988)

Autor	Formulación	Elementos
Allen, Liu y Singer (1993)	$\boldsymbol{A_{total}} = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j}^{N} \sum_{j=1}^{N} \boldsymbol{a_{ij}}$ (24)	A_{total}= accesibilidad global para un área a_{ij}= tiempo de viaje entre la localización i y j
Guy (1983)	$\boldsymbol{A_i} = \sum_k \boldsymbol{d_{ij(k)} E_k} / \sum_k \boldsymbol{E_k}$ (25)	$d_{ij(k)}$= distancia euclidiana para ir a la tienda j en la cual el bien k está disponible E_k= gasto medio por hogar en el bien k
Ingram (1971)	$A_{ij} = 100\, e(-(d_{ij}^2 v^{-1}))$ (26)	v =cuadrado de la distancia media a todos los puntos
Leake y Huzayyin (1979)	$\boldsymbol{A_1} = \sum_r \boldsymbol{f_r^i l_r^i}$ (27) $A_2 = \sum_j d_{ij}$ (28) $\boldsymbol{A_3} = \boldsymbol{1} / \sum_j \boldsymbol{t_{ij}}$ (29) $A_4 = \frac{1}{n-1} \sum_j \frac{a_{ij}}{d_{ij}}$ (30)	f= frecuencia de tránsito público (vehículo/hora) operativo sobre la ruta *r* en la zona i=$(N_r/T_r)\lambda_r$ l=longitud de la ruta *r* (km) atravesando la zona *i* *N*=número de autobuses diarios que operan todos los días en una ruta entre semana *r.* *T*=avance del autobús en la ruta *r* $\lambda = \left(\frac{T}{T_{max}}\right) 100$, donde T_{max} es el tiempo de funcionamiento más largo entro todos los autobuses que sirven el área. d_{ij}= es la distancia más corta entre los centroides de las zonas *i* y *j*. *n*= número de zonas en el área t_{ij}=tiempo de viaje total mínimo entre los centroides de las zonas *i* y *j*. a_{ij}=distancia euclidiana entre los centroides de las zonas *i* y *j*.
Savigear (1967)	$\boldsymbol{A_i} = \frac{\sum_j \boldsymbol{g_{ij}}}{\sum_j \boldsymbol{g_{ij} t_{ij}}}$ (31)	g_{ij}=medida de la demanda de viajes entre las zonas *i* y *j*. t_{ij}=tiempo de viaje entre las zonas *i* y *j*.
Monzón (1988)	$\boldsymbol{r_{ij}} = \boldsymbol{d_{ij}} / \boldsymbol{dg_{ij}}$ (32)	d_{ij}= distancia real utilizando la red para ir desde *i* hasta *j*. dg_{ij}=distancia euclidiana entre *i* y *j*.

Aplicaciones de la teoría de grafos y separación espacial como medida de la accesibilidad

Dupuy y Stransky (1996) usaron la teoría de grafos y la aproximación de la separación espacial para caracterizar 190 ciudades en Europa. Los enlaces fueron descritos por su longitud, capacidad y velocidad media. Esto les permitió agruparlas en diferentes categorías. Para esta macro-escala de análisis con un número limitado de lugares y muchas fronteras naturales, su aproximación es satisfactoria. Pero no este análisis no es posible, ni adecuado para escalas mayores. Específicamente, Pooler (1995).

Una aplicación de la versión abstracta de una medida espacial fue llevada a cabo por Muraco (1972), quién evaluó los cambios propuestos por el sistema de autopistas interestatales en dos grandes áreas metropolitanas. Para ello usó medidas basadas en las distancias y flujos artificiales para comparar medidas antes y después de la accesibilidad para entrar a las áreas del metro.

Por otro lado, debido a que muchos investigadores han determinado los efectos de la accesibilidad en la generación de viajes (Leake y Huzayyin, 1980; Levinson, 1998), Leake y Huzayyin (1980) desarrollaron una medida para cada propósito específico. La Tabla 7 anterior muestra las medidas determinadas para cada efecto particular en la generación de viajes.

2.- Medidas de Contorno

La medida de contorno también llamada medida de isócrona, de oportunidades acumulativas (Monzón, 1988), o de oportunidad acumulativa (Geurs y Van Eck, 2001; Bhat et al. 1999) indica el número de oportunidades alcanzables dentro de un tiempo de viaje o distancia dada.

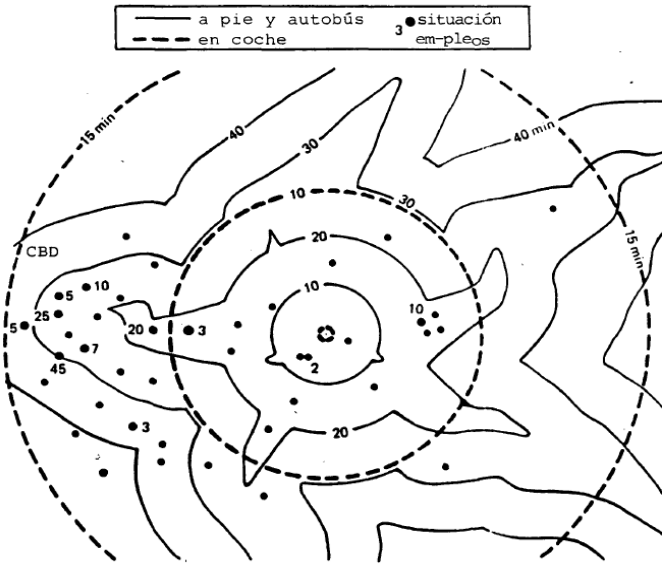
$$A_t = \sum_t O_t \tag{33}$$

Donde t es el umbral, y $O_t$es una oportunidad que puee ser alcanzada dentro de ese umbral.

Según Morris et al., (1979) la razón de su uso es triple: 1) marcan muy claramente la importancia de la atracción de los destinos, y la oposición al desplazamiento, 2) permiten para las variables utilizadas en el estudio, comparar entre diversas áreas, distintos grupos de población o sistemas de transportes 3) representan gráficamente la accesibilidad para una interpretación asequible a personas ajenas a los estudios de accesibilidad.

De forma genérica, podemos decir que este tipo de medidas indican el número de bienes alcanzables en el destino de un viaje efectuado desde un origen definido, y con una determinada magnitud como el tiempo, la distancia, el coste, etc. Pues al dibujar sobre el mapa de la zona en estudio las isócronas, como el isocoste o isodistancia, según la función de oposición elegida al movimiento, desde el punto de vista que se esté realizando el análisis. Se obtendría una representación sobre un caso hipotético donde se localizarían los bienes objeto de estudio. De esta forma, se podría determinar el número de bienes que se encuentran dentro del espacio que delimitan las isócronas desde el punto de partida (Monzón, 1988).

Figura 12: Representación gráfica de isocronas. Fuente: Monzón, 1988



Por tanto, esta medida indica que la accesibilidad aumenta si más oportunidades pueden ser alcanzadas dentro de un tiempo de viaje o distancia dada. Este incremento puede ser el resultado del cambio en la facilidad del alcance de los destinos (por ejemplo, tiempos de viajes más cortos debidos a las mejoras de las infraestructuras viarias) y/o cambios en el uso del suelo (por ejemplo, más destinos dentro de la misma distancia de viaje).

A este respecto, la medida de contorno, evidentemente usa el elemento del tiempo de viaje en la composición del indicador, y define los umbrales de tiempo máximo deseable para los diferentes tipos de actividades a ser realizadas. De este modo, esta medida determina las áreas de captación para trabajos, empleos, clientes, visitantes y otros elementos que son cartografiados como curvas de contornos de acceso para cada nodo analizado.

Sin embargo, este indicador en estas áreas de captación no es capaz de diferenciar los diferentes tipos de oportunidades dentro del área. A pesar del hecho que los tiempos de viaje obviamente varían entre las diferentes actividades dentro del mismo contorno (o isócronas). Pues, el indicador trata las actividades de igual forma, independientemente de su coste a ser alcanzadas o su conveniencia de uso por parte de los usuarios. Como consecuencia, la crítica más desfavorable para este tipo de medida son que los contornos elegidos para cada tipo de actividad son arbitrariamente invariables, no necesariamente reflejando los usuarios reales que pueden realizar el viaje, desde la perspectiva del usuario, a menos que se dedique a investigar este componente (Curtis y Scheurer, 2010). Como consecuencia, este indicador es altamente sensible a la elección del área de demarcación (Baradaran y Ramjerdi, 2001).

Por otro lado, los investigadores han establecido diferentes formas de caracterización de los parámetros para este tipo de medida. A este respecto, Zakaria (1974) utiliza una medida de impedancia ponderada equilibrada por intercambios de viajes. Wachs y Kumagai (1973) usan un factor relacionado con la clase de trabajo para determinar la accesibilidad de los residentes a sus trabajos dentro de su área. Por el contrario, Wickstrom (1971) utiliza el inverso de esta medida (la longitud del tiempo que tomas para alcanzar un porcentaje objetivo de trabajos). Esta versión de la medida puede tener en cuenta el mercado de trabajo en un área y permitir que diferentes áreas sean comparadas.

Tabla 8: Formulaciones de medidas de contorno. Fuente: Autor basado en Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Chen y Weston, 2000

Autor	Formulación	Elementos
Black y Conroy (1977)	$\boldsymbol{A_t(T) = O_i(T)(T - t_i)}$ (34)	$O_i(T)$=proporción de oportunidades que se han transmitido en el tiempo *T* de la zona *i* t_i=tiempo de viaje medio a las oportunidades desde la zona *i*
Breheny (1978)	Datos básicos para cada zona: $A_s = \sum_{j\varepsilon B} O_{jm}$ (35) $B = \langle j\varepsilon N \mid D_{ij} \leq C_k \rangle$ 1)Actividades de origen constante $\boldsymbol{A_q = \sum_{i\,\varepsilon N_l} A_s P_{it} / \sum_{i\,\varepsilon N_l} P_{it}}$ (36) 2)Oportunidades constantes $\boldsymbol{A_v = \sum_{i\varepsilon B} P_{it}, B = \langle I\varepsilon N_l \mid A_s \geq U_m \rangle}$ (37) 3)Coste constante $\boldsymbol{T_c = \sum_{i\varepsilon B} P_{it}, B = \langle i\varepsilon N_l \mid W_n \leq S_{imk} \rangle}$ (38)	A_s= oportunidades acumulativas de tipo *m* disponibles para la zona *i* por encima del coste límite *k* O_{jm}=oportunidades de tipo *m* disponibles en la zona *j* . D_{ij}=coste del viaje entre las zonas *i* y *j.* C_k=coste en el límite *k* *N* =conjunto completo de zonas A_q= número medio de oportunidades del tipo *m* disponibles para los orígenes de tipo *j* en el área *l.* P_{it}=orígenes en la zona *i* de tipo *t* N_t=conjunto de zonas en el área *t* A_v=orígenes en el área *l* del tipo *t* que alcanzan las oportunidades del tipo *m* por encima del límite de coste *k* U_m= nivel conjunto de oportunidad del tipo *m* T_c= actividades del origen en el área *l* de tipo *t* no localizadas para la banda de oportunidad *n* de tipo *m* W_n= oportunidades acumulativas del tipo *m* disponibles para la zona *i* en el conjunto del nivel de coste *k*
Guy (1983)	$\boldsymbol{A_i = O_i(D)\left[D - \left(\frac{\sum_{j=1}^{O_i(D)} d_{ij}}{O_i(D)}\right)\right]}$ (39)	$O_i\,(D)$= número total de oportunidades disponibles para el hogar *i* dentro de la distancia *D* desde el hogar d_{ij}=distancia en línea recta entre el hogar *i* y la oportunidad *j.*

Autor	Formulación	Elementos
Hanson y Schwab (1987)	$\boldsymbol{A} = \sum_{n=1}^{10} \frac{R_n}{0.5\,n}$ (40)	R_n=número de establecimientos entre 0.5 *n* km y 0.5 *(n-1)* km desde el hogar o trabajo del individuo
Gutiérrez y Monzón (1998)	$\boldsymbol{E_i} = \sum_j \frac{\frac{I_{ij}}{II_{ij}} P_j}{\sum_j P_j}$ (41)	E_i=eficiencia de la red para alcanzar el nodo *i* P_j=población de destino I_{ij}=impedancia real entre *i* y *j* II_{ij}=impedancia ideal entre *i* y *j*
López (2007)	$NE_s = \frac{\left[\sum_i E_i \frac{P_i}{\sum_i P_i}\right]_0 - \left[\sum_i E_i \frac{P_i}{\sum_r P_i}\right]_s}{\left[\sum_i E_i \frac{P_i}{\sum_i P_i}\right]_0}$ (42)	NE_s=eficiencia para toda la red E_i=eficiencia de la red para alcanzar el nodo *i* P_j=población de destino *0*=escenario actual *s*=escenario con actuaciones en sistemas de transporte
López (2007)	$\boldsymbol{CB_s} = \frac{\left[\sum_r E_r \frac{P_r}{\sum_r P_r}\right]_0 - \left[\sum_r E_r \frac{P_r}{\sum_r P_r}\right]_s}{\left[\sum_r E_r \frac{P_r}{\sum_i r}\right]_0}$ (43)	CB_s=integración transfronteriza E_r=eficiencia de la red para alcanzar el nodo *r* situado en otra frontera P_r=población de destino en otro país *0*=escenario actual *s*=escenario con actuaciones en sistemas de transporte
López (2007)	$RC_s = \frac{1}{4}\left[\left(\frac{CoV_0 - CoV_s}{CoV_0}\right) + \left(\frac{Gi_0 - Gi_s}{Gi_0}\right) + \left(\frac{At_0 - At_s}{At_0}\right) + \left(\frac{Th_0 - Th_s}{Th_0}\right)\right]$ (44)	RC_s= cohesión regional CoV= coeficiente de variación Gi= índice Gini At= índice Atkinson Th= índice Theil *0*=escenario actual *s*=escenario con actuaciones en sistemas de transporte

Autor	Formulación	Elementos
Wachs y Kumagi (1973)	$\boldsymbol{A(T)_i = \frac{1}{100}\sum_j \sum_k P_{ijk}\, E(T)_{ijk}}$ (45)	*T*=radio de tiempo de viaje *j*=categoría de ingresos *k*=categoría de ocupación o clase de trabajo P_{ijk}=proporción de fuerza laboral de la zona *i* en categoría de ingresos *j* y categoría de ocupación *k* $E(T)_{ijk}$=oportunidades de empleo (en cientos) en categoría de ingresos *j* y categoría de ocupación *k* dentro de *T* minutos de la zona *i*.
Weibull (1976)	$\boldsymbol{A_i = \sum_{j=1}^{n} q_t(d_{ij})\frac{E_j}{e_j}}$ (46) Donde: $\boldsymbol{e_j = \sum_{k=1}^{n}[p_1(d_{kj}^1)h_k^1 + p_2(d_{kj}^2)h_k^2]}$ (47)	q_t= 1 para *d≤t* y 0 para *d>1* d_{ij}= tiempo de viaje E_j=número de trabajos en la zona *j* *H*=población en la zona como propietarios de coches (1) y no propietarios (2)
Zakaria (1974)	$t = TI_a = \frac{\sum_j \sum_{i\neq j} C_{ij} x_{ij}}{\sum_{j=1} \sum_{i\neq j} x_{ij}}$ (48)	TI_a= impedancia de viaje promediada desde todas las zonas en una región C_{ij}= impedancia de viaje mínima entre las zonas *i* y *j* x_{ij}= intercambio de viajes entre las zonas *i* y *j*

Como consecuencia, este tipo de medidas han sido a menudo utilizadas para medir la accesibilidad al empleo. En este caso, el número de empleos es considerado la atracción de lugar. Para evaluar los diferentes impactos en los distintos tipos de población, los investigadores han desagregados los datos por ingresos (Hanson y Schwab, 1987).

Esta medida ha sido utilizada para monitorizar los cambios en la accesibilidad debida a los cambios en los usos del suelo, el sistema del transporte o el crecimiento en general (Sherman et al., 1974). A este respecto, Mowforth (1989), muestra como la accesibilidad al empleo desciende en Londres sobre una década, especialmente para varones no cualificados.

Las medidas de accesibilidad han también servido como fuente de datos para modelos de transporte. Allen y Perincherry (1996) utilizaron una medida de accesibilidad de oportunidades acumulativas en un modelo para obtener ecuaciones de utilidad demostrando el efecto de la accesibilidad por la disponibilidad de automóvil.

No obstante, la principal crítica de las medidas de contorno es que no hay un tratamiento equitativo respecto a la dimensión de comportamiento, y la cercanía y lejanía de las oportunidades (Voges y Naudé, 1983).

3.- Medidas de Gravedad

Este tipo de medidas denominadas así por Bhat et al. (2000), clasificadas como medidas agregadas en modelos de gravedad y de utilidad por Monzón (1988) y como medidas de accesibilidad potencial por Geurs y Van Eck, proponen superar el inconveniente de la delimitación rígida y arbitraria del contorno, mediante la clasificación según la importancia de oportunidades a alcanzar entre los individuos que demandan las mismas; a lo largo del continuo espacio-tiempo según la distancia de acceso a las oportunidades (Curtis y Scheurer, 2010).

A este respecto, estas medidas decretan cual es el tiempo de viaje necesario para realizar cada oportunidad. De este modo, las medidas de gravedad ordenan las diferentes oportunidades a alcanzar según este tiempo de viaje y la desutilidad percibida por los usuarios del transporte con el incremento de esta distancia o tiempo de viaje. Estos dos factores suelen ser determinados mediante la función de distancia de decaimiento.

El concepto de la distancia de decaimiento surgió en la década de los 60 del siglo pasado. Este concepto hace referencia a la proximidad entre el origen y el destino, y es inversamente proporcional a la distancia espacial de separación entre el origen y el destino. Pues, es la percepción del individuo de la inutilidad del servicio ofrecido aumenta según se incrementa el tiempo de desplazamiento para alcanzar dicho servicio (Hansen, 1959). En el ámbito de la geografía de los servicios, algunos investigadores han definido la distancia de decaimiento como uno de los elementos claves en el análisis espacial (Nystuen, 1963). En este mismo sentido, Tobler definió la primera ley de la Geografía como: “Todo está relacionado con todo, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las cosas distantes” (Tobler, 1970).

Existen varios términos íntimamente relacionados con la distancia de decaimiento, como son: la impedancia (Koening, 1980; Handy y Niemier, 1997) y el gradiente de la distancia (Johnston y De La Barra, 2000). La impedancia se define como la resistencia al tránsito y juega un papel clave en la determinación de la proximidad a los servicios. Por otra parte, el gradiente de la distancia representa la variación de la misma a lo largo del territorio.

La distancia de decaimiento ha sido usualmente aplicada en las actividades de transporte y en los usos del suelo, debido a su asociación histórica en los modelos de gravedad. Estos modelos se apoyan en el principio de mínimo esfuerzo (Zipf, 1946) y se basan en la ley de la gravedad de Newton, determinan por analogía que la fuerza demográfica de interacción entre dos ciudades, es igual a la fuerza de la gravedad y las masas son iguales a la población de las ciudades de origen y destino del desplazamiento.

$$F = k\frac{P_1 P_2}{d_{12}} \tag{49}$$

Dónde:

- k es una constante al igual que la constante de gravedad, esta constante es obtenida mediante calibración.
- P_1 es la población de la ciudad de origen del viaje.
- P_2 es la población de la ciudad de destino del viaje.
- d_{12} es la distancia de separación entre P_1 y P_2.

Por otra parte, esta medida de la fuerza demográfica puede expresarse también a través del concepto de energía demográfica, lógicamente la potencia utiliza la distancia de separación al cuadrado (Taylor, 1971). De esta forma, la energía demográfica es:

$$ED = k\frac{P_1 P_2}{{d_{12}}^2} \tag{50}$$

Igualmente, basado en el potencial gravitacional de la física se obtiene también por analogía el potencial de población demográfico de una ciudad como:

$$V_i = \sum \frac{P_j}{d_{ij}} \tag{51}$$

Dónde:

- P_j es la población de cada una de las ciudades de destino.
- d_{ij} distancia de separación entre la ciudad origen i y las ciudades de destino j.

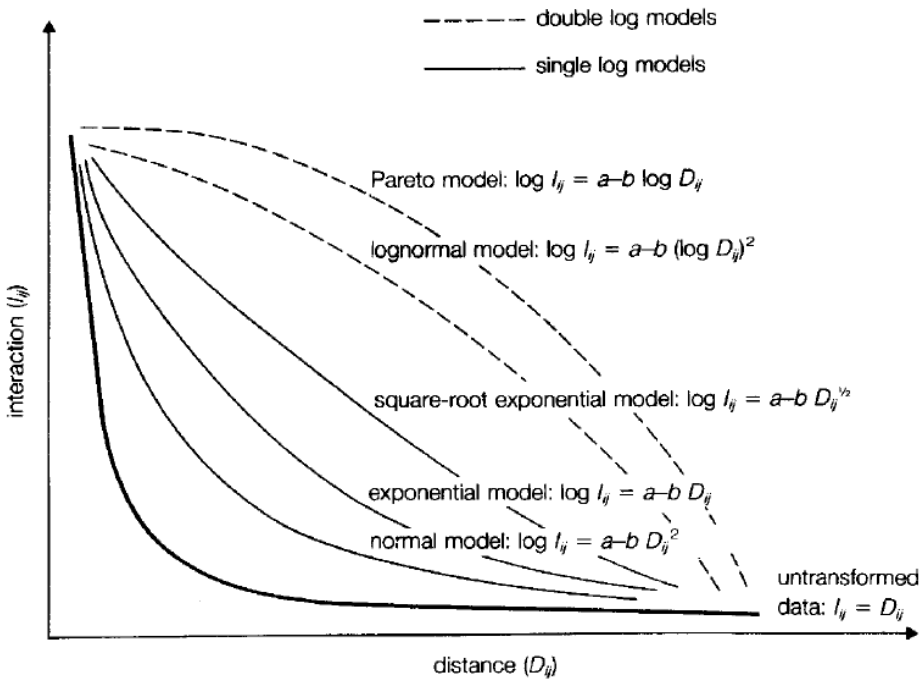
Sin embargo, las investigaciones posteriores (Fotheringham, 1995; Skov-Petersen, 2001; Tamagawa, 2012; Pulugurtha y Agurla, 2012; Cheng y Bertolini, 2013) han descubierto que es mejor no restringirse a los valores de 1 y 2 del exponente utilizado en la distancia de decaimiento. Debido a que estos valores sólo son apropiados para casos particulares (Taylor, 1971). En otros casos es más apropiado utilizar formulaciones matemáticas que mejor se ajusten a las distancias de decaimiento obtenidas.

Por tanto, la influencia de la distancia en el uso potencial del transporte es a menudo conceptualizada a través de las funciones matemáticas de la distancia de decaimiento (Hansen, 1959). Estas funciones relacionan la distancia de los usuarios al servicio y la probabilidad de uso del mismo. Generalmente se suelen emplear funciones de tipo exponencial, potencial, Tanner (1962) y Box-Cox (1964).

Tabla 9: Formulaciones de distancia de decaimiento. Fuente: Martínez y Viegas, 2013

Función de distancia de decaimiento	**Fórmula básica**
Función exponencial lineal	$e^{\beta x}$ (52)
Función potencial	x^{β} (53)
Función Tanner	$x^{\beta_1} e^{\beta_2 x}$ (54)
Función Box-Cox	$\begin{cases} \exp\left(\beta \frac{x^2 - 1}{\lambda}\right), \lambda \neq 0 & (55) \\ x^{\beta}, \lambda = 0 & (56) \end{cases}$

Figura 13: Representación gráfica de funciones de distancia de decaimiento. Fuente: Taylor, 1971



De este modo, las funciones de tipo exponencial lineal y potencial determinan la inutilidad del servicio al que se desea acceder en función de la distancia de separación o tiempo de acceso al servicio denotado como x y el parámetro β que representa la sensibilidad de la interacción respecto a la distancia de separación x entre el punto de origen i y el punto de destino j (Martens et al., 2012).

Asimismo, Tanner en 1962 combinó las funciones exponenciales y potenciales. Debido a que este autor afirma que esta función dispone de una curvatura simple que se ajusta mejor a la distribución de los datos. De este modo, determina la distancia de decaimiento en función de la distancia de separación o tiempo de acceso al servicio denotado como x y los parámetros parámetro β_1 y β_2 representan la sensibilidad de la interacción respecto a la distancia de separación x entre el punto de origen i y el punto de destino j.

Un enfoque alternativo que se ha seleccionado, en algunos estudios recientes, es dejar que los datos decidan la función específica de la distancia de decaimiento. Esto se puede lograr a través de una transformación Box-Cox de la variable distancia o tiempo de separación. Como consecuencia, Mulligan en 1998 llega a la conclusión de que las transformaciones Box-Cox corregían los sesgos en la distribución de errores, para corregir varianzas desiguales. De este modo, al igual que las funciones anteriores β representa la sensibilidad de la interacción respecto a la distancia de separación x entre el punto de origen i y el punto de destino j. No obstante, λ es la media geométrica de los valores obtenidos experimentalmente para la distancia de decaimiento.

La evolución de la formulación de funciones de distancia de decaimiento ha sido un avance progresivo a lo largo de la historia. A este respecto, Ingram (1971) plantea que las funciones de potencia negativa y exponencial tienden a decaer demasiado rápidamente en comparación con los datos empíricos y halla una forma Gausiana. En Holanda, Hilbers y Verroen (1993) analizaron varias funciones de distancia de decaimiento y hallaron una función logística modificada ajustada al mejor conjunto de datos de viajes del Dutch National Travel Survey.

La función exponencial es más adecuada para analizar la interacción de distancias cortas o a escala urbana y regional, mientras que la función potencial es más adecuada para analizar las interacciones de distancias más largas a escala nacional o internacional (Fotheringham y O'Kelly, 1989).

Asimismo, la escala de estudio y la configuración geométrica de la estructura espacial se presentan como elementos claves en la designación de las funciones de la distancia de decaimiento. La escala de estudio puede ser analizada desde un ámbito local a un ámbito internacional, pasando por diversos estadios como: regional, nacional, etc. En cuanto a la configuración geométrica, nos encontramos con el modelo de la distribución de los servicios, la conectividad de las redes, la efectividad de la red, etc.

Los servicios con conexiones directas y próximas a los sistemas de transporte son los más demandados por los usuarios. Las personas más alejadas de las instalaciones de transporte, son las que menos probabilidad tienen de utilizar este servicio (Cervero, 2006).

Por otro lado, diversos estudios empíricos han identificado variables concretas relacionadas con la distancia de decaimiento. Pues, la relación entre interacción social y distancia de separación, no siempre obedece a los mismos mecanismos de interacción espacial. Debido a que, en todos los procesos de interacción espacial existen elementos dominantes, además de la distancia de separación del individuo a los lugares que pretende alcanzar, que determinan esta interacción social. Por tanto, la simple medida de la distancia o tiempo de desplazamiento entre los lugares no es suficiente para determinar la relación existente entre los individuos y el territorio. Como consecuencia, se utiliza la distancia, junto a otras variables dominantes que determinan esta relación.

De esta forma, los parámetros de la distancia de decaimiento serán diferentes para diferentes regiones, propósitos y formas de desplazamiento (Fotheringham, 1989). Como consecuencia, la distancia de decaimiento, tanto en términos de función y de parámetros, varía entre diferentes regiones, para diferentes actividades y para diferentes modos de transporte.

Por otra parte, la calibración de una función de distancia de decaimiento y de sus parámetros en los modelos de interacción espacial se ha demostrado que es difícil, ya que se necesitan datos de encuestas de viajes empíricos o históricos (Blainey y Preston, 2010).

Debido a que constituyen una parte fundamental de los modelos de interacción espacial. Como consecuencia, muchos autores analizaron la influencia de la estructura espacial en los modelos de interacción mediante los parámetros de la distancia de decaimiento. De esta forma, varios autores obtuvieron formulaciones de esas funciones basadas en modelos de gravedad constreñidos y no constreñidos. Además, algunos autores consideraron que la interacción es solamente una función de oportunidades de intervención y no de la distancia (Johnson, 1975), mientras que otros autores consideraban ambos efectos simultáneamente (Cliff et al., 1974; Curry, 1972; Curry et al., 1975). Por otra parte, algunos autores consideraban que la distancia de decaimiento era incapaz de proveer una medida aproximada de los efectos del coste de viaje en las decisiones de viaje (Fotheringham, 1981).

Como consecuencia, durante la década de los 80 hubo intensos debates (Fotheringham y Webber, 1980) y enormes avances. Dando lugar a nuevos modelos de distribución de viajes que tenían en cuentan las características de atracción de varios destinos (Daly, 1982), la competición entre destinos y las oportunidades ofertadas en cada uno de ellos (Fotheringham, 1983). Mientras que otros autores analizaban modelos espaciales desagregados, para explicar el comportamiento de elección de compra del consumidor en términos no espaciales (psicológicos) y con atributos generales (Timmermans et al., 2003).

En el comienzo de los 90, Lo (1991) se generaron los modelos de simulación, usando métodos de estimación no lineal. Actualmente este problema relevante de modelación de la interacción se ha dirigido a investigar el concepto de espacio funcional (functional region). Este concepto determina las oportunidades potenciales del individuo de interactuar con los elementos del territorio. Debido a que el grado de interacción del individuo con el territorio depende siempre de la distancia de separación respecto a otros lugares que pretende alcanzar, junto a otros factores. Por tanto, el conocimiento de las oportunidades de desarrollo de los individuos depende de las posibilidades de desplazamiento de estos a otros lugares, junto a otros factores. Por tanto, la distancia de desplazamiento de un individuo a otros lugares determina los diferentes tipos de interacciones sociales que se producen en el territorio. En consecuencia, la conexión de un determinado espacio con el territorio determina las relaciones sociales entre los individuos.

Este concepto de espacio funcional ha sido utilizado por varios autores como una herramienta analítica para explicar y predecir el efecto de las redes de transporte sobre el espacio geográfico (Miller, 1999; Shaw y Yu, 2009). Dando lugar a que esta herramienta haya emergido dentro de diferentes contextos para analizar la demanda de viaje (Ben-Akiva y Lerman, 1979; Horowitz, 1980), los análisis movilidad residencial, (Clark y Onaka, 1985), la elección del consumidor (Fotheringham y Pitts, 1995) y la migración interregional (Pellegrini y Fotheringham, 2002). Todos ellos haciendo uso del impacto espacio-temporal de los desplazamientos en la utilidad de cada alternativa.

Como consecuencia, hay tres componentes principales de las medidas de gravedad que lo investigadores han diferenciado claramente. Estos son la caracterización de la zona de interés, la medida de impedancia entre las zonas (por ejemplo, tiempo o distancia) y la forma de la función de impedancia.

El atractivo de la zona puede ser modelado de diferentes formas. Cuando es evaluada la accesibilidad al empleo muchos investigadores usan el número de trabajos en la zona (Miller, 1999). Para la accesibilidad a compras, el número de localizaciones de establecimientos de venta al por menor son utilizados (Bhat et al., 1999; Handy y Niemeier, 1992). De este modo, los científicos usan varios métodos para caracterizar la separación espacial (Bhat et al. 1999):

- Distancias euclidianas (Guy, 1977)
- Distancias de red reales (Handy, 1997; Cervero, 2006)
- Tiempo de viaje (Knox, 1978)
- Medidas combinadas (Bhat et al., 1999; Levinson, 1998)
- Distancias percibidas o coste (Davidson, 1977; Wilson, 1971; Martínez y Viegas, 2013).

Lee y Goulias (1997) hallan que las distancias más cortas sobre el tránsito recorriendo la red de transporte son preferibles que utilizar las distancias euclidianas para formular un modelo de movilidad basándose en esta medida. Posteriormente Bhat et al., (1999) determina que los factores de impedancia de viaje utilizados deberían ser sensibles según los modelos de viaje resultantes para ser útiles a los análisis políticos en materia de transporte. Consecuentemente, construyen un factor de impedancia multimodal para su análisis (Bhat et al., 1999). Levinson y Kumar (1994) crean una medida multimodal porque ellos particularmente están interesados en modelos de alta ocupación de carriles de carreteras.

Tabla 10: Formulaciones de medidas de gravedad. Fuente: Autor basado en Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Chen y Weston, 2000

Autor	Formulación	Elementos
Agyemang-Duah y Hall (1997)	$A_i = \sum_{j=1}^{n} d_j \exp(-t_{ij})$ (57)	d_j= atractivo del destino t_{ij}= tiempo de viaje en la red
Bhat, Carini y Misra (1999) y Bhat, Pulugurta y Govindarajan (1997)	$A_i = \left[\frac{1}{J}\sum_{j=1}^{J}\left(\frac{\log R_{ij}}{\log H_{ij}}\right)\right]$ (58)	R_{ij}= tiendas de venta al por menor en la zona *j* H_{ij}= impedancia de viaje compuesta entre las zonas *i* y *j* *J*=número total de zonas en el área
Cervero, Rood y Appleyard (1999)	Accesibilidad al trabajo para los vecinos residentes $A_i = \sum_{j,k}(p_{ik}E_{jk})d_{ij}^{-\gamma}$ (59) Accesibilidad a las oportunidades de vivienda a partir de los centros de empleo $A_j = \sum_{j,k}(p_{ik}R_{jk})d_{ij}^{-\gamma}$ (60)	p_{ik} =proporción de residentes empleados en la zona *i* trabajando en la clase ocupacional *k*, donde *k=1* (ejecutivo, gerente), 2 (comercial, administrativo), 3 (del sector servicios), 4(técnico) y 5(restantes). E_{jk}=número de trabajadores en la zona *j* trabajando en la clase ocupacional *k* d_{ij} =distancia en millas de autovía en la red entre los centroides de las zonas, para todos los pares interzonales *i-j*. γ=coeficiente de la impedancia derivado empíricamente, ajustado a 0.35 para los viajes diarios al trabajo en la bahía de San Francisco p_{ik}=proporción de trabajadores en el centro de trabajo *j* trabajando en la clase ocupacional *k* R_{jk}=número de residentes empleados en la zona *i* trabajando en la clase ocupacional *k*
Echevarría, Monzón, Pinto y Martín (1996)	Accesibilidad absoluta a través del transporte $A_i = \sum_j \frac{D_j}{\exp(T_{ijt})}$ (61) Accesibilidad relativa a través del transporte $A_i = \sum_j \frac{D_j}{\exp(T_t - T_g)}$ (62)	D_j=número de viajes atraídos por la zona *j* de todos los modos T_{ijt}= tiempo de recorrido global a través del transporte público entre las zonas *i* y *j* $= 2.0\ t_a + 1.2\ t_e + 1.5\ t_s + t_v$ donde t_a=tiempo en modos auxiliares (peatones), t_e= tiempo de espera en las paradas (0.5 * avance), t_s=tiempo de bajar del vehículo, t_v= tiempo en el vehículo T_g= tiempo de viaje en un sistema de transporte público ideal con conexiones en línea recta y a la máxima velocidad.

Autor	Formulación	Elementos
Giannopoulos y Boulougaris (1989)	$A_t = \sum_j P_j F(t_{ijm})$ (63) $F(t_{ijm}) = \frac{\sum (t_{ijm})^{-\alpha}}{m}$ (64)	P_j=población del asentamiento *j* que está dentro del área de recepción de la estación *i* t_{ijm}=tiempo generalizado para el modo *m*
Guy (1983)	$A_i = \sum_j S_j d_{ij}^{-b}$ (65) La forma Gausiana: $A_i = \sum_j S_j exp\left[\frac{-1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{d*}\right)^2\right]$ (66)	S_j= tamaño de la oportunidad en *j* d_{ij}= distancia euclidiana entre el hogar *i* y la oportunidad *j* *b*= constante (calculada para cuatro intervalos desde 1 hasta 0.5) *d**=distancia después de que el acceso a las tiendas no es confortable
Handy (1992)	Accesibilidad local a la actividad comercial dentro de una zona $A_i = \frac{E_j^{r,s,o}}{exp^{(bt_{ij})}}$ (67) Tiempos descontados de los supermercados $N_i = \sum_j \exp(-bt_{ij})$ (68)	$E^{r,s,o}$=empleo de ventas al por menor, servicio y otros en la zona *i* t_{ij}=tiempo de viaje medio intrazonal *b*=parámetro de la distancia de decaimiento igual a 0.52 calculado para los viajes locales diarios al trabajo. t_{ij}=tiempo de viaje desde el hogar *i* al supermercado *j*.
Hansen (1959)	$A_i = \sum_{j\neq 1} \frac{S_j}{T_{ij}^b}$ (69)	S_j=tamaño de la actividad en la zona *j* T_{ij}=tiempo de viaje entre las zonas *i y j* *b*=exponente descriptor de los efectos del tiempo de viaje entre zonas
Knox (1978)	$A_i = \frac{B_i(t)(\%)}{M_i(\%)} 100$ (70) $B_i(t) = C_i \frac{B_i}{T_a} + (100 - C_i) \frac{B_i}{T_{tr}}$ (71) $B_i = \sum_j \left(\frac{S_j}{D_{ij}^k}\right)$ (72) $M_i = \sum_j \left(\frac{P_j}{D_{ij}^k}\right)$ (73)	$B_i(t)$= accesibilidad de la zona *M*= potenciales mercados C_i=porcentaje de propietarios de coches de hogares en la zona *T*=tiempo de viaje medio para una distancia dada por coche (c) y andando (tr). *S*=número total de horas de consultas en doctores en la zona *j* D_{ij}=distancia lineal entre los centroides de las zonas *i* y j. *k*=-1.52 P_j=población total en la zona *j*

Autor	Formulación	Elementos
Kockelman (1997)	$A_i = \sum_j \frac{Att_j}{f(t_{ij})}$ (74)	Att_j=atractivos de la zona *j* (tiendas y puestos de trabajo) t_{ij}=tiempo de viaje entre las zonas *i* y *j*
Koening (1980)	$A_i = \sum_j O_j \exp(-\frac{C_{ij}}{x_o})$ (75)	O_j=oportunidades en la zona *j* C_{ij}=tiempo o coste entre las zonas *i* y *j* x_o=parámetro de distribución
Lee y Goulias (1997)	$A_i = \sum_j exp\left[\left(\frac{d_{ij}}{d_*}\right)^2 /(-2)\right]$ (76)	d_{ij}=distancia desde la zona *i* donde desciende la accesibilidad más rápidamente
Levinson y Kumar (1994)	$A_{mi} = \sum_j \left[f(C_{jim})EMP_j\right]$ (77) $A_m^- = \sum_i (A_{im}HH_i) / \sum_{i=1}^{I}(HH_i)$ (78)	A_{mi}=accesibilidad en la zona residencial *i* por el modo *m* $f(C_{jim})$=factor de fricción entre las zonas *i* y *j* por el modo *m* EMP_j=empleo en la zona *j* A_m^-=beneficio de la red *I* por el modo *m* HH_i=hogares en la zona de destino *j*
Lineker y Spence (1992)	$A_i = \frac{\sum_j P_j}{C_{ij}^a}$ (79)	P_j=mercado potencial de la zona *j* C_{ij}=costes de transporte entre las zonas *i* y *j* *a*=parámetro de calibración
Tagore y Sikdar (1996)	$A_i = \frac{\sum_j S_j f(t_{ij})\exp(\gamma M_j)}{\sum_j S}$ (80) $M_j = \sum_k m_j^k$ (81) $m_j^k = \frac{F_i^k}{\sum_j F_j^k}$ (82) $f(t_{ij}) = e^{\alpha t_{ij}}(t_{ij})^\beta$ (83)	S_j=tamaño en la zona *j* $f(t_{ij})$=función de decaimiento calibrada M_j=nivel de movilidad de la zona *j* γ=coeficiente de movilidad para ser calibrado m_j^k=parámetro de movilidad normalizada usando el modo *k* para la zona *i* F_i^k=frecuencia de ocurrencia del parámetro *k* en la zona *i* t_{ij}=tiempo de viaje α, β=parámetros para calibración

Las medidas de gravedad han sido usadas para medir el acceso a las instalaciones médicas (Knox, 1978), tiendas de comestibles (Handy, 1992), estaciones de ferrocarril (Giannopoulus y Boulougaris, 1989), tiendas en general (Bhat et al., 1999; Lee y Goulias, 1997; Guy, 1977) y el empleo (Hansen, 1959; Cervero, 2006; Niemeier, 1997).

Además, para usar las medidas de accesibilidad para evaluar el acceso a tipos particulares de actividades, los investigadores han usado las medidas de gravedad para comparar diferentes configuraciones de transporte. Zhang et al., (1998) comparó una situación urbana existente con la situación posterior a la ampliación del sistema ferroviario. Las representaciones gráficas de esto permitieron descubrir amplias diferencias de accesibilidad entre las zonas del área de estudio. Otros investigadores también descubrieron que las medidas de accesibilidad basadas en la gravedad era la forma efectiva para seguir los cambios producidos en el tiempo (Cervero et al., 1999).

En otro estudio, Handy (1992) aplicó índices de accesibilidad basados en la gravedad a dos pares de comunidades (viaje y nueva). Este autor descubrió una importante distinción entre la mínima distancia para ir de compras y la variedad de posibles destinos para ir de compras. Esta distinción es ocultada en la mayoría de las formas de medida de la accesibilidad.

Una variación a esta forma de medida de la accesibilidad fue realizada por Cervero, Rood y Appleyard (1999). Pues en lugar de usar el número de puestos de trabajo como atracción, investigaron sí o no los ciudadanos tenían acceso a los puestos de trabajo en diferentes franjas de ingresos. Su trabajo también considera el área local trabajos/hogares y sus cambios sobre el tiempo.

A escala nacional, Linneker y Spence (1992) usaron las medidas de gravedad para evaluar el efecto de la construcción de la red de autopistas federal alrededor de Londres. Estos dividieron Gran Bretaña en quince áreas. Un estudio de esta magnitud obviamente requiere el agregado de una gran cantidad de datos. La agregación es un propósito importante en muchos estudios. Handy (1992) descubrió que las relaciones apreciadas en el nivel agregado son diferentes según el nivel de agregación. Esto puede tener efectos cuando se interpreta la accesibilidad entre las regiones.

Las medidas de gravedad tipo son también usadas como datos de entrada en otros modelos. Kockelman (1997) uso tales medidas como una de las tres variables. Esta investigadora introduce para modelos de comportamiento de viaje para explicar los kilómetros de vehículo realizado, la propiedad de automóvil y elección modal de viaje. Pues determina que la introducción de la accesibilidad es significativa para mejorar la exactitud de los modelos.

Varios investigadores critican la capacidad de las medidas de gravedad para obtener resultados de accesibilidad precisos. Pues una crítica generalizada es que muchas medidas de este tipo asignan el mismo nivel de accesibilidad a todos los individuos en una zona (Ben-Akiva y Lerman, 1979). Otra dificultad es destacada por Handy y Niemeier (1997) quienes discuten sobre la dificultad de construir una medida que tenga en cuenta la posibilidad de que dos personas del mismo lugar pueden disponer de diferentes niveles de accesibilidad.

Otro punto crítico es el método que algunos investigadores utilizan para calibrar las medidas de gravedad de accesibilidad. Como se mencionó antes, varios autores utilizan datos locales para calibrar sus modelos y suponen la bondad del modelo para aplicarlo a áreas más extensas (Agyemang-Duah y Hall, 1997).

Una crítica final es que la forma general del modelo de gravedad implica una relación entre atracción y distancia. Una unidad de atracción es igual a una unidad de distancia (Morris et al., 1979). Sin embargo, esta crítica es específica para formas simples de medidas de gravedad y no es relevante para formas generales de la medida (Bhat et al. 1999).

4.- Medidas de Competencia

La medida de Joseph y Bantock (1982) y el modelo de factor de equilibrio inverso analizado por Geurs y Van Eck (2001) son las primeras medidas y las más destacadas respectivamente que consideran la presencia de factores competitivos en la accesibilidad. En la primera medida, la capacidad de servicio (por ejemplo) de las instalaciones médicas) representa un límite para el número de usuarios potenciales, y del mismo modo, un abundante número de empleados potenciales pueden competir por un número limitado de puestos de trabajo disponibles en lugar determinado. Por el contrario, sin embargo, la competencia también (y al mismo tiempo) sucede entre empleadores al intentar contratar empleados adecuados, generando dos formas de contracción de la accesibilidad. Esto es determinado en el modelo de interacción espacial doble-constreñido, citado por Geurs y Van Wee (2004) de Wilson (1971).

Los efectos de competitividad en las medidas de accesibilidad son tratados con más detalle en Van Wee, Hagoort y Annema (2001) y Shen (1998). Desde el punto de vista de Van Wee, Hagoort y Annema, las medidas de contorno y accesibilidad potencial conducen a un sesgo favoreciendo la centralización de las actividades, es decir, los lugares con la mayor accesibilidad son necesariamente los que tienen el mayor grado de centralidad en la red de transporte. Sin embargo, la centralización de actividades en los nodos de transporte puede alcanzar un punto que su accesibilidad a escala regional realmente descienda: por ejemplo, una vez que el número de trabajos concentrados excede el número potencial de empleos dentro de un viaje razonable al trabajo.

Para incluir los efectos de competitividad en una medida de accesibilidad, Van Wee et al. (2002) propuso la introducción de una dimensión adicional, o extensión, para el indicador. No sólo es evaluada una zona localizada para el número de actividades dentro de un tiempo de trayecto dado (u otro factor de impedancia del viaje): cada una de las zonas de destino se evalúan aún más por su capacidad de una determinada actividad y en relación con opciones de actividad en las zonas adyacentes, y los resultados se integrarán en la medida de la zona original. Este procedimiento se puede repetir para las zonas de destino, añadiendo una extensión más lejana, y así sucesivamente- sin embargo, el modelo está sujeto a la disminución de los rendimientos conforme crece la distancia de la ubicación original.

La revisión del modelo en una aplicación práctica para los Países Bajos, lleva a los autores a concluir que los valores de accesibilidad cambian hasta en un 10% si se incluyen los efectos de la competencia. Sin embargo, su siguiente argumento reconoce la debilidad del enfoque: ¿Qué significa exactamente un incremento del 10% o una reducción en la accesibilidad?

La complejidad geográfica del modelo limita su legibilidad y se recomiendo utilizar valores indexados (por ejemplo, el caso base = 100) para hacerlo más comprensible. Los factores que complican el modelo son los relacionados con el ciclo económico, los cambios en los valores del suelo y los gastos de viaje y la observación del mercado de trabajo (para el que se generó el modelo) está lejos de ser homogénea. También se observa que los empleados varían en la elasticidad de elegir su lugar de trabajo, en función de los ingresos, situación familiar, situación de la vivienda y otros factores.

Tabla 11: Formulaciones de medidas de competencia. Fuente: Autor basado en Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Gopal, Srosur y Weston, 2002

Autor	Formulación	Elementos
Hagoort (1999)	$A_{CF} = A_i CF_0$ (84)	A_{CF}= accesibilidad potencial a las oportunidades de trabajo en la zona *i* corregidas por la competitividad A_i=la accesibilidad potencial básica CF_0= factor de competencia
Joseph y Bantock (1982)	$A_i = \sum_{j=1}^{n} \left[\frac{GP_j}{\sum_{i=1}^{m} P_i F(d_{ji})}\right] F(d_{ij})$ (85)	A_i= accesibilidad potencial del área *i* para médicos de familia GP_j=médicos en el área *j* dentro del rango del área *i* P_i=magnitud de la población dentro del área de actuación del doctor $F(d_{ij})$=función de la distancia de decaimiento entre *i* y *j*.
Geurs y Van Eck (2001)	$T_{ij} = a_i b_j O_i D_j F(d_{ij})$ (86) $a_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} b_j D_j F(d_{ij})}$ (87) $b_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^{m} a_i O_i F(d_{ij})}$ (88)	T_{ij}=la magnitud de flujos entre las zonas *i* y *j* a_i b_j=factores de equilibrio que transforman las unidades de actividad en unidades de flujo $O_i D_j$= el número de actividades (habitantes, trabajos) en las zonas *i* y *j* $F(d_{ij})$=función de fricción impuesta por la infraestructura que conectan las zonas *i* y *j*
López (2007)	$sc_s = \frac{\frac{\sum_r P_r \emptyset_r (PP_r^s - PP_r^0)}{\sum_r P_r}}{\frac{\sum_r P_r PP_r^0}{\sum_r P_r}}$ (89)	sc_s=cohesión social P_r=población en el origen *r* $\emptyset_r$=factor de ponderación según un indicador económico PP_r= accesibilidad potencial en el origen *r* *0*=escenario actual *s*=escenario con actuaciones en sistemas de transporte

La principal ventaja de este tipo de medidas es el doble constreñimiento de la interacción del modelo que tiene en cuenta los efectos competitivos. De esta forma estos factores del modelo proveerán una estimación de la accesibilidad más realista, comparada con las medidas de accesibilidad potencial, en el caso de la competencia tanto para la demanda como para la oferta de oportunidades, por ejemplo, número de empleos existentes y empleadores. Pues los trabajadores competirán por conseguir los mejores puestos de trabajo y los empleadores por los mejores trabajadores. Además, Neuburger (1971) señaló que los factores de balance inverso son un indicador de beneficio económico adecuado. La desventaja de estas medidas es que la medida de accesibilidad no es fácilmente explicada, pues son resultado de procesos interactivos que interrelacionan las localizaciones de la demanda y la oferta promediadas por una función de distancia de decaimiento.

5.- Medidas de tiempo-espacio

Las medidas de tiempo-espacio, que establecieron tanto por Bhat et al. (2002) y Geurs y Van Eck (2001), y perfeccionadas en medidas basadas en la persona por Geurs y Van Wee (2004), se centran específicamente en las asignaciones de tiempos, o rutas espacio-tiempo, de los usuarios del transporte. Bhat, Handy, Kockelman, Mahssani, Gopal, Srour y Weston (2002) identifican tres tipos de limitaciones del tiempo en este contexto: restricciones de capacidad (limitaciones para el número de actividades que una persona puede realizar dentro de un marco de tiempo dado); limitaciones de acoplamiento (la necesidad de estar en determinados lugares a determinadas horas), y las restricciones de autoridad (los tiempos de funcionamiento de las actividades indicados o de los componentes de la infraestructura de transporte/servicio).

Este enfoque es muy conveniente para la evaluación de viajes encadenados y los efectos espaciales del agrupamiento de actividades (Baradaran y Ramjerdi, 2001; Burns, 1979). Ambos Bhat, Carini y Misra (1999) y Geurs y Van Eck (2001) señalan, sin embargo, que la información requerida para este enfoque no está generalmente disponible a partir de encuestas de viaje estandarizadas y por tanto a menudo es necesario recoger específicamente este tipo de encuestas.

Esto limita las posibilidades de agregación de datos sobre áreas más grandes, y la compatibilidad de los conjuntos de datos recogidos en diferentes encuestas. Baradaran y Ramjerdi (2001), citando a Wang (1996), determina también que el reconocimiento de las limitaciones de tiempo solamente en este enfoque aún no hace justicia a todo el espectro de las motivaciones surgidas para la realización de un viaje individual.

El uso del software SIG a partir de finales de 1990, O'Sullivan, Morrison y Shearer (2000) generaron mapas de isócronas de accesibilidad al transporte público de Glasgow. Los autores señalan que la cartografía isocrónica aún no es una práctica muy extendida, a pesar de una abundante evidencia de su utilidad en la literatura. Esto se debe posiblemente a la magnitud de los datos que necesitan ser calculados, una restricción que se espera hacer desaparecer con el avance de los SIG. En una etapa posterior, las medidas de contorno se combinan con un enfoque restringido del espacio-tiempo y los resultados obtenidos se visualizan en mapas. Los prismas o representaciones espacio-tiempo de la zona de alcanzable por el desplazamiento dentro de una ventana de tiempo limitado, por tanto, se convierten en áreas geográficamente identificables alrededor de elementos particulares de la red de transporte público.

Tabla 12: Formulaciones de medidas de tiempo-espacio. Fuente: Autor basado en Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Chen y Weston, 2000

Autor	Formulación	Elementos
Kwan (1998)	$A_g = \sum W_i I(i)$ (90) $I(k) = \{1\ si\ k\epsilon FOS, 0\ si\ no\}$	W_i=área promediada de la localización *j* 1.Sumatorio de oportunidades en el conjunto de oportunidad flexible (FOS) 2.Suma promediada de oportunidades en el FOS = A_g
Miller (1999)	$A_1 = \frac{1}{\lambda} ln \sum_{i=1}^{m} \exp(a_k^{\alpha} T_k^{\beta} \exp(-\lambda t_k))$ (91) $A_2 = \sum_{k=1}^{m} b_k$ (92) Dónde: $b_k = 0\ si\ a_k = 0\ o\ T_k \leq 0$ $exp\left[\lambda\left(\frac{\alpha}{\lambda} lna_k + \frac{\beta}{\lambda} lnT_k - t_k\right)\right]$ (93) De otro modo $A_3 = max[b_k]$	*A* = medida de accesibilidad a_k= atracción de la localización de la actividad $T_k = f(t)$= tiempo disponible para participar en la actividad *t*=tiempo de viaje requerido *m*=número de actividades flexibles b_k=beneficio α, β, λ=parámetros ≥ 0
Wang y Timmermams (1996)	$A_{hp} = ln\left[\sum_{i=1}^{m_{hp}} \exp(U_i)\right]$ (94) $A_h = \sum_{p=1}^{p} A_{hp}\ \ A_p = \left\{\sum_{h=1}^{H} A_{hp}\right\}/H$ (95) Accesibilidad de las localizaciones $A_{whp} = ln\left[\sum_{i=1}^{m_{whp}} \exp(U_i)\right]$ (96) $A_{wp} = \sum_{h=1}^{H} ln\left[\sum_{i=1}^{m_{wh}} \exp(U_i)\right]$ (97) $A_w = \sum_{p=1}^{P} \sum_{h=1}^{H} A_{whp}$ (98)	A_{hp}=accesibilidad de las personas con actividad programada *p*, residiendo en el hogar *h* m_{hp}=número de horarios alternativos para implementar en el programa *p* A_h=accesibilidad global de las personas con diferentes programas de actividades en los hogares *h*

Burns (1979) utilizó una medida espacio tiempo para evaluar múltiples casos de estudio. Varios de estos implicaban los efectos de los cambios en los sistemas de transportes y en las atracciones de accesibilidad para los individuos. Otros han consideraron los efectos de la distancia discontinua (en la aplicación de tipo gravedad) y los efectos de

actividades agrupadas. Una conclusión del trabajo de Burns es que la importancia de las estrategias temporales (tales como tiempo flexible) sobre las estrategias de velocidad (tales como el incremento de velocidad de las carreteras) incrementan la accesibilidad. Del mismo modo, Hall (1983) halló un tamaño óptimo de agrupamiento de actividades basado en el tipo de atracción.

Por otro lado, esta metodología depende fuertemente de la tecnología. Por este motivo, cada vez son mejores las geodatabases utilizadas en estas medidas y más potentes las aplicaciones desarrolladas en los SIG.

No obstante, la principal crítica a este tipo de medidas de accesibilidad es sobre el alto nivel de desagregado que dificultan la obtención de resultados agregados (Voges y Naudé, 1983; Miller, 1999), y su dificultad para observar los efectos de los cambios a gran escala, tales como en el uso del suelo y los sistemas de transportes (Voges y Naudé, 1983; Burns, 1979). Asimismo, de entre todos los parámetros el más difícil de determinar es el tiempo límite de los individuos de una zona para alcanzar otra (Bhat et al. 2000).

6.- Medidas de utilidad

Las medidas de utilidad, identificadas tanto por Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Chen y Weston (2000) y Geurs y Van Eck (2001), son diseñadas para determinar el beneficio para los usuarios de la accesibilidad a las oportunidades. Esto puede ocurrir en forma monetaria como medida de la utilidad económica, o como un indicador de la equidad social (o para otros objetivos de sostenibilidad), como comenta Lucas (2011) al examinar la importancia de la planificación de la accesibilidad en la vinculación con el comportamiento del transporte social y la justicia ambiental.

También puede ser aplicado como un indicador del comportamiento, la medición del valor de los individuos que pueden afrontar la accesibilidad a actividades particulares. Geurs y Van Eck (2001) apuntan que la debilidad de la evidencia empírica de la relación entre el suministro de infraestructura y la actividad económica, y la incapacidad relativa de este enfoque para determinar los efectos de retroalimentación entre los patrones de transporte y uso del suelo en el tiempo. Bhat et al. (2000) destacan el sesgo inevitable en la definición de un conjunto de opciones para actividades y oportunidades para ser incluidas en este enfoque, y su inherente conservadurismo – este no puede predecir la emergencia de nuevas elecciones y sus efectos en el comportamiento humano del viaje. Baradaran y Ramjerdi (2001) también mencionan la integración problemática de los efectos de los ingresos económicos de los usuarios en este enfoque. Mientras que sin tener en cuenta las restricciones de los efectos la eficacia del modelo, su inclusión – y consecuentemente, la asignación de un valor mayor de utilidad sobre las actividades realizadas por los perceptores de ingresos más altos – plantea preocupaciones sobre la equidad (Geurs y Van Eck, 2001).

La dimensión social de la accesibilidad es examinada más afondo por Hine y Grieco (2003), quienes hacen una distinción entre accesibilidad directa y accesibilidad indirecta, teniendo en cuenta la capacidad de las personas y las redes comunitarias para expandir el acceso individual a las actividades y los servicios:

“por la accesibilidad directa nos referimos a la capacidad de los individuos para planear y llevar a cabo desplazamientos por modos públicos o privados, en función del tiempo y coste. La accesibilidad indirecta, por otro lado, se refiere a la medida en que los individuos o grupos pueden contar con los vecinos u otras redes de apoyo para tener acceso a bienes y servicios en su propio nombre sujetos a un tiempo determinado de desplazamiento y a un presupuesto específico”.

Esto está relacionado con la densidad del tiempo, que efectivamente transforma las asignaciones de tiempos de viaje en términos flexibles:

“la densidad se puede incrementar mediante multitareas y la optimización del tiempo, pedir a los demás que lleven a cabo ciertas tareas o mediante el uso de las tecnologías de la información y comunicación” (Hine, 2002).

Así el capital social es en cierta medida capaz de compensar las limitaciones en la accesibilidad física (directa), que Hine y Grieco (2003) afirman tiene un gran significado para el grado de acceso a las actividades que experimenta los grupos más desfavorecidos. Geurs y Van Wee (2004) van más allá de este fenómeno y analizan el beneficio del no usuario en el contexto de la utilidad de la accesibilidad. Por ejemplo, un individuo puede poner un valor a la disponibilidad de un modo de transporte o actividad en particular, incluso si estos no lo utilizan regularmente, para atender a las incertidumbres (Hine y Grieco, 2003).

Tabla 13: Formulaciones de medidas de utilidad. Fuente: Autor basado en Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Chen y Weston, 2000

Autor	Formulación	Elementos
Ben-Akiva y Lerman (1979)	$A_n = ln \sum_{i \in C} \exp(V_{in})$ (99)	A_n=accesibilidad para el individuo *n* V_{in}=valor de utilidad máxima para el individuo *n* en el origen *i*
Martínez (1995)	Accesibilidad: $A = \frac{-1}{\beta_{hp}} \ln(g_{hpti})$ (100) Pseudo-atractivo: $A_{pseudo} = \frac{-1}{\beta_{hp}} \ln(b_{hptj})$ (101)	*h* = hogar *p* = propósito *t* = periodo de tiempo *i* = origen del viaje *j* = destino del viaje g, b_{hptj}=factor equilibrador de consumo y de excedencia de producción
Niemieir (1997)	$\Delta A = -\left(\frac{1}{\lambda}\right)\left[ln \sum_k e^{Vk}\right]_{V^1}^{V^2}$ (102)	ΔA=variación compensatoria (en dólares) λ = utilidad marginal de ingreso *V* = utilidad indirecta media *k* = elección combinada del modo de destino $V^{1,2}$=utilidad indirecta media para los escenarios 1,2.
Richardson y Young (1982)	$A_i = ln2 + (B_j + B_k + B_i) - (C_{ij} + C_{ik} + C_{jk)}$ (103)	Para la elección binaria de viajes *i* a través de las zonas *j* y *k* *B*=beneficios de participación de actividad en el destino *C*=coste del viaje entre dos sitios
Sweet (1997)	$A_{ln} = ln \sum \exp V_{in} - ln \sum \exp V_i$ (104)	V_{in}=utilidad residual que varía tanto en *i* y *n* V_i= utilidad relacionada con las cualidades intrínsecas del destino específico

Ben-Akiva y Lerman (1979) aplicaron sus medidas de accesibilidad a modelos de movilidad y viaje. Estos autores describen la "movilidad" como un atributo general de quién toma una decisión caracterizada por su empleo, localización residencial, propiedad de automóvil, y modo de empleo del mismo. Las elecciones de viaje son decisiones según el destino, modo, ruta y tiempo del día. Estos investigadores argumentan que la elección de una secuencia de toma de decisiones y utilizan esto en su modelo de comportamiento de viaje.

Richardson y Young (1982) usaron el enfoque de utilidad con un modelo logit anidado para calcular la relación accesibilidad y viaje. Debido a que la accesibilidad de un sitio puede ser su proximidad a cualquier otro lugar del hogar (por ejemplo, trabajo), estos argumentan que este tipo de medida prevé de forma estimativa como pueden ocurrir ciertos acontecimientos basados en la accesibilidad del lugar.

Niemier (1997) uso tales medidas para evaluar la diferencia en la utilidad debida a los cambios políticos, también llamados "variación compensatoria". Esta es la cantidad que una persona tendría que ser compensada con el fin de que ésta mantuviera su nivel de bienestar antes y después de que se produjera el cambio político. Sus análisis muestran las discrepancias en beneficios procedentes del incremento en la accesibilidad entre grupos socioeconómicos.

Una crítica de este enfoque para medir la accesibilidad es que no todas las opciones están disponibles para todos los individuos y no hay obstáculos para la elección del conjunto de los mismos (Ben-Akiva y Lerman, 1979). Del mismo modo, una medida de accesibilidad basada en la utilidad solamente reflejará el comportamiento observado y no reflejará el beneficio de mayores opciones de viaje (Morris et al., 1979).

7.- Medidas de red

Porta, Crucitti, y Latora (2008) llevan la investigación de la accesibilidad al nivel de análisis por completo del movimiento de las redes. Dos aproximaciones son distinguidas: el enfoque primal y el dual. Cada enfoque se basa en la identificación de los nodos y arcos como los componentes individuales de cualquier red: en el enfoque priman, los ejes de calle son considerados como arcos y las intersecciones de calles son consideradas como nodos. En el enfoque dual, es al revés. Los autores describen el enfoque primar como una "representación sencilla e intuitiva de las redes" que se utiliza en la mayoría de los estudios sobre el tema, entre ellas las relativas a las estructuras no geográficas, como las redes sociales. Sostienen que el enfoque primar es más adecuado para capturar la distancia, como "uno de los componentes cruciales de la dimensión geográfica", ya que está diseñado para incluir una medida proporcional a la distancia física, u otro impedimento, de rutas de movimiento. Sin embargo, el enfoque primal todavía contiene una medida topológica, tal que identifica las longitudes del trayecto como el número de arcos recorridos. Este indicador capta una característica fundamental de las redes sociales, ya que se popularizó en el seminario de trabajo de Milgran (1967) sobre el promedio "seis grados de separación" entre dos personas en los EE.UU. En este ejemplo, la distancia entre dos individuos en una red social no se puede expresar de una manera significativa mediante la aplicación de una medida cuantitativa de longitud para determinar la amistad entre los dos individuos. Puede, sin embargo, ser medida contando el número de relaciones directas de amistad en una cadena que conecte a dos individuos de la muestra (grado de separación).

El enfoque del grafo dual se deriva de la metodología de sintaxis del espacio inicialmente desarrollada por Hillier y Hanson (1984). La motivación aquí es identificar la continuidad de las calles más que la multiplicidad de las intersecciones como un atributo clave de la legibilidad y funcionalidad de las redes de movimiento.

Porta, Crucitti, y Latora (2008) probaron estos índices en una serie de sistemas reales urbanos de carácter diferente (Ahmedabad, Venecia, y dos ejemplos de la Zona de la Bahía de California) y llegaron a la conclusión de que la aplicación del enfoque primar conduce a unos resultados más amplios, objetivos y realistas que el enfoque dual. Esto se debe en gran parte al mayor nivel de abstracción inherente en el foque dual, que sólo

se ocupa de la topología de una red y no tiene en cuenta la geografía métrica del sistema. El enfoque dual es más vulnerable a la subjetividad en la definición de la continuidad del nodo (segmento de la calle).

Tabla 14: Formulaciones de medidas de red. Fuente: Autor basado en Bhat, Handy, Kockelman, Mahmassani, Chen y Weston, 2000

Autor	Formulación	Elementos
Cruciti, Latora y Porta (2006)	$C_i^S = \frac{1}{N-1}\sum \frac{d_{ij}^{Eucl.}}{d_{ij}}$ (105)	C_i=centralidad de la zona *i* *N*=número de nodos alcanzables $d_{ij}^{Eucl.}$=distancia euclidiana entre la zona *i* y *j* d_{ij}=distancia métrica entre los nodos *i* y *j*
Freeman (1977)	$C_i^B = \frac{1}{(N-1)(N-2)}\sum_{\substack{j,k \in G \\ j \neq k \neq i}} \frac{n_{jk}(i)}{n_{jk}}$ (106)	C_i=centralidad de la zona *i* *N*=número de nodos alcanzables n_{jk}= número de destinos posibles para realizar una actividad *k*
Sabidussi (2006)	Centralidad $C_i^C = \frac{N-1}{\sum 1/d_{ij}}$ (107)	*N*=todos los nodos de la red d_{ij}=distancia métrica entre los nodos *i* y *j*
Curtis y Scheurer (2010)	Grado de los nodos (grafo primario) $K(i) = \sum j$ Donde $j \in N(i) y\ i \neq j$ (108) Grado de nodos (grafo dual) $K(l) = \sum m\ \ m \in G(I) y\ I \neq m$ (109) Eficiencia global $E_g(i) = \sum(1/d_{ij})/(N-1)$ (110) Eficiencia local $E_I(i) = (E_g(i) + \sum E_g(j))/N(i) + 1))$ (111) Grado de centralidad $CD_{i,tf} = \sum a_{ij}/(N-1)$ (112)	$N(i)$=intersecciones enlazadas a la intersección *i* por segmentos de rutas $G(I)$=segmentos de rutas enlazados al segmento de ruta *I* por una intersección común d_{ij}=distancia métrica entre los nodos *i* y *j* *N*=todos los nodos de la red $E_g(i)$=eficiencia global del nodo *i* $E_g(j)$=eficiencia global del nodo *j* a_{ij}=enlaces libres entre los nodos *i* y *j*

Porta, Cruciti y Latora (2008) testearon estos índices sobre un número real de sistemas de calles urbanos de diferente carácter (Ahmedaba, Venecia y en diferentes lugares de la Bahía de California) y concluyó que la aplicación de la aproximación primar permite

obtener resultados analíticos más comprensible, objetivos y realistas que la aproximación dual. Esto se debe enormemente al mayor nivel de abstracción inherente en la aproximación dual, que solo se refiere a la topología de la red y la desagregación métrica geográfica del sistema (Scheurer y Curtis, 2010). El enfoque dual es más vulnerable debido a la subjetividad en la definición de la continuidad en el nodo (segmentos de calles). Por este motivo, Porta, Latora, Wang, Strano, Cardillo, Scellato, Iacoviello y Messora en 2008 examinan tres enfoques: continuidad de las líneas, continuidad de calles con el mismo nombre, y un modelo computarizado.

Porta y Scheurer (2006) tratan de aplicar esta metodología a las redes de transporte público y llegan a diferentes imágenes del modelo ejecutado para el análisis de las calles urbanas. En particular, definen cada enlace entre pares de nodos en la red como ejes separados. El grado del nodo i así equivale al número de otros nodos que pueden ser accesibles en transporte público sin transferencia, y la distancia topológica entre dos nodos (grados de separación) es equivalente al número de segmentos entre transferencias que pueden realizarse en el viaje. De este modo, a los ejes se les asigna un factor de impedancia en el enfoque primal como el tiempo de viaje y la frecuencia del servicio (oportunidades de viaje a la hora) en lugar de la distancia física, que no es muy relevante para los usuarios del transporte público. Pues no hay relación directa entre el tiempo de viaje, el coste o frecuencia del servicio).

2.4.3. Exploración de las medidas de accesibilidad para llegar a la justicia social

Desde el punto de vista de Martens y Golub (2014), las medidas de accesibilidad se pueden utilizar para responder a la cuestión distributiva en el transporte: ¿quién recibe los beneficios de accesibilidad de las inversiones en el sistema de transporte? No obstante, estos autores señalan que la elección de las medidas de accesibilidad, puede afectar al resultado de esta investigación. Por este motivo, analizan que medidas de accesibilidad se deben emplear; y para ello determinan que es necesario entender y desarrollar un enfoque basado en la teoría de la justicia social mediante tres pasos.

En primer lugar, es indispensable definir la dimensión del análisis de equidad en el ámbito del transporte, es decir, ¿qué es lo que debería distribuirse de forma justa? En la literatura filosófica referente a justicia social, esta dimensión central de comparación se denomina “equilizandum”. En segundo lugar, es necesario obtener un objetivo distributivo adecuado con respecto al equilizandum identificado en el primer paso, es decir, responder a la pregunta: ¿Qué constituye una distribución justa del equilizandum?. Finalmente, es necesario definir las medidas que se pueden emplear para determinar el progreso hacia la meta distributiva identificada en el segundo paso.

Dentro del primer paso, donde se define la dimensión de análisis de equidad, es indispensable distinguir tres enfoques: equidad de bienestar, igualdad de recursos y la igualdad de mediobienestar –*midfare* que se encuentra a medio camino entre los dos enfoques anteriores. A este respecto, Martens y Golub (2014) determinan claramente que:

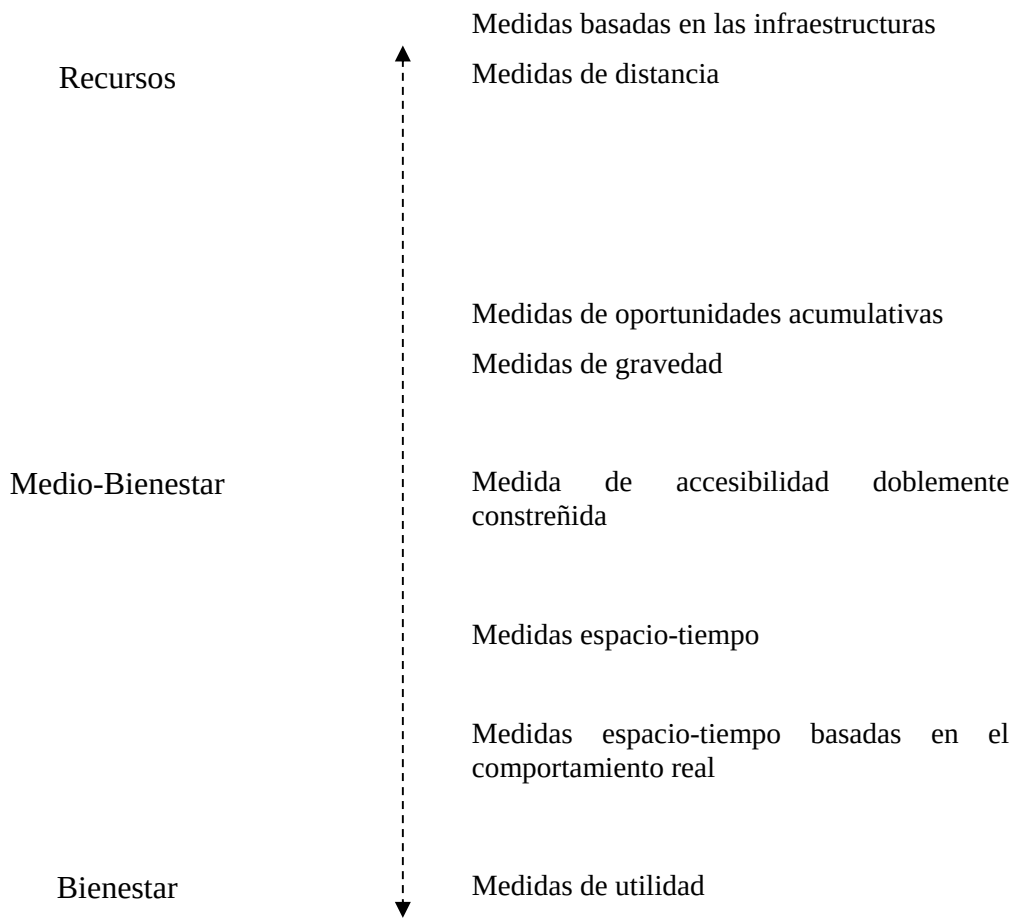
“cada enfoque exige una forma diferente de comparar la situación vis-á-vis de una persona respecto a los demás y por lo tanto, implica un cierto tipo de análisis de equidad”.

Asimismo, en la Tabla 15, resumen brevemente los distintos enfoques, pues trasladados al transporte, exigen el uso de diferentes tipos de medidas de accesibilidad.

Tabla 15: Perspectivas de igualdad o equidad y su aplicación a la distribución de alimentos 2012

Autor	Equalizandum	Aplicación
Ralws (1971)	Bienes	Cantidad de alimento recibido
Dworking (1981)	Recursos	Cantidad de alimento recibido, corregido por discapacidad
Cohen (1990)	Medio-bienestar	Nivel de nutrición adquirido de los alimentos correspondientes a las necesidades nutricionales de la persona
Sen (2011)	Capacidad	Salud proveniente de la dieta que permite realizar importantes actividades
Mill /Benthan (1987)	Bienestar/utilidad	Satisfacción de preferencia o disfrute (utilidad) derivada de la alimentación

Figura 14: Posicionamiento de varias medidas de accesibilidad en la secuencia recursos-mediobienestar-bienestar. Fuente: Autor basado en Martens y Golub, 2014



Posteriormente, Martens y Golub (2012), afirman que en consonancia con la secuencia recursos-mediobienestar-bienestar distinguida por Cohen (1990), ahora es posible identificar las medidas de accesibilidad que son adecuadas para analizar la justicia social producida por las infraestructuras de transporte y lo expresan en la Figura 14 basados en Handy y Niemeir (1997), Geurs y Ritsema Van Eck (2001) y Geurs y Van Wee (2004).

De este modo, distinguen dos tipos de medidas de accesibilidad desde el enfoque centrado en el acceso a los recursos. Estas son las medidas basadas en las infraestructuras y en la distancia. No obstante, estas medidas se basan en la velocidad de desplazamiento o cercanía relativa a los recursos a lograr, pero no tienen en cuenta las circunstancias personales que pueden influenciar las habilidades de cada una de las personas para alcanzar el recurso que cada una de ellas pretende.

Las medidas entre el enfoque basado en los recursos y el estado del mediobienestar-midfare son de oportunidades acumulativas y de gravedad. Estas medidas analizan el conjunto de individuos que pretenden alcanzar diferentes oportunidades aglutinadas en un determinado territorio y concretamente, las medidas de gravedad distinguen dentro de las oportunidades existentes, aquellas que resultan más atractivas para los individuos. No obstante, estas medidas no tienen en cuenta circunstancias personales de forma adecuada. Por ello, es necesario que el análisis de la accesibilidad a las oportunidades sea matizado distinguiendo que personas realmente pueden acceder a los recursos con las infraestructuras existentes y en función de su capacidad económica para costear el transporte. Por este motivo, surge la medida centrada en el estado del medio-bienestar, es decir, la medida de accesibilidad doblemente constreñida, estas medidas son adecuadas para analizar el comportamiento de los individuos, pues tienen en cuenta las posibilidades de realizar el viaje por diferentes personas dadas las limitaciones de tiempo, coste y espacio (Kwan, 1998). Sin embargo, aunque esta medida tiene en cuenta la localización del hogar de cada individuo y las actividades discrecionales que puede llegar a realizar, como el conjunto factible de oportunidades a la que una determinada persona puede llegar, no evalúan en qué medida una persona puede convertir los recursos (el sistema de transporte y la distribución espacial de las oportunidades) en una capacidad para lograr su bienestar). En consecuencia, las medidas espacio-tiempo que si tienen en cuenta este último factor se consideran adecuadas para realizar el análisis, desde la perspectiva a medio camino entre los enfoques del medio-bienestar y bienestar. Sin embargo, estas medidas pueden considerar ciertas actividades (en particular el lugar de trabajo) y no tener en cuenta otras importantes dimensiones de la accesibilidad a las oportunidades, es decir, la accesibilidad al trabajo.

Finalmente, dos tipos de medidas se pueden distinguir que pertenecen a un enfoque de bienestar y equidad, relacionados con el comportamiento de viaje real en un lugar que provee oportunidades. El primer tipo consiste en medias de accesibilidad basadas en la utilidad, que interpretan la accesibilidad como el resultado de un conjunto de opciones de transporte. En consonancia con el enfoque de bienestar-equidad, el enfoque basado en la utilidad afirma que la accesibilidad debería medirse a nivel individual y que el cómputo de la accesibilidad debe explicar las características de los usuarios (por ejemplo, ingresos) además de las características del sistema de transporte (por ejemplo, velocidad y costes del viaje) (Geurs y Ritsema Van Eck, 2001). La accesibilidad posteriormente se define como el conjunto de actividades y opciones de transporte que maximiza la utilidad de una persona. El segundo tipo consiste en medidas de espacio-tiempo que aplican una estrategia basada en la utilidad. Estas medidas estiman la utilidad máxima que puede derivarse de la participación en una serie de actividades particulares dadas las limitaciones espacio-tiempo de una persona (Burns, 1979). Como en el enfoque de la utilidad, el enfoque está en la identificación de un conjunto óptimo de actividades y la utilidad que se deriva de la realización de ese conjunto óptimo de actividades. De ese modo, se establecen las oportunidades disponibles viales en un espacio-tiempo determinado.

La discusión anterior revela varias conclusiones importantes respecto las medidas de acceso. En primer lugar, podemos eliminar todas las medidas de acceso que se centran en el comportamiento de viaje que comparan diferentes individuos (Cohen, 1990). En segundo lugar, podemos eliminar los indicadores de acceso en términos de utilidad que una persona obtiene del viaje y actividad por su participación. Mientras que posiblemente sean relevantes desde la perspectiva económica y de eficiencia, estas utilidades no son relevantes desde una perspectiva de equidad. Finalmente, podemos también eliminar las medidas basadas en infraestructuras. Traducido a la accesibilidad al empleo, Martens y Golub (2012), ejemplifican esta afirmación mediante la frase

"deberíamos tener en cuenta el conjunto de los empleos disponibles para una persona y no simplemente el suministro de transporte, cómo sugiere el enfoque basado en los recursos, ni en la utilidad de una persona que consigue un trabajo en particular, como argumenta el enfoque de bienestar sino tener en cuenta el conjunto el acceso de la ciudadanía a diferentes tipos de trabajo ofertados en un determinado lugar".

2.4.4. Accesibilidad transportes y cohesión territorial

La mejora de la cohesión territorial equivale a fomentar la cooperación entre regiones o países para reducir las disparidades económicas (Bröcker et al., 2004) o las diferencias de bienestar económico y social (Hey et al., 1997). Así se consigue la integración territorial y se evitan desequilibrios regionales.

A este respecto, la Comisión Europea de 2008 establece que:

"*El concepto de cohesión territorial tiende puentes entre la eficacia económica, la cohesión social y el equilibrio ecológico, poniendo el desarrollo sostenible en el centro de las políticas*".

Por tanto, el concepto de cohesión cae bajo el paraguas de la equidad, una categoría que se relaciona con el objetivo de la política general de reducción de las desigualdades, y que se fusiona con otros conceptos como justicia, convergencia o equidad (Dall'erba y Le Gallo, 2008; Geppert y Stephan, 2008; Puga, 2002). Estos conceptos se utilizan casi indistintamente en la literatura de la investigación, haciendo que el estudio de los impactos de la cohesión esté plagado de pluralismo y confusión en la definición de la planificación de los transportes (Murray y Davis, 2001; Ogryczak, 2009).

Además, la reducción de los tiempos de viaje, o, igualmente, la gradual expansión de las áreas afectadas por la accesibilidad mejorada, no es nada nuevo. Los geógrafos clásicos tales como Potrykowski y Taylor (1984), afirmaron que existían relaciones directas entre las mejoras en el transporte; y el desarrollo urbano y socio-económico. Además, las relaciones del transporte con el crecimiento económico fueron demostradas a lo largo del último siglo, como aseveran los análisis macroeconómicos de Bell (1997). Incluso, algunos autores como Plassard (1991), comenzaron a plantearse la cuestión de si había relación directa o automática entre las mejoras de accesibilidad y el desarrollo económico al comienzo de la década de los 80.

Por tanto, el progreso de las sociedades se basa en las infraestructuras que soportan la actividad del transporte, garantizando que se cumplan las necesidades socioeconómicas de los residentes del territorio. Sin embargo, para que el sistema de transporte sea sostenible se han de minimizar las repercusiones negativas sobre la economía, la sociedad y el medio ambiente.

Como consecuencia, la UE utiliza la accesibilidad, junto a otros indicadores macroeconómicos como el PIB per cápita, los niveles de empleo o las inversiones en I+D+i, para medir la Cohesión entre las diferentes regiones (CE 1999, 2004, 2006). De esta forma, este organismo considera de especial interés aquellas regiones con desventajas geográficas caracterizadas por problemas de accesibilidad e integración con el resto de la UE. Por tanto, la inversión infraestructuras se considera un factor clave para proporcionar una distribución justa de la accesibilidad a todas sus regiones y para reducir las disparidades existentes en materia de accesibilidad entre ellos (Schürmann et al., 1997).

De este modo, las motivaciones sobre cohesión han proporcionado la principal justificación para la financiación de proyectos de transporte en las regiones periféricas o de interior (Dall'erba y Le Gallo 2008, Geppert y Stephan 2008). No obstante, no existe un consenso respecto a cuánta provisión de infraestructura de transporte se debe destinar a reducir las desigualdades regionales (Banister y Berechman, 2001; Bröcker et al., 2004; Puga, 2002). Debido a que la mejora de las infraestructuras de transporte produce una reducción de los costes de transporte. Como consecuencia, esta reducción puede dar lugar a efectos redistributivos sustanciales entre diferentes grupos económicos y regiones (Rietveld y Nijkamp, 1993).

No obstante, las inversiones de transporte y una mayor cohesión territorial no siguen una relación causa efecto, pues los impactos producidos por la construcción y ampliación de los sistemas de transporte son distributivos. Debido a que a escala global tales mejoras distribuyen los incrementos de accesibilidad de forma desigual entre diferentes regiones (López, 2007). No obstante, la evaluación de los impactos de cohesión territorial está enlazada con la evaluación de la distribución de los efectos, más que con la magnitud de los mismos (Bröcker et al., 2004; Ogryczak, 2009). Como consecuencia, un proyecto de infraestructura de transporte en particular provocará un efecto de cohesión positivo si contribuye a una distribución más equilibrada de una variable dada. A la inversa, un impacto negativo en la cohesión aparecerá si disparidades entre “el/la mejor” y “el/la peor” grupos de población o regiones se incrementa, por ejemplo, si los efectos de polarización tienen lugar. En particular, los impactos de cohesión territorial de los proyectos de las infraestructuras de transporte se refieren a la distribución espacial de sus efectos entre regiones (López et al., 2008; López y Monzón, 2010). El IPC, niveles de empleo (Bröcker et al, 2004) y accesibilidad (López et al., 2008; Talen, 2001; Preston y Rajé, 2007) son ejemplos de las variables comúnmente aceptadas usadas para analizar los efectos de cohesión.

De esta forma, desde la perspectiva social basado en la equidad y en la cohesión es necesario analizar hacia donde se dirigen las mejoras de accesibilidad producidas por la construcción o mejora de las infraestructuras de transporte. De este modo, se logrará determinar que regiones y que grupos de personas se verán más beneficiadas y cuáles serán más perjudicadas, ya que la construcción o mejora de infraestructuras genera un nuevo contexto social. Debido a que la mejora de los enlaces de transporte entre periferias débiles económicamente y centros de producción altamente competitivos puede aumentar la polarización en lugar de la cohesión (Heij et al., 2002). Como consecuencia, las diferencias de accesibilidad se pueden utilizar como variable para evaluar la equidad entre los territorios regionales. Debido a que el sistema de transportes contempla como una de sus metas esenciales el poder satisfacer la demanda social que sobre el mismo se produce. Esta dimensión social desde la perspectiva de los transportes se interpreta como cohesión territorial.

A este respecto, referido al territorio y entendiendo que el material que constituye el territorio son los distintos núcleos urbanos y ciudades, el concepto de cohesión territorial se identifica con la integración de los distintos asentamientos urbanos y rurales (Garmendia et al., 2011). Esta integración se puede entender desde un punto de vista funcional, como las relaciones de flujos que entre estos asentamientos se producen.

2.5. EL TAV Y SUS EFECTOS EN EL TERRITORIO

Las nuevas formas comerciales y el aumento del índice de motorización han producido profundas transformaciones en los patrones de movilidad y en los desplazamientos de toda la población. En consecuencia, las mejoras en infraestructuras de transporte han provocado un incremento de los desplazamientos, no sólo comerciales sino también de los desplazamientos residencia-trabajo, pues la distancia que la población está dispuesta a recorrer para acceder a un servicio, ya sea comercial o social, o a su empleo es cada vez mayor, ya que el tiempo de viaje se reduce al aumentar la velocidad de circulación. Como consecuencia, los sistemas de transporte de alta velocidad tienen

necesariamente un efecto desequilibrador, pues reducen enormemente los tiempos que tardamos en recorrer las distancias que separan los diferentes territorios, provocando la contracción del espacio y creando importantes puentes de conexión entre lugares.

No obstante, esta contracción del espacio no es uniforme, ya que no todos los grupos sociales participan de las ventajas del transporte a alta velocidad, aunque todos tienen derecho al mismo. A este respecto, la selección de la localización de cualquier equipamiento, bien, instalación o servicio ofertado por la Administración Pública nacional referente al TAV, debe seguir el criterio de justicia espacial como significativamente importante, ya que los mismos son financiados por toda la población que, por tanto, tiene iguales derechos a usarlos en las mismas condiciones de acceso (Bosque, 1992). En caso contrario, la desigual accesibilidad por parte de la población a un equipamiento, bien, instalación o servicio determinará injusticias territoriales que provocarán injusticias sociales.

Este debate se plantea en el contexto del TAV (Garmendia et al., 2011), ya que el ferrocarril del S. XIX fue la primera infraestructura de transporte que comenzó a polarizar o diferenciar territorios (Capel, 2007). Después, en la segunda mitad del S. XX, la construcción de carreteras, especialmente autopistas, contribuyó a la dicotomía entre espacio conectado y desconectado (Plassard, 1991). Finalmente, a finales del S. XX en Europa, la alta velocidad ferroviaria revivió el debate sobre la polarización del territorio debido a la especialización que produce esta infraestructura (Garmendia et al., 2011), pues a pesar de las similitudes con otros modos de transporte, el fenómeno del TAV es relativamente nuevo en sus repercusiones sociales y físicas en las ciudades (Ureña et al., 2012).

A este respecto la polarización producida por el TAV se debe a sus infraestructuras y a las características del servicio que ofrece, pues es único en el impacto que provoca en las estructuras urbanas y territoriales. El TAV necesita una distancia mínima para acelerar y poder alcanzar su máxima velocidad. De esta forma, el objetivo inicial del TAV era facilitar contactos entre las metrópolis que estaban separadas 500 a 700 km, pues esta distancia permitía acelerar a este medio de transporte y explotar sus servicios de forma óptima, reduciendo la dependencia del transporte aéreo y reforzando actividades cuaternarias (Ureña et al., 2012).

Pero indudablemente este modo de explotación hace que el TAV se asemeje enormemente al transporte aéreo y se diferencia del tren convencional (Plassard, 1992). De hecho, se utiliza la infraestructura no para dar servicio a las regiones que atraviesa, sino a los orígenes y destinos de los trayectos ferroviarios que disponen de estación. Mientras que perturba enormemente al territorio intermedio, al igual que otras infraestructuras de alta capacidad. Por tanto, este medio de transporte es específicamente concebido como conexión entre grandes ciudades, pero no como un medio de transporte de transporte rápido entre los territorios que atraviesa.

Sin embargo, las presiones de las comunidades locales para establecer estaciones en ciudades más pequeñas y la evidencia de tráfico sobre distancias más cortas, abrió nuevas perspectivas que provocaron la superposición de infraestructuras viarias tanto de carreteras como de ferrocarriles. Aunque, esta superposición en el tiempo se ha producido de forma muy distinta de unos territorios a otros. En algunos casos el trazado de las infraestructuras de transporte ha respondido a la estructura del territorio y las sucesivas infraestructuras se han ido concentrando sobre los mismos corredores, de forma que los asentamientos ubicados a lo largo de ellos han ido reforzando su centralidad en el territorio (Ureña et al., 2009). Sin embargo, en otros casos las infraestructuras de transporte se han trazado con criterios ajenos a la estructura del territorio atravesado, conectando eficientemente solamente ciertas áreas urbanas de gran tamaño y relevancia nacional.

Cualquiera que sea la lógica del trazado de las nuevas infraestructuras de transporte, éstas condicionan indiscutiblemente la evolución de los territorios que conectan. No obstante, dicha evolución dependerá a su vez de la situación inicial de partida. A este

respecto, cuando las lógicas de la infraestructura coinciden con las lógicas del territorio, es decir, las conexiones infraestructurales son coincidentes con los elementos centrales del territorio, la nueva conexión aumenta y refuerza la jerarquización territorial existente. Sin embargo, cuando dichas lógicas son distintas, el efecto de las infraestructuras en el territorio será más complejo, ya que introducirán un nuevo factor de distorsión en la evolución del territorio (Garmendia et al., 2011).

De esta forma, en los territorios con una estructura urbana claramente jerarquizada es más probable que las lógicas de las conexiones y las lógicas territoriales coincidan. Así como, las lógicas de los trazados de las infraestructuras se refuercen. No obstante, en territorios alejados de las grandes metrópolis y carentes de jerarquía, no es tan evidente que las lógicas de conexión coincidan con las lógicas del territorio, ni que las lógicas de conexión se mantengan a lo largo del tiempo (Auphan, 2002). En este último caso, es mucho más difícil establecer las relaciones entre las lógicas de las conexiones y las lógicas territoriales. A este respecto, la literatura sobre los efectos del TAV en la región hace referencia a los cambios de accesibilidad que dicho territorio experimenta.

No obstante, la enorme evolución del TAV ha llevado a muchos investigadores a asumir erróneamente, una simplista y uniforme contracción del tiempo y del coste de viaje (Knowles, 2006). Sin embargo, las diferencias en el suministro de este medio de transporte han provocado una desigualdad social en el acceso al transporte y por tanto, una movilidad desigual. Así, desde el enfoque de la cohesión social, el TAV ha tenido una difusión desigual en el territorio, aumentando las diferencias socio-económicas entre las regiones, ya que el desigual desarrollo de las infraestructuras ferroviarias de alta velocidad y de estos servicios de transporte en el territorio, provoca que las regiones sean más o menos accesibles.

A este respecto, Murayama (1994) demostró que el aumento de la accesibilidad en las ciudades de Japón, por la implantación de nuevas líneas ferroviarias de alta velocidad, también incrementaba notablemente las diferencias socio-económicas entre ciudades que poseían o no estación de TAV, siendo las primeras las más beneficiadas por la llegada de la alta velocidad ferroviaria. Además, la literatura plantea de forma teórica las modificaciones que el territorio puede sufrir, estableciendo los criterios para el máximo aprovechamiento de las oportunidades que ofrece la alta velocidad ferroviaria (Van den Berg y Pol, 1998; Blum et al., 1997; Ribalaygua, 2005).

Como consecuencia, la implantación del TAV en el territorio provoca procesos de diferenciación espacial y transformaciones socio-productivas contemporáneas de una forma convulsa. Incluso, Javier Gutiérrez Puebla afirma en 2004, que este modelo de transporte genera una dualidad entre espacios servidos y no servidos; articula dinámicas socioeconómicas en espacios discontinuos y crea fuertes polaridades en el entorno del nodo-estación.

2.5.1. Espacios servidos y no servidos

A este respecto, el primer resultado referente a la dualidad entre espacios servidos y no servidos, es el más significativo. Debido a la alta naturaleza selectiva de los territorios, en los cuales las redes de alta velocidad son desarrolladas, pues solamente los territorios donde está ubicada una estación del TAV y sus alrededores serán los más beneficiados por la implantación de este medio de transporte. Mientras que otras regiones más alejadas de las estaciones del TAV consideradas periféricas apenas se beneficiarán de la implantación de esta gran infraestructura.

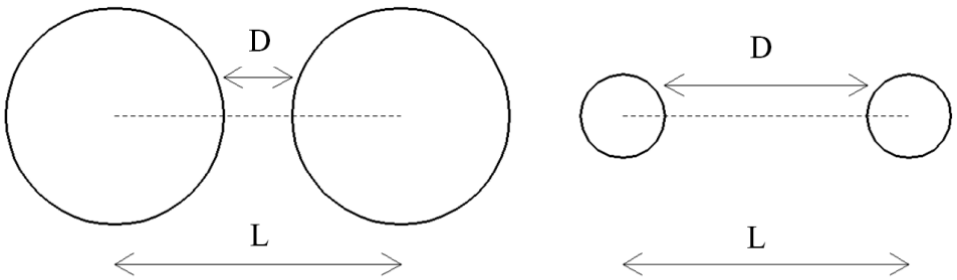
Efecto túnel

De ese modo, la alta velocidad ferroviaria es muy eficiente en la contracción de la relación espacio-tiempo, pero es muy restrictiva en el número de lugares que pueden ser conectados mediante este medio de transporte. Así, los trenes de alta velocidad reducen extraordinariamente el tiempo de viaje entre los nodos que son directamente conectados y las áreas alrededor de estos. Sin embargo, el territorio intermedio es utilizado como mero soporte de la infraestructura ferroviaria, pues al igual que los

aeropuertos y las autopistas, los ferrocarriles de alta velocidad son infraestructuras de transporte de alta velocidad y de accesos controlados, es decir, no se puede acceder ni salir de la línea ferroviaria en cualquier punto, siendo los únicos puntos de acceso al servicio ferroviario de alta velocidad sus estaciones.

Por consiguiente, el TAV genera espacios inaccesibles, ya que los residentes de las zonas que no tienen acceso a la red se encuentran en zonas no servidas por la alta infraestructura ferroviaria. Por tanto, se encuentran en zonas de sombra. Este efecto fue denominado por Plassard en 1991 como efecto túnel, pues el TAV atraviesa el territorio como si lo hiciera a través de un túnel.

Figura 15: Efecto túnel. Fuente: Autor basado en Garmendia y Ureña, 2007



Este efecto túnel producido por el TAV depende de dos características, la distancia entre accesos (L) a la red ferroviaria, es decir, a las estaciones. Así como la conexión con el entorno interior-hinterland (L-D) (Garmendia y Ureña, 2007). De ese modo, el efecto túnel se produce cuando un amplio territorio (D) queda desvinculado de la infraestructura que lo atraviesa.

Así, la única variable que permite difundir los beneficios de la alta velocidad ferroviaria de una manera más homogénea por todo el territorio, reduciendo las zonas aisladas o de sombra, es mediante la mejora de las conexiones regionales de los asentamientos urbanos a las estaciones del TAV que habitualmente suele ser mediante carreteras. De esta forma, es posible articular este territorio dual (Plassard, 1991) mediante la difusión de la alta velocidad, compensando los efectos polarizadores, entre un territorio conectado y otro que está aislado (Garmendia y Ureña, 2007).

2.5.2. Espacios discontinuos

El segundo efecto reseñable es la articulación de dinámicas socio-económicas producidas por la implementación de la alta velocidad ferroviaria, pues las líneas de alta velocidad ferroviarias permiten el movimiento rápido y eficiente de las personas entre los nodos o ciudades que son conectadas por este medio de transporte. De esta forma, el TAV permite la diversificación de las estrategias espaciales de la mayoría de las actividades socioeconómicas (Escolano, 2012), ya que la eficiencia del TAV en la movilidad provoca una ampliación del espacio funcional existente en el territorio donde se implanta. Incluso, existe una relación directa entre la localización de empleo terciario cualificado y la ubicación de las estaciones del TAV (Willigers et al., 2007). Por tanto, las nuevas líneas del TAV deben ser justificadas por su capacidad para conectar grandes grupos urbanos metropolitanos de naturaleza terciaria predominante, teniendo en cuenta que los principales usuarios de este medio de transporte provienen de este sector (Ureña, 2012).

A este respecto, el desarrollo de este medio de transporte favorece la contracción del espacio-tiempo, incrementa las posibilidades de movilidad y permite el uso simultáneo de espacios diferentes produciéndose un incremento del espacio-tiempo disponible para el desarrollo de proyectos de vida individuales (Knowles, 2006).

Incremento de la competencia territorial

Asimismo, el crecimiento de los desplazamientos motivados por la prestación de servicios ferroviarios de alta velocidad ilustra el fenómeno clásico de ampliación de la extensión del área de mercado: la mejora de la accesibilidad facilita a algunas empresas la posibilidad de ofrecer sus servicios en zonas antes fuera de su alcance. Por el mismo motivo, por supuesto, pueden también verse dañadas por competidores, de quienes, por la distancia estaban antes protegidos. Estos mecanismos de competencia benefician evidentemente a los territorios más poderosos (Klein, 1992).

Igualmente, los individuos, las administraciones y las empresas ubicadas en ciudades con estaciones del TAV disponen de mayor acceso a otros lugares. Como consecuencia, este medio de transporte permite a algunas compañías descentralizar sus unidades de producción en ciudades con estaciones del TAV, pues obtienen beneficios por el precio más bajo del suelo y reducen los costes laborales. De esta forma, se produce una reconfiguración de los mercados de trabajo interno (Kingsley, 1997; Fröidh, 2003). Además, nuevos negocios y servicios son creados en las ciudades con estación ferroviaria de alta velocidad, ya que la alta velocidad ferroviaria les suministra acceso fácil y por tanto, su mercado potencial es mayor (Taede et al., 2007, Monzón et al., 2013; Campos et al., 2007).

Nueva organización funcional

Entonces, desde la perspectiva técnica y económica, este medio de transporte permite la separación de las actividades asociadas a actividades productivas profesionales, la residencia, el consumo y las relaciones sociales. Además, la separación de estas actividades genera la formación de nuevos patrones de movilidad. Asimismo, estos patrones provocan una nueva organización funcional producida por el TAV generada por la nueva localización de actividades (Biggiero, 2006). Debido a que la población residente en el territorio donde se instaura una estación de este medio de transporte, dispone de mayor extensibilidad personal. Pues, este concepto se refiere a las oportunidades y capacidades de un individuo o grupo de individuos de tratar con la fricción de la distancia usando medios de transporte y comunicaciones (Janelle, 1991). No obstante, el grado de cambio potencial del TAV para modificar la extensibilidad personal de los individuos depende también de otros factores relacionados con la economía general y el contexto tecnológico, así como los ingresos, ocupación, edad y sexo de los individuos. Por tanto, se puede afirmar que el TAV ha expandido selectivamente la extensibilidad personal de los individuos, pero este medio de transporte no ha incrementado significativamente la extensión espacial del territorio que acoge sus beneficios (Escolano, 2012). Como constata, la concentración de población alrededor de las líneas de alta velocidad en España. Esta población presenta un patrón concentrado sobre el territorio. Debido a que los asentamientos urbanos alrededor de las líneas del TAV de menos de 500 habitantes acogen del 1,9% de la población en los corredores ferroviarios, mientras que los asentamientos de más de 10000 habitantes representan el 98.1% de la población de los corredores ferroviarios (Reques et al., 2012). Por tanto, el TAV en España está vinculado a la organización del espacio. Pues este conecta áreas de media y alta densidad. Como consecuencia, este medio de transporte contribuye decisivamente a la reestructuración del territorio nacional.

Polaridades

Asimismo, las líneas de alta velocidad se construyen con el fin de servir a grandes ciudades o polos de importante actividad económica. Estos nodos espaciales acogen evidentemente los mayores beneficios de la infraestructura ferroviaria de alta velocidad. No obstante, el trazado del TAV encuentra a su paso otras ciudades de tamaño mediano o pequeño. Generalmente, estas ciudades de entidad menor se insertan dentro de regiones con difícil acceso a los centros de actividad económica. Además, estas ciudades disponen de un bajo nivel de desarrollo. Luego, el TAV favorece la dominancia de las principales metrópolis nacionales (Vickerman, 1992).

Por tanto, la tercera consecuencia de la alta velocidad ferroviaria en el territorio, es la fragmentación de la dimensión espacial. Debido a que las líneas de alta velocidad ferroviaria contribuyen enormemente a la evolución de las ciudades que acogen una estación del TAV y los territorios circundantes. Ya que, en estas se produce un enorme desarrollo del terreno (Gutiérrez y Urbano, 1996; Gutiérrez 2001; Schäfer y Victor, 2000; Bellet et al., 2010) y desarrollo urbano (Kiyoshi y Makoto, 1997; Roger, 1997; Blum et al., 1997; Garmendia et al. 2008; Borzacchiello et al., 2010). Así como a la reestructuración territorial (Komei et al., 1997, Blum et al. 1997; Kwang, 2000, Ureña et al., 2009; Martínez y Givoni, 2012; Stanke, 2009) y cambios en la intensificación del uso del suelo (Geurs y Reggiani, 2012).

Además, las redes de transportes en general y el TAV en particular actúan como un elemento articulador del conjunto de conexiones espaciales. Pues, estas conexiones espaciales adoptan a la población como su actor principal y al territorio como el escenario de referencia (Reques et al., 2012). En este nuevo territorio, los esquemas de la nueva movilidad son organizados mediante los nodos de la red actuando como una fuerza atractiva y los ejes de las vías como los principales canales de comunicación para acceder a ellos (Calvo, 1998, Garmendia et al., 2008; Bellet et al., 2010). Como consecuencia, la implementación de la alta velocidad ferroviaria desencadena o intensifica procesos de polarización socio-económica, a favor de los núcleos urbanos conectados por este medio de transporte y que disponen estación del TAV. Por tanto, la alta velocidad ferroviaria genera espacios preferentes (Pueyo et al., 2009).

El desarrollo de estas áreas preferentes genera un espacio de geometría variable. Pues, según algunos autores los espacios intersticiales son ignorados, y los orígenes y destinos conectados por la alta velocidad ferroviaria adquieren mayor importancia. Como consecuencia, este desarrollo exacerba las desigualdades sociales y de accesibilidad. Por tanto, la implementación de este medio de transporte genera nuevas rupturas sociales e incluso, profundiza en las ya existentes. Pues, la alta velocidad ferroviaria genera un desarrollo discontinuo en el territorio. Debido a que se crean archipiélagos con enorme actividad económica y gran crecimiento poblacional (Gutiérrez y Urbano, 1996; Gutiérrez 2001; Schäfer y Victor, 2000; Bellet et al., 2010; Kiyoshi y Makoto, 1997; Vickerman, 1997; Blum et al., 1997; Garmendia et al. 2008; Borzacchiello et al.; 2010). Como consecuencia, la identificación de los nodos de atracción de actividad económica y de crecimiento demográfico; y sus áreas de influencia, determina la polarización territorio (Dollfus, 1995).

Efecto bombeo y jerarquización del territorio

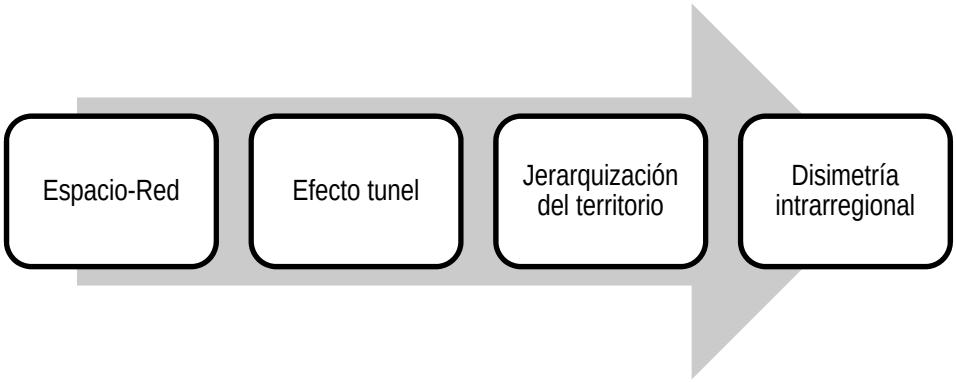
Asimismo, los polos de mayor atracción absorben los recursos de las ciudades con menor poder de atracción. Pues, la contracción del espacio producido por la evolución de los transportes puede producir la acumulación de actividades y recursos en aquellos lugares que mejor están conectados con el resto de los lugares (Harvey, 1989). Como consecuencia, los territorios que disponen estación ferroviaria de alta velocidad acumularán actividades y recursos de aquellos lugares que no disponen de estación del TAV. Este fenómeno producido por la jerarquización del territorio es denominado efecto bombeo (Gutiérrez, 1998).

Luego, el TAV facilita la absorción y distribución de actividades de las ciudades medias a las grandes metrópolis, pues la mejora de la accesibilidad por la implantación de la alta velocidad en el territorio, en las ciudades situadas en regiones intermedias del trayecto es menor que en las ciudades situadas en los extremos de la línea ferroviaria. Además, estas últimas ya concentraban en la mayoría de las ocasiones, numerosas y grandes infraestructuras de transporte antes de la llegada del TAV. Pues, estas ciudades debían ofrecer servicios de transporte a la gran población demandante que reside en las mismas (Plassard, 1991; Vickerman et al. 1999).

Por tanto, es necesario asegurar que el TAV como infraestructura de grandes prestaciones, no permita la absorción de los recursos humanos y materiales de las regiones menos favorecidas y periféricas, mediante el efecto bombeo (Gutiérrez, 1998).

Pues en caso contrario, se producirá una causalidad circular alrededor de las estaciones y no lineal, provocando disimetrías regionales. Pues, sólo unas ciertas partes del territorio mejorarán su accesibilidad y servicios (Gutiérrez et al. 1996; Gutiérrez 2004).

Figura 16: Fases de las implicaciones territoriales del TAV. Fuente: Autor



Precisamente, para reducir al máximo estos efectos polarizadores y permitir el acceso equitativo al servicio, cobran interés los estudios que analizan los fenómenos de *hinterlands* o zonas de sombra provocados por la implantación del TAV (Puga, 2002; Banister y Berechman, 2001; Bröcker et al. 2010). El objetivo común de estas investigaciones es reducir al máximo dicho efecto y repartir equitativamente los beneficios de este modo de transporte entre el mayor número de usuarios posible de un territorio, primando la conexión a la red de alta velocidad independientemente de la localización geográfica del mismo.

2.6. COHESIÓN SOCIAL Y TAV DESDE LA PERSPECTIVA DE LA ACCESIBILIDAD

Actualmente, las implicaciones del TAV en la cohesión social son cuestionadas, por varias razones. Primero, una mayor accesibilidad provocada por la implantación de nuevas infraestructuras ferroviarias de alta velocidad puede reducir las disparidades económicas y de bienestar social entre municipios (Gutiérrez et al., 2006; Condeço-Melhorado et al., 2011). Por el contrario, también puede reforzar la polarización de unos pocos lugares donde se ubica la estación y sus alrededores (Martínez, 2012). Por ese motivo, algunos estudios sugieren que un nuevo enlace de TAV probablemente reforzará la situación privilegiada de los principales nodos de una red, para detrimento de localizaciones intermedias (Puga, 2002, Vickerman et al., 1999). En segundo lugar, la elección del nivel de análisis: internacional, nacional, regional o local, tiene una fuerte y obvia consecuencia sobre las conclusiones referidas a los impactos del TAV (Ureña et al., 2009; Gutiérrez et al., 2010). Finalmente, el funcionamiento de un nuevo enlace TAV puede dar lugar al cierre de ciertos servicios convencionales que cesan de ser competitivos (Martínez y Givoni, 2012).

Por tanto, en este contexto nuestro desafío como investigador es desarrollar una metodología de evaluación capaz de tratar la cohesión, pues la apertura de un enlace TAV obviamente produce una mejora en la accesibilidad incrementada en la red global. A este respecto, es ampliamente aceptada que las inversiones en TAV producen cambios drásticos e irreversibles en la estructura del uso del suelo y de los sistemas de transporte en diferentes niveles de planificación (Gutiérrez, 2001; Martínez y Givoni, 2012; Ureña et al., 2012). Por otra parte, el TAV implica un riesgo de polarización, impacto negativo en la cohesión territorial (Bröcker et al., 2010; López y Monzón 2010; López et al., 2008).

A este respecto, de todos los indicadores de accesibilidad mencionados anteriormente, aquellos basados en la actividad, permiten evaluar el grado de cohesión social y territorial provocada por la implantación y mejora del sistema de transporte. En la planificación de infraestructuras de transporte, el análisis de la cohesión social mediante

estos, es una temática recurrente en numerosos trabajos de investigación (Mérenne-Schoumaker, 2008; Bellet et al., 2010), ya que explica las interrelaciones entre las actividades humanas (Monzón et al., 2005; Brocard, 2009).

No obstante, la implantación de un nuevo ferrocarril suele generar grandes expectativas de dinamización socioeconómica. Sin embargo, muchas de estas expectativas no llegan nunca a materializarse y si lo hacen, los cambios se producen con mayor lentitud y menor intensidad de lo esperado (Biehl, 1986; Plassard, 1992; Bellet, 2013). Pues la infraestructura de alta velocidad de hecho se insiere en un complejo sistema de relaciones territoriales, y como tal hay que tratarlo. El análisis de los efectos debe, por tanto, tener en cuenta las características y la organización del espacio donde se inscribe, antes y después de la puesta en marcha de los nuevos servicios ferroviarios, así como las estrategias desarrolladas por los diferentes agentes durante los procesos de decisión y valoración de la infraestructura (Garmendia et al., 2011). Ya que, las infraestructuras permiten, que no causan directamente, el desarrollo socioeconómico del territorio (Plassard, 1992; Miralles, 2002).

Sin embargo, se constata el hecho de que la infraestructura aporta ventajas comparativas importantes respecto aquellos otros lugares que no cuentan con ella. Por lo tanto, sin ser una condición suficiente de crecimiento económico y de creación de bienestar el TAV puede dinamizar aspectos substanciales de las estructuras sociales y económicas (Plassard, 1997; Roth y Polino, 2003; Gutiérrez, 2004; Bellet et al., 2010). De hecho, el TAV puede erigirse en un instrumento de dinamización en función de los siguientes factores: las características de la red y de la implantación de la infraestructura en el territorio, el nivel y características del servicio, las características socioeconómicas y del contexto territorial en el que se implantan y, por último, las estrategias desarrolladas por los agentes del medio, es decir, la capacidad de los agentes del territorio de interactuar con las oportunidades que introduce el TAV (Bellet et al., 2010).

No obstante, España es el único ejemplo de red de alta velocidad extendida a partir de estos criterios de equidad, cohesión y desarrollo territorial. Como consecuencia, en el desarrollo del AVE se han soslayado los criterios de eficiencia económica, y se ha otorgado gran prioridad a objetivos de tipo meta-político. De este modo, los gobiernos territoriales exigen la inclusión de sus territorios en la red del TAV, generando una red radial cuyo centro es la capital política del país. En consecuencia, se han efectuado inversiones con rentabilidades financieras y sociales negativas, pues, la intensidad de uso del AVE es muy baja en comparación con la del resto de experiencias internacionales, y el contraste tenderá a empeorar con la entrada en servicio de nuevas líneas cuya demanda es cada vez menor (Albalate y Bel, 2012). De esta forma, la apertura de enlaces del TAV implica interesados desde muchos niveles administrativos, desde local a regional, a través de la esfera nacional y a veces internacional (Gutiérrez et al., 2010; Ureña et al., 2009). De ahí que, hay un riesgo de desacuerdo, falta de congruencia y de presión preferente diferenciada entre los decisores políticos, en varios niveles del territorio de competitividad implicada (López y Monzón, 2010; Ureña et al., 2009). Por tanto, es crucial definir el nivel espacial en el cual los efectos son medidos. Debido a que puede simultáneamente haber efectos positivos a nivel regional y efectos negativos a nivel nacional cuando la red de transporte es mejorada (Martínez y Givoni, 2009; Ureña et al., 2009). Como consecuencia, el análisis de la cohesión social mediante indicadores de accesibilidad, es una temática frecuente en numerosos trabajos de investigación.

2.6.1. Estudios internacionales

Respecto a los estudios realizados a escala internacional, destaca el trabajo ejecutado por Givoni en 2006. Debido a que realiza una revisión de los impactos que produce el TAV en Japón, Francia, España, Alemania, Estados Unidos. Pues, desde ese momento los servicios del TAV se habían introducido en estos países y se preveía que se instaurase en muchos más países. Por tanto, este autor indicaba que este medio de transporte se convertiría en dominante en muchas rutas. Como consecuencia, esta revisión compara los costes de construcción, los costes de explotación, la velocidad del

servicio y la compatibilidad con la red ferroviaria convencional, de la red ferroviaria de alta velocidad entre los diferentes países. De esta forma, el autor afirma que pone en contexto el impacto del diseño de este medio de transporte en el territorio, para poder analizar su impacto en el territorio. Como consecuencia, la revisión concluye que el TAV está diseñado para sustituir los servicios ferroviarios convencionales en las rutas donde se requiere mayor capacidad y la reducción del tiempo de viaje. Pues, mejora la prestación del servicio ferroviaria y da lugar a la sustitución de otros modos de transporte. No obstante, el autor asevera que la alta inversión en TAV no puede justificarse sobre la base de sus beneficios para el desarrollo económico. Debido a que estos beneficios no son ciertos.

Igualmente, López, Monzón, Ortega y Mancebo analizaron en 2008 y 2009 la evaluación estratégica de los planes de infraestructuras de transporte en la integración europea. Estos investigadores evaluaron la contribución de las infraestructuras de transporte en la integración transfronteriza de los diferentes países que atraviesan. A este respecto, para lograr esta evaluación desarrollaron una metodología basada en la medición de la mejora en la eficiencia de la red en las regiones transfronterizos, mediante la medición de la accesibilidad en un SIG. Además, para validar esta metodología fue aplicada al PEIT. Posteriormente, los resultados muestran la eficiencia de la red fuera de la frontera española con Portugal y Francia.

Del mismo modo, Gourvish en 2010 realiza una revisión bibliográfica existente respecto al TAV, evalúa el coste económico de las líneas construidas y las que se van a construir en Japón, Francia, Gran Bretaña, Alemania, Italia, España, Korea del Sur, Taiwan, Turquía, China, Estados Unidos. Inicialmente, determina la diversidad de infraestructura ferroviaria existente a nivel mundial, identifica los diferentes tipos de trenes existentes, la velocidad media y máxima de los trenes y el tipo de servicio que ofrecen.

Posteriormente, analiza los costes de inversión de cada una de las líneas del TAV en diferentes países. Finalmente, analiza el impacto del TAV en la economía, los sistemas de transporte, los patrones de movilidad y las economías regionales de los diferentes países analizados.

Estudios europeos

A escala europea el autor que mayor trabajo ha realizado ha sido Roger Vickerman. A este respecto, el primer trabajo trascendental es el realizado por este investigador en 1986. Debido a que este autor analiza las consecuencias en el crecimiento y en el desarrollo regional que conllevaba la apertura del Canal de la Mancha entre Francia y el Reino Unido. Debido a que se preveía por parte de los gobiernos británico y francés que la construcción de esta gran infraestructura impactara enormemente en las regiones que directamente conectaba. Estas regiones eran Kent en el Reino Unido y Nord-Pas de Calais en Francia. Del mismo modo, se vaticinaba que este túnel tendría también repercusiones en las áreas alrededor de las regiones directamente conectadas a corto plazo. Debido a la construcción del túnel y a largo plazo por el incremento de la accesibilidad que esta gran infraestructura provocaría. Como consecuencia, se pretendía que aumentara la competitividad entre las regiones conectadas y no conectadas por el túnel de la Mancha.

Como consecuencia, el autor realiza una evaluación preliminar del posible impacto en el crecimiento regional y en el desarrollo de las regiones directamente conectadas y de aquellas regiones alrededor de estas últimas. Además, analiza los impactos en la CEE en su conjunto. No obstante, para lograr estos objetivos este autor generó un modelo teórico de desarrollo regional basado en la infraestructura de transporte. A este respecto, el modelo evalúa la magnitud de los cambios en los costes de transporte, sus impactos sobre la ubicación de la infraestructura y sus repercusiones económicas. Finalmente, la conclusión general del análisis realizado es que son necesarias una serie de inversiones, junto con las inversiones para la construcción de esta infraestructura. De esta forma, se producirían cambios en el modelo de desarrollo regional de ambos

países, sobre todo en Francia. En caso contrario, el túnel de la Mancha tendría un impacto marginal (Vickerman, 1987).

Este mismo autor en 1995 analiza las redes transeuropeas. Debido a que este considera el sistema de transporte como elemento clave en el proceso de integración europeo. Pues, los medios de transporte deberían favorecer la conexión de los estados periféricos más pobres de la CEE con los más desarrollados. Sobre todo, los estados miembros del este y centro de Europa. Además, esta red tendría una gran importancia en aquellas regiones centrales cuyo tráfico estaba congestionado. Como consecuencia, se reconocía la necesidad de una considerable inversión en infraestructuras de transportes europeas. Pues, estas inversiones tendrían importantes implicaciones tanto en la distribución inter e intra-regional de la actividad económica. Como consecuencia, el autor examina la naturaleza de las redes transeuropeas de transporte propuestas y analiza los problemas que plantean estos cambios en las infraestructuras de transporte. Especialmente, el impacto de la nueva red transeuropea ampliada en el desarrollo de las regiones de la UE. A este respecto, el autor sostiene que este enfoque requiere una cuidadosa definición de las medidas de accesibilidad referidas al acceso tanto intra- e inter- regional, para todos los modos de transporte. Pues, únicamente de esta forma se lograba reflejar la estructura económica y del sistema de transportes existentes. Como consecuencia, únicamente de esta forma se lograba reflejar las necesidades de cada región. Debido a que mediante esta forma de operar se determinan los niveles de servicio que ofrecerían las nuevas infraestructuras. Finalmente, el autor concluye que es muy importante la planificación de las infraestructuras de transporte, no solo por razones financieras, sino también por razones ambientales y sobre todo por razones sociales. Debido a que las infraestructuras de transporte deben lograr la cohesión territorial y social entre las diferentes regiones de los estados miembros de la UE.

Nuevamente, en 1996 Roger Vickerman analiza el TAV en Europa. Debido a que el desarrollo del TAV ha sido uno de los rasgos característicos de la reciente política de la UE. Como consecuencia, este autor analiza y evalúa los impactos territoriales y socio-económicos producidos por este medio de transporte. Posteriormente, identifica las regiones donde el desarrollo de la red ferroviaria de alta velocidad no ha sido óptimo para un homogéneo desarrollo socio-económico y critica la falta de integración del TAV con otros modos de transporte. Como consecuencia, propone desarrollar políticas de mejoras en la red ferroviaria para alcanzar una mayor cohesión regional y un mayor desarrollo socio-económico.

Del mismo modo, a escala europea es significativo el trabajo realizado por Gutiérrez Puebla en 1998. Debido a que este autor evalúa de la futura red europea de trenes de alta velocidad mediante la accesibilidad. Pues, analiza la reducción del tiempo entre los lugares y como se modifica la posición relativa entre cada uno de ellos. Ya que según sostiene este autor los lugares conectados por TAV estarán más cercanos en el tiempo de acceso. A este respecto, compara la situación actual con lo previsto para el año 2010, según el Plan Director de la Red Europea referente a trenes de alta velocidad. Finalmente, concluye determinando cuales son las áreas que más se beneficiarán por la construcción de la red ferroviaria de alta velocidad en Europa.

Posteriormente, Roger Vickerman junto a Spiekermann y Wegener en 1999, analizan la relación entre la accesibilidad y el desarrollo económico en Europa. Debido a que en ese momento, existía un incesante debate sobre el papel que desempeñaban las infraestructuras y las mejoras en la accesibilidad en el desarrollo económico de las regiones. El énfasis estaba en la reciente política de la UE en el desarrollo de las redes transeuropeas. Pues, estas redes proporcionaban un marco para una nueva evaluación. Debido a que se asumía que las mejoras en la accesibilidad por la mejora de las redes de transporte europeas conducirían al desarrollo económico. En consecuencia, a una mayor cohesión. Sin embargo, el trabajo realizado por estos autores identifica algunas de las principales dificultades en la definición de una simple medida de accesibilidad para su uso en este tipo de estudios. Además, el trabajo realizado evalúa las nuevas medidas de accesibilidad que permiten una mayor desagregación a nivel territorial y

sectorial. Por tanto, estos autores realizan una evaluación de las implicaciones de la red transeuropeas en el desarrollo regional de la UE. Finalmente, las conclusiones obtenidas en este trabajo ponen en duda la capacidad de las redes transeuropeas de promover una mayor convergencia tanto en la accesibilidad, como en el desarrollo económico.

Del mismo modo, destaca el trabajo realizado por Puga en 2002. Pues realiza una evaluación de los impactos del TAV en el desarrollo regional a escala europea, en función de los salarios de los residentes del territorio para conseguir mayor movilidad y como consecuencia, mayor migración interregional. De esta forma, este autor afirma que el coste del servicio del TAV no necesariamente facilita la convergencia o desarrollo regional. Incluso, que la reducción del coste de este medio de transporte podría afectar al equilibrio entre las fuerzas de dispersión y aglomeración urbanas.

Por otro lado, Salas, García y Rodríguez en 2002, establecen desde un punto de vista, tanto teórico como empírico, la relación existente entre la desigualdad en la distribución de la renta y la movilidad social. De esta forma, estos autores determinan los índices de movilidad social de intercambio y de desigualdad de la distribución de la renta mediante el Panel de Hogares de la UE. Por tanto, estos investigadores establecen la relación entre la desigualdad en la distribución de la renta y la movilidad social. Como consecuencia, a través de los índices calculados mediante la estimación de un modelo de efectos aleatorios, determinan que no existe una relación significativa entre movilidad social y desigualdad económica a nivel europeo.

También en el ámbito europeo destaca el trabajo realizado por Bröcker, Meyer, Schneekloth, Shürmann, Spiekermann y Wegener en 2004. En este estudio se genera un modelo para evaluar de forma integrada los efectos socio-económicos y espaciales provocados por las diferentes inversiones y políticas en la red de transportes de la UE. Debido a que esta política de inversiones de la UE sobre infraestructuras de transporte tenía como uno de sus principales objetivos reforzar la cohesión y reducir las disparidades económicas y sociales entre las diferentes regiones. Pues, en ese momento la adhesión de diez nuevos países plantea problemas de cohesión cada vez más importantes. Como consecuencia, este estudio analiza cómo los beneficios derivados de la mejora de los medios de transportes se distribuyen entre los individuos, estratos sociales y regiones.

De nuevo, Gutiérrez Puebla también a escala europea en 2004 aporta datos, reflexiones e ideas sobre el TAV desde una perspectiva espacial. En este análisis se estudian las características básicas de este modo de transporte, la evolución de las redes en los países pioneros y la conformación de la red transeuropea de alta velocidad ferroviaria. Asimismo, se analizan el proceso de contracción del espacio y sus consecuencias sobre la competitividad de las ciudades y la cohesión territorial; el efecto túnel y sus consecuencias polarizadoras sobre el territorio; los impactos de la alta velocidad sobre la movilidad, al captar demanda de otros modos de transporte y generar una demanda nueva; y los impactos en la ciudad. A este respecto, este autor concluye sin duda la alta velocidad es un instrumento de integración territorial que favorece la competitividad de las ciudades. No obstante, sus efectos territoriales son polarizadores. Debido a que es un medio de transporte especialmente selectivo.

Nuevamente, Vickerman en 2006 junto a Ulied en 2006 analiza los impactos en el desarrollo económico que el TAV podía provocar en Europa. De esta forma, el trabajo realizado considera que la ampliación de la red ferroviaria de la alta velocidad, debe ser utilizada como instrumento para mejorar la competitividad y la cohesión entre las diferentes regiones de los estados miembros de la UE. No obstante, este objetivo plantea una serie de complejas cuestiones que directamente relacionan el transporte con la economía. Pues, según este autor los medios de transporte generan un mundo de competencia imperfecta. Debido a que los sistemas de transporten generan mayores oportunidades de desarrollo socioeconómico en unas localizaciones que en otras. Por tanto, este autor revisa los beneficios de la accesibilidad y los posibles modelos

territoriales existentes, para lograr un modelo territorial de desarrollo económico equilibrado, en función de la mejora del TAV a escala europea.

El año siguiente en 2007 los investigadores Martín y Reggiani analizaron y compararon los índices sintéticos de accesibilidad con el fin de medir el impacto de los trenes de alta velocidad en las ciudades europeas. En particular, estos autores utilizaron los datos y resultados de los trabajos realizados por Gutiérrez en 1996 y Martín, Gutiérrez y Román en 2004. Estos datos fueron sintetizados por Martín y Reggiani en un nuevo método de análisis. Posteriormente, los resultados obtenidos permiten a estos investigadores realizar una clasificación de los territorios europeos en función de la accesibilidad global de las ciudades europeas en tres escenarios distintos en 1996, 2005 y 2015.

De nuevo, Vickerman en 2008 desarrollo metodológicas para analizar los vínculos existentes entre inversión en el transporte y el desarrollo económico de una región. Debido a que según este autor es necesario reunir ambos enfoques para obtener un modelo más riguroso que determine los beneficios económicos.

Asimismo, Hall en 2009 analizó la difícil integración de la red ferroviaria de alta velocidad en las diferentes geografías nacionales de los países comunitarios. Del mismo modo, destaca el fuerte desarrollo de esta red en el noroeste de Europa, Francia, España e Italia en 2009. Igualmente, este autor determina que los impactos espaciales de estas nuevas líneas son muy complejos de determinar. Sin embargo, existe un efecto territorial claramente apreciable. Pues, Hall determina que el TAV favorecería a las grandes ciudades centrales conectadas por este medio de transporte y pone en serio peligro el desarrollo de aquellas ciudades más pequeñas que no disponen de conexión de alta velocidad.

También en 2009 Nash, junto con estudios realizados en 1999 y 2004 analizó la inversión y la tecnología desarrollada en alta velocidad ferroviaria en los países de Japón, España, Francia, Korea y China. Posteriormente, señaló la demanda de pasajeros que hubo en esos países los años anteriores y realizó una estimación de los posibles viajeros para los 10 años siguientes. De esta forma, determinó cuando era necesario invertir en cada uno de esos países en alta velocidad ferroviaria. Además, concluyó que el TAV es exitoso cuando surge de la necesidad de movilidad. Pues, la gran inversión en la construcción de esta gran infraestructura impone que un volumen de pasajeros para lograr su rentabilidad. Además, es necesario asociar la alta velocidad ferroviaria con el ferrocarril convencional para lograr que los beneficios de la alta velocidad lleguen a la mayor cantidad de personas residentes en el territorio en forma de desarrollo socio-económico. De esta forma, se logrará mayor cantidad de pasajeros en el TAV y como consecuencia, una mayor rentabilidad de la infraestructura.

Finalmente, es reseñable el trabajo realizado por Condeço-Melhorado, Martín y Gutiérrez en 2011. En el mismo, se analiza cómo las políticas de tarificación vial en los países de la UE dan lugar a patrones de movilidad sociales y medioambientales. Este trabajo demostró, mediante el uso de indicadores de accesibilidad aplicados a la red de carreteras de España, que estos patrones producen un impacto negativo en la accesibilidad a nivel regional, como consecuencia del aumento de los costes de movilidad.

2.6.2. Estudios nacionales

A escala nacional, el número de estudios realizados es también muy alto.

Francia

De esta forma, las contribuciones más tempranas corresponden a los estudios elaborados en Francia. Estos estudios se iniciaron para identificar cual era el papel que jugaba el TAV en la transformación del espacio. A este respecto, Plassard en 1988 analizó más profundamente las relaciones desarrolladas entre las redes del TAV y los territorios. Este autor confirmó las transformaciones en los patrones de viajes, mediante el análisis del cambio en los comportamientos de movilidad de los individuos. Este autor determinó estos cambios como cambios modales inducidos. Asimismo, observó que el

TGV era un modo de transporte eficiente en el enlace de grandes ciudades, pero también reconocía que la inexistencia de paradas intermedias provocaba que este medio de transporte fuera más ventajoso para algunos territorios que para otros que no recibían los beneficios de esta gran infraestructura. Esta característica del TAV hizo que este autor definiera el concepto de efecto túnel. Pues, este medio de transporte parecía cruzar el territorio entre las principales ciudades sin parar en las ciudades más pequeñas intermedias, como si lo hiciera a través de un túnel, siendo el origen y final del túnel, las ciudades de origen y final del trayecto del viaje. Incluso, este autor afirma que para las ciudades pequeñas, las ventajas esperadas eran escasas. Como consecuencia, este autor proponía que el TAV provocaba la ruptura de la continuidad territorial (Plassard, 1991). Debido a que este medio de transporte genera efectos económicos permanentes en la localización de actividades. Asimismo, genera mayor accesibilidad a los bienes y servicios, la ampliación de áreas comerciales y mayor competitividad entre los territorios. No obstante, respecto a los beneficios que genera el TAV Plassard en 1991 afirma que la alta velocidad ferroviaria casi nunca genera procesos, sino que acelera o consolida las dinámicas y estrategias de desarrollo territorial existentes. Por tanto, propone la necesidad de aplicar estrategias en las localizaciones que reciben el TAV para maximizar los beneficios que el territorio puede obtener por este medio de transporte.

A este respecto, se concreta la noción de “espacio dual” acuñada por Plassard en 1991. Pues, este concepto se obtiene del reconocimiento de la dicotomía existente entre el “espacio red”, es decir, los nodos localizados en la red del TAV, usualmente grandes ciudades y el “espacio ordinario”, es decir, las porciones del territorio no conectado a la red. Incluso, este autor considera el paralelismo entre el avión y el transporte ferroviario de alta velocidad. Debido a que tienen similares consecuencias para las metrópolis. Pues el TAV parece un avión sobre raíles conectando grandes ciudades. Como consecuencia, Plassard en 1992 determina que este dualismo en la cohesión regional provocada por los efectos de polarización desde los nodos de la red producía cambios en las jerarquías urbanas de la región. A este respecto, el mismo autor señala que la mejora del TAV de la accesibilidad en las ciudades intermedias era pequeña, dado que estas ciudades no concentraban las numerosas infraestructuras de transporte de las grandes ciudades que acogían una estación de la alta velocidad ferroviaria. Por estas razones, este autor enuncia también el término de “irrigación ferroviaria” como la integración entre el TAV y los sistemas de transporte público, especialmente el tren convencional. En caso contrario, Plassard determina que las nuevas inversiones de transporte en alta velocidad ferroviaria generarán solamente beneficios marginales.

Posteriormente, otro investigador francés que destaca en 1997 por el análisis de los cambios de movilidad de los usuarios del TAV en el eje atlántico del TGV es Troin. Este autor motivado por el bajo incremento en el número de viajeros esperados en función de la primera TGV abierta establece que el TGV genera transformaciones remarcables en los patrones de viaje. Pues este medio de transporte provoca cambios en los comportamientos de movilidad de los individuos. No obstante, este comportamiento también obedece a factores externos al modo de transporte. Como consecuencia, estos factores externos junto con el poder de atracción de la alta velocidad ferroviaria generan tráfico inducido. Debido a que los residentes de un territorio viajan en TAV cuando anteriormente no viajaban. Además, este autor confirmó la noción de “espacio dual” previamente determinada por Plassard en 1991.

Después, la misma línea ferroviaria de alta velocidad, el eje atlántico del TGV que unía París y Lyon, fue analizada por Klein en 1998. Debido a que era la segunda línea abierta en Francia y conectaba a las metrópolis más importantes. Este autor determina que el TGV fue diseñado para provocar un cambio en el comportamiento modal de los viajeros del avión. Debido a que el TAV capturó aproximadamente seis millones de pasajeros del avión. Además, este autor en 2005 determina nuevos patrones de movilidad caracterizando pasajeros y relaciones inter-metropolitanas.

Más tarde Auphan en 2006 determina que el modelo francés de alta velocidad, concebido en los años setenta, fue aplicado por primera vez, bajo una forma casi

perfecta, entre París y Lyon a principios de los años ochenta. Sin embargo, la adaptación de este modelo se encontró con dificultades por las condiciones específicas en las operaciones de expansión de la Red hacia el Atlántico, Norte y Mediterráneo. En este contexto, el nuevo tramo del TAV Este-europeo, siendo el más evolucionado tecnológicamente, es quizás el más antiguo por la concepción de su servicio de comunicación territorial.

Figura 17: Red de Alta Velocidad Ferroviaria Francesa. Fuente: Réseau Ferré de France

Como consecuencia, este autor afirma que inicialmente el TGV se concibió como un medio de transporte especializado en las conexiones entre París y las capitales de provincia y no como un medio de transporte rápido entre territorios que podría extenderse en ósmosis mediante la red tradicional. Aunque utiliza la misma infraestructura que el tren convencional, el TAV parece concebido como otro medio de transporte. Por tanto, el modelo francés de alta velocidad, según este autor, aparece como un nuevo sistema de transporte que asocia una nueva infraestructura, un nuevo material y nuevos métodos de explotación.

Alemania

En 1997 Mandel, Gaundry y Rothengatter desarrollan un modelo de elección modal para los pasajeros en Alemania. Debido a que utilizan variables económicas en este modelo para determinar las consecuencias de los trenes de alta velocidad en el desarrollo socioeconómico de la nación. De este modo, determinan que este medio de transporte produce una asimetría en el territorio. Debido a que se generan beneficios marginales entre las regiones conectadas por el TAV y las no conectadas. Estas últimas apenas apreciarán un cambio significativo en sus oportunidades de desarrollo socio-económico.

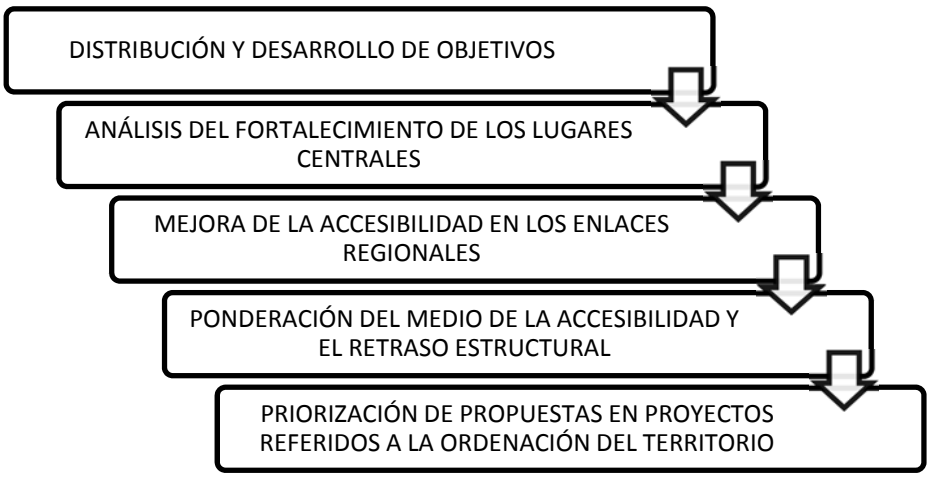
Posteriormente, Rothengatter en el año 2000 analizó las políticas de inversión del Gobierno de este país, en materia de transportes. Debido a que según este autor existía una razón clara para determinar el potencial de las infraestructuras de transporte en el territorio. Como consecuencia, evaluó las inversiones y la planificación de nuevas infraestructuras de transporte. Sobre todo, las futuras inversiones en TAV que se iban a producir en ese momento. Finalmente, este investigador concluye que hay que mejorar la coordinación internacional y nacional entre los diferentes organismos políticos en materia de transportes. Pues, de esta forma se lograría una mayor integración social de las infraestructuras de transportes.

Asimismo, el BMVBW en 2003 destaca por intentar llevar a cabo una inversión equitativa en nuevas infraestructuras de transporte. Como consecuencia, para lograr este fin mide el grado de accesibilidad de un territorio ante la implantación de una nueva infraestructura. Debido a que el gobierno de este país pretendía que esta accesibilidad fuera equilibrada en todo el territorio.

Como consecuencia, esta metodología logra este objetivo identificando las zonas con mayores déficits de accesibilidad y menor desarrollo económico. Pues, estos territorios debían recibir mayor dotación en infraestructuras o bien mejorar las existentes. De esta forma, se lograría que dichas áreas geográficas aumentaran su accesibilidad y en consecuencia, sus condiciones económicas.

Las principales fases metodológicas seguidas por el BMVBW para llegar al anterior objetivo son:

Figura 18: Principales fases metodológicas del BMVBW. Fuente: Autor basado en BMVBW 2003



De la Figura 18 anterior se desprende que el primer paso desarrollado con esta metodología es determinar la distribución territorial de los asentamientos urbanos. Posteriormente, se analiza si en los lugares centrales se produce un incremento de la accesibilidad por encima de lugares periféricos, ya que si fuera así se produciría un fortalecimiento económico de estos primeros. El tercer paso consiste en determinar las actuaciones necesarias para mejorar la accesibilidad de los enlaces regionales y evitar que existan zonas periféricas inaccesibles. El último punto del proceso indica, por un lado, cuáles son las zonas más atrasadas económicamente y con menor accesibilidad y por otro, cuáles son las áreas que aun siendo avanzadas económicamente, tienen alta accesibilidad.

Incluso, Rothengatter en 2005 afirmó que el anterior método constituía un ejemplo de un procedimiento de evaluación integrada. Debido a que incluía en el marco espacial la economía, la equidad social y los efectos internacionales. Incluso, afirma que este método claramente mide la eficiencia y equidad producida por las redes de transportes.

Posteriormente, en el año 2009 los autores Buehler, Pucher y Kunert analizaron el desarrollo de infraestructuras en Alemania. Debido a que pretendían determinar si el sistema de transportes alemán era sostenible. Como consecuencia, estos investigadores determinaron que el fomento del comercio, la reducción del consumo de energía, el aumento de la seguridad y sobre todo, la igualdad de acceso a los destinos de todos los grupos de la sociedad, mejoraba la calidad de vida de los residentes alemanes. Por tanto, determinan que el sistema de transportes alemán era sostenible.

Japón

El primer estudio reseñable es el ejecutado por Ono en 1993, pues mediante su trabajo el autor propone una la política de transporte sostenible del país. Debido a que este considera fundamental la formación de sistemas de transportes públicos eficientes, especialmente el TAV y el autobús. De este modo, se lograrían resolver los problemas del desarrollo sostenible de la red de transportes japonés.

El año siguiente en 1994 el investigador Murayama, describió la transformación del sistema urbano japonés desde el inicio de la modernización en 1868, con especial referencia a la accesibilidad ferroviaria de las ciudades. Finalmente, consiguió demostrar que los cambios en el tiempo de viaje por ferrocarril muestran como el sistema urbano se modificó. Debido a que las ciudades que el aumento de la accesibilidad en las ciudades de Japón, por la implantación de nuevas líneas ferroviarias de alta velocidad, también incrementaba notablemente las diferencias socio-económicas entre ciudades que poseían o no estación de TAV, siendo las primeras las más beneficiadas por la llegada de la alta velocidad ferroviaria.

Destaca el trabajo realizado por Sakakibara en 2012. Debido a que este autor relaciona el cambio social y la futura política de transportes en el contexto japonés. Pues, según este autor el crecimiento económico, no parece haber resuelto el envejecimiento de la población y además, existe la necesidad de proteger a la población de los resaltes naturales. Debido a que Japón experimentó un enorme tsunami y terremoto en 2011. Como resultado decenas de miles de personas se vieron obligadas a abandonar sus hogares para vivir en campos de refugiados. A este respecto, según el autor estos dos problemas están estrechamente relacionados. Como consecuencia, analiza las políticas de transporte de las futuras generaciones en este país en relación a los dos problemas anteriores. De este modo, concluye que es necesario realizar una política de inversiones en materia de transporte equilibrada para todo el territorio. De tal forma, este autor propone no priorizar inversiones en las grandes infraestructuras, entre ellas, las infraestructuras ferroviarias de alta velocidad, sino que es prioritario desarrollar redes secundarias. De esta forma, se conseguirá el crecimiento económico y se logrará que aumente la población de forma racional en el país.

Reino Unido

Durante la década de los 90 los estudios dedicados a investigar los impactos socio-económicos y espaciales de los sistemas de transporte aumentan. A este respecto, dentro del continente europeo el país que más promovió este tipo de análisis, fue el Reino Unido. Debido a su cautela en la inversión en grandes infraestructuras de transporte. Sobre todo, respecto a las inversiones a realizar en alta velocidad ferroviaria.

Como consecuencia, Nash en 1991 determinó que la posible implantación del TAV en el Reino Unido posiblemente produciría una reducción del tiempo de viaje. Asimismo, aliviaría la congestión del tráfico por carretera, reduciría los accidentes y tendría menos efectos negativos ambientales que los restantes modos de transportes. Incluso, este autor afirmó que la alta velocidad ferroviaria produciría beneficios en el desarrollo local y regional. Debido a que este medio de transporte recogería viajeros de otros modos de transporte y acogería a viajeros que antes no viajaban.

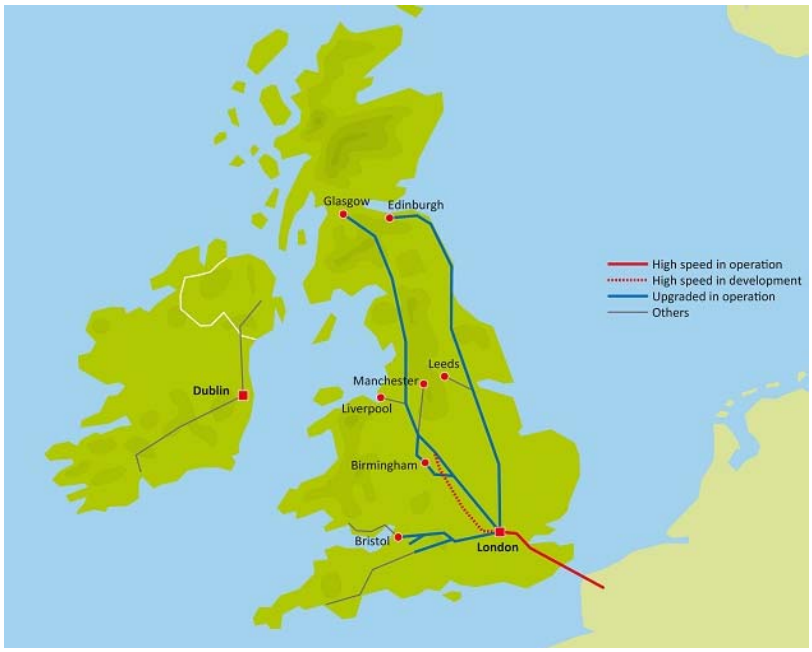
Sin embargo, después de la evidencia analizada Nash afirma que “la evidencia sobre todos estos temas se examina y se concluye que los beneficios ambientales y de desarrollo territorial son limitados”. Pues, este autor indica que para que se produzcan grandes beneficios por este medio de transporte también depende de las circunstancias del territorio donde se implante. Por tanto, concluye que esta tecnología de transporte provocará una red centralizada alrededor de las mayores ciudades y que es necesario desarrollar una nueva tecnología que pueda proporcionar un mayor beneficio a una mayor extensión territorial y con menor coste económico.

De esta forma, al igual que las investigaciones francesas los autores ingleses determinaron que los efectos espaciales y socio-económicos positivos se concentraban

en los lugares que eran conectados por la red del TAV. Por esta razón, Whitelegg y Holzapfel en 1993 concluyeron que el impacto socio-económico global del TAV en el Reino Unido era negativo. Inicialmente, estos autores determinan que claramente la alta velocidad ferroviaria conquista la distancia por la reducción del tiempo de viaje. Como consecuencia, la implantación de este medio de transporte en el Reino Unido lograría que distancias más alejadas fueran alcanzadas en menor tiempo de trayecto. No obstante, esto provocaría una polarización del espacio económico. Debido a que el TAV favorecería a las áreas o ciudades más grandes con mayor número de posibilidades de aprovechar las ventajas en términos de accesibilidad de este medio de transporte. Como consecuencia, estos autores afirman que la alta velocidad ferroviaria favorece que haya inversiones económicas para el desarrollo socioeconómico en los territorios más desarrollados económicamente conectados por este medio de transporte. De esta forma, se exacerban los problemas territoriales estructurales. Sobre todo, en el desarrollo laboral de los residentes de los territorios no conectados por el TAV. Como consecuencia, estos autores proponen realizar inversiones en los territorios no conectados y menos desarrollados económicamente para equilibrar las desigualdades en las oportunidades de desarrollo socioeconómico que ofrece el TAV a los territorios que conecta. Debido a que según la perspectiva de estos autores las políticas de transporte siempre tienen que tener como objetivo primordial lograr la igualdad social y territorial. En consecuencia, la implantación de cualquier medio de transporte en el territorio debe evitar la generación de zonas aisladas, zonas de sombra o zonas sin servicios de transporte “spaced out”. Pues, en caso contrario se produciría una sociedad menos igualitaria que tendría menos posibilidades de desarrollo en común.

A este respecto, después de la apertura de la primera línea ferroviaria de alta velocidad en 2003, el Túnel de La Mancha, la Comisión de Transporte dirigida por Steer Davies Gleave en 2004, analizó si los resultados obtenidos por la inversión en esta infraestructura de transporte eran los esperados.

Figura 19: Red de Alta Velocidad Ferroviaria en Inglaterra. Fuente: UIC, enero de 2013



Como consecuencia, determinó que el TAV producía un beneficio socio-económico mucho más escaso que el resto de los países donde se había producido una inversión de estas características. Debido a la geografía británica y a las características socio-económicas de su población. Por tanto, esta comisión hizo recomendaciones al Gobierno Británico, sobre cómo deberían ser los criterios adecuados y los procesos

óptimos de inversión en TAV, mediante el análisis del mercado de este medio de transporte.

Como consecuencia, Harman en 2006 analiza la relación entre la prestación de servicios del TAV y el crecimiento de las actividades económicas de las ciudades. Por tanto, se centra en el suministro y el uso de los servicios ferroviarios de alta velocidad, en los patrones de actividad y en la planificación espacial de las ciudades. Inicialmente determina quién utiliza los servicios del TAV en función del tiempo de viaje y la zona a alcanzar. Posteriormente, determina como la mejora de la accesibilidad de este medio de transporte promueve el desarrollo económico en la ciudad que alberga una estación ferroviaria. A continuación, analiza la relación entre los servicios ferroviarios de alta velocidad y el transporte regional y local, para determinar cuáles son las regiones más beneficiadas por el TAV. Finalmente, concluye que los servicios ferroviarios de alta velocidad si son apoyados por planes de desarrollos locales y regionales, pueden servir para desarrollar las economías locales y regionales.

Incluso, el Departamento de Transportes del Reino Unido en agosto de 2009 solicitó a la Consultoría de Ingeniería Atkins, la evaluación del impacto producido por la red de carreteras y de ferrocarriles existentes, en la convergencia socio-económica del país. Debido a que, en ese instante, el Gobierno del Reino Unido estaba considerando diferentes alternativas de mejora de la red ferroviaria de alta velocidad. Pues, consideraba preciso evaluar si eran necesarios nuevos servicios de alta velocidad ferroviaria entre Londres y West Midlans. Como consecuencia, esta consultoría tuvo que evaluar si la inversión en esta nueva línea ferroviaria denominada Alta Velocidad 2 era una estrategia acorde con la política de inversiones del Gobierno del Reino Unido. Debido a que esta política busca equilibrar la eficiencia de la red y la cohesión social que produciría. Incluso, esta consultoría desarrolló un abanico de alternativas y diseñó una gama gradual de intervenciones e inversiones en la red de carreteras y de ferrocarriles existentes entre Londres y West Midlands. Finalmente, el Gobierno siguió la estrategia diseñada por esta consultoría.

Asimismo, en 2009, el grupo Greengauge 21 analizó la política en materia ferroviaria de alta velocidad del Gobierno británico, pues a principios de ese año el Gobierno estaba planificando el TAV entre Londres y West Midlands. A este respecto, el trabajo realizado analiza las repercusiones nacionales socio-económicas de este medio de transporte. Como consecuencia, este trabajo la implantación de esta infraestructura ferroviaria debe mejorar la competitividad económica en todo el país y debe mejorar la sostenibilidad ambiental del conjunto de sistemas de transportes.

A este respecto, Banister en 2008 que previamente en 1993, 2000 y 2001 analizó la conexión del TAV entre ciudades, para determinar el estatus de las diferentes ciudades en función de la conexión de cada una de ellas con las restantes mediante este medio de transporte o bien, mediante los restantes medios de transportes existentes. Debido a que este autor considera como uno de los factores más importantes en los países desarrollados las redes de transporte, pues los asentamientos urbanos enlazados por los medios de transporte sufren efectos por este motivo. No obstante, Banister considera necesario realizar análisis separados en tres niveles. Estos tres niveles son el nivel macroeconómico, para analizar los efectos de las redes regionales producidos por el impacto económico de las infraestructuras de transporte, el nivel meso para estudiar cómo se relacionan los impactos producidos por los medios de transporte con las economías de los núcleos urbanos y los mercados de trabajo, e incluso, determinar cuáles son las consecuencias de la red de transporte en el medio ambiente y por último, a nivel micro, para determinar los impactos producidos por el uso del suelo. Como consecuencia, este autor desarrolla diferentes métodos diferenciados- ya que según Banister los diferentes impactos deben ser investigados con métodos adecuados y diferenciados en cada uno de los niveles. Esta es una condición indispensable para llegar a resultados reales. Finalmente, el autor llega a la idea generalizada de que el impacto socioeconómico que provocaría el TAV a escala nacional sería negativo.

Posteriormente la Consultoría de Ingeniería Atkins fue nuevamente contratada por el Gobierno del Reino Unido en octubre de 2010. El propósito nuevamente era evaluar un conjunto de alternativas, respecto a las estrategias de inversión que debía el Gobierno en materia de infraestructuras viarias terrestres tanto por carretera como por ferrocarril, para equilibrar la eficiencia de la red y la cohesión social que produciría en el país. Debido a que este deseaba conectar mediante una red en forma de Y con TAV las ciudades de Londres, Birminghan, Manchester y Leeds. A este respecto, Atkins realizó una evaluación económica de diferentes alternativas. De esta forma, se seleccionó aquella alternativa económica más concordante con la última evaluación realizada para la línea de alta velocidad entre Londres y West Midlands. Además, generó una segunda alternativa B. Como consecuencia, este trabajo proporcionó una evaluación de las principales alternativas ferroviarias de alta velocidad estratégicas en el Reino Unido. En este informe se resumen las intervenciones que se deben desarrollar, y se examinan los costes de construcción y de operación del servicio. Asimismo, se detalla una exhaustiva evaluación económica de las diferentes alternativas.

También en mayo de 2010 Preston al igual que en 2008 junto con Wall y junto a Armstrong y Docherty en solitario en 2009, investigó sobre la interacción socioeconómica entre el TAV y el uso del suelo, mediante la accesibilidad de los asentamientos urbanos conectados por este medio de transporte. Este autor logró determinar esta interacción mediante el análisis de cuatro elementos de este medio de transporte en Gran Bretaña. El primer elemento que analizó este autor fueron los beneficios y los costes económicos de este medio de transporte, el segundo elemento fue determinar cuál era la responsabilidad financiera del erario público cuando decidió realizar cierto tipo de inversiones respecto a este medio de transporte que no resultaron exitosas, el tercer elemento fue el ahorro de emisiones en CO2 y el último tema analizado fue como debía ser planificada esta infraestructura de transporte para que sus beneficios llegaran a la mayor cantidad de población posible y no se volvieran a cometer los mismos errores.

De esta forma, este autor considera que el argumento económico es fundamental cuando se decide construir la infraestructura que sustenta el TAV. Debido a que su alto coste es sufragado por todos los habitantes del país. Como consecuencia, este argumento económico implica un mayor grado de análisis en los estudios realizados. De este modo, este autor señala que en ese momento era necesario un análisis más detallado sobre los efectos territoriales y la demanda futura de viajeros que tendría la línea de Londres a Birmingham.

Incluso, este autor determina que a pesar de los niveles relativamente altos de demanda de este medio de transporte; los excepcionales altos costes en el Reino Unido que conlleva el servicio ferroviario de alta velocidad requieren que el gobierno de este país subsidie parcialmente el TAV. En consecuencia, Nash propone reducir los costes y aumentar los ingresos a expensas de la rentabilidad social. Por tanto, propone un modelo ferroviario que solamente conecte aquellas ciudades que tengan demanda suficiente para rentabilizar la inversión pública en este medio de transporte.

Holanda

El siguiente país donde florecieron los estudios que relacionaban el transporte y el uso del suelo para analizar la cohesión social fue Holanda. Debido a que esta difícil relación es el eje de muchos estudios holandeses referidos al transporte y a la planificación. Como consecuencia, la gran mayoría de los investigadores holandeses evaluaron esta relación mediante el estudio de la accesibilidad.

Figura 20: Mapa oficial de los sistemas de transportes de los Países Bajos. Fuente: Nations Online Project

De esta forma, Geurs y Ritsema en 2001 desarrollaron medidas de accesibilidad basadas en la actividad de los habitantes de los núcleos urbanos. A este respecto, estos autores describen el nivel de acceso a las actividades profesionales según la distribución espacial de la población. Como consecuencia, evalúan los sistemas de transportes. De esta forma, estos autores lograron detectar los problemas de congestión de tráfico. Asimismo, determinaron los territorios cuyos residentes demandaban mayores servicios de transporte. Igualmente, establecieron las áreas espaciales con sistemas de transporte que coartan la movilidad de los habitantes. Por tanto, este trabajo mejora la evaluación del servicio ofrecido por los medios de transporte, mediante la aplicación de medidas de accesibilidad. Pues, estas medidas están basadas en actividades potenciales para analizar la accesibilidad al empleo.

De esta forma, estos autores utilizaron el uso del suelo, la demanda de transporte y desarrollaron su propio modelo de movilidad. Como consecuencia, estimaron la influencia del transporte en las pautas de movilidad laborales en Holanda. Pues, desplegaron este modelo de movilidad basado en el acceso al trabajo de los residentes de los núcleos urbanos. De esta forma, este estudio desarrollado en los Países Bajos mostró los diferentes niveles de acceso al empleo.

Incluso, los resultados obtenidos fueron tan satisfactorios que el año siguiente en 2004 Geurs, junto a Van Wee realizaron una revisión de las medidas de accesibilidad. Estos autores realizaron una revisión exhaustiva de todos los indicadores existente. Debido a que pretendían aplicar estos indicadores de accesibilidad para evaluar el uso del suelo. Como consecuencia, estos autores analizaron mediante la base teórica, la interpretación y la comunicación de los resultados obtenidos de los indicadores de accesibilidad en el uso del suelo. De este modo, estos autores desarrollaron indicadores de accesibilidad para establecer estrategias en las políticas de transporte en Holanda.

Asimismo, Elthorst y Oosterhaven en 2004 evalúan cuatro propuestas para el desarrollo del tren de levitación magnética en Holanda. Sin embargo, los resultados obtenidos de la evaluación proporcionan información sobre la redistribución interregional y en el estado de bienestar de la población. Asimismo, estos autores realizan un análisis coste-beneficio. Pues, este análisis, junto a la anterior evaluación les permite llegar a una determinada conclusión. Esta conclusión es que la inversión en el TAV produciría una redistribución espacial y económica, socialmente indeseable, debido a que los

beneficios producidos por este medio de transporte se concentrarían en las ciudades dominantes del país.

Posteriormente en 2005, Bertolini, Le Clercq junto a Kapoen, proponen que la integración del transporte y la planificación del uso del suelo debe ser esencial para lograr el un desarrollo sostenible. Por tanto, para lograr este objetivo, determinan que es esencial medir la accesibilidad de los residentes de cada uno de los territorios a las restantes áreas espaciales. Debido a que la accesibilidad es la oportunidad de los residentes de un territorio de participar en las actividades de otro territorio. De esta forma, estos autores proponen un nuevo marco conceptual mediante la relación entre accesibilidad e integración social en la planificación de los transportes. Como consecuencia, cambian el enfoque en la planificación del transporte en función de la accesibilidad. Pues de esta forma se logra un transporte sostenible según estos autores y se miden los grados de competividad entre los territorios mediante la accesibilidad. Por tanto, según estos autores la accesibilidad determina las condiciones del uso del suelo de forma sostenible.

Posteriormente, Lambregts, Kllosteman, Van der Werff, Rölling, Kapoen, Hall y Pain en 2006 crean una metodología que integra los anteriores indicadores de accesibilidad. Además, validan esta metodología aplicándola al periodo 1996-2030 en el área Randstad de los Países Bajos. Pues, determinan la concentración de actividades cerca de las estaciones, la disminución de las desventajas de los territorios marginales, las ventajas para los usuarios del TAV y los perjuicios para los usuarios de los automóviles.

A este respecto, Straatememier en 2008 sigue esta línea de investigación. Debido a que mide las deficiencias de accesibilidad en los procedimientos tradicionales de planificación en la región de Amsterdam. Este autor logra este objetivo mediante sencillas medidas de accesibilidad que ayudaron a los planificadores en el diseño de políticas de transporte. Por tanto, las medidas de accesibilidad lograron que se produjera el uso del suelo de forma sostenible.

Recientemente, Geurs junto a Kevin y Reggiani realizaron en 2012 una nueva revisión bibliográfica sobre el concepto de accesibilidad. Debido a que hasta este año hubo una gran aplicación de este concepto y a diversos campos de investigación. Además, aplican los nuevos enfoques de accesibilidad a determinar la accesibilidad y conectividad en redes de transporte complejas multimodales. Posteriormente, analizan cómo influyen las nuevas tecnologías en los nuevos modos de transporte. Pues determinan como los sistemas de transporte imponen la generación de nuevos asentamientos urbanos y como estructuran el territorio. Después, revisan la aplicación de indicadores de accesibilidad específicamente a los efectos económicos de un territorio. Concretamente para Holanda y para establecer la relación entre el uso del suelo y los planes políticos de transporte del gobierno de ese país. Posteriormente, analizan la relación entre accesibilidad, equidad social y exclusión. Pues, establecen nuevas medidas para determinar la justicia social teórica que deben provocar los sistemas de transporte. Asimismo, determinan quienes son los mayores beneficiados y los mayores perjudicados por la generación de nuevas infraestructuras de transporte. Este objetivo lo logran mediante la aplicación de indicadores de accesibilidad. Debido a que estas les permiten evaluar la planificación social de los sistemas de transportes.

China

Recientemente, varios países han analizado la posibilidad de incrementar la velocidad comercial máxima de sus TAV. Pues, mayores velocidades permiten la posibilidad de viajar eficientemente sobre distancias más grandes. No obstante, mayor velocidad también significa mayor consumo de energía y costes de mantenimiento. A este respecto, la velocidad actual es de 300-350 km/h. Esta velocidad es suficiente para alcanzar distancias a 600-700 km en tiempos de viajes competitivos con otros medios de transporte. No obstante, esta distancia es óptima en la mayoría de las conexiones inter-metropolitanas de los países europeos. Sin embargo, esas velocidades pueden ser

insuficientes para las relaciones inter-metropolitanas en países de gran extensión, como China, Estados Unidos o Australia.

Como consecuencia, los análisis realizados en estos países y referidos a los sistemas de transporte de alta velocidad han variado su enfoque. Precisamente Chen y Zhang analizaron en 2010 tanto en Estados Unidos como en China la inversión que se estaba realizando y la prevista a ejecutarse en materia ferroviaria de alta velocidad. Debido a que en ese momento China avanzaba más rápidamente estableciendo vías de alta velocidad, mientras Estados Unidos deliberaba sobre las implicaciones ambientales, sociales y económicas del desarrollo del TAV antes de embarcarse en la construcción de la infraestructura. Precisamente, las líneas analizadas de alta velocidad fueron las de Beijing y Shangai, y las de California.

También ese mismo año en 2010, Yuan y Daidai realizaron un estudio sobre los efectos en el mercado de trabajo de la alta velocidad ferroviaria en China. Debido a que, por entonces, la inversión realizada en TAV por el Gobierno Chino era la más elevada a nivel mundial. Sin embargo, según estos autores la gran inversión económica en este medio de transporte no resolvería los problemas del mercado de trabajo. Aunque, si estimularía el crecimiento económico del país. Finalmente, estos autores proporcionan una serie de recomendaciones prácticas para que el TAV impacte de forma adecuada en el mercado de trabajo. Pues, este medio de transporte permite una gran movilidad de la población a su lugar de trabajo.

Posteriormente Zhang, Hong, Wang y Xu en 2011 evaluaron la confiabilidad de los chinos a la alta velocidad de la red ferroviaria. Estos autores aplicaron la teoría de grafos y la teoría de redes complejas. Pues, determinaron las características topológicas entre las estaciones de la red ferroviaria. Asimismo, utilizaron varios parámetros para determinar las características topológicas de la red, la confiabilidad de los viajeros y la robustez de la medida realizada. Incluso propusieron un nuevo parámetro de medida denominado unidad de grado de intermediación para evaluar la capacidad de las líneas de transporte en la conexión de las estaciones.

Asimismo, Wang en 2011 analizó el desarrollo de la red ferroviaria hasta ese momento en China. Posteriormente, analizó las tasas de ocupación de este medio de transporte. Después, comparó estas con las tasas de ocupación del modo de viaje por carretera y aéreo. Finalmente, el autor determina que la red ferroviaria de alta velocidad, ha sido diseñada para sustituir al tren convencional en aquellos lugares donde la demanda es muy alta y es necesario reducir el tiempo de viaje. Como consecuencia, en ciertos lugares el TAV está siendo el modo de transporte dominante. Incluso, por encima del automóvil y el avión. Sin embargo, este autor indica que la alta inversión en este tipo de infraestructuras no puede justificarse en función de los beneficios que se obtienen para el desarrollo económico. Pues, estos beneficios en el desarrollo económico no son ciertos.

Del mismo modo, Chen en 2012 afirma que el TAV reduce el espacio-tiempo y aumenta la movilidad entre las ciudades. No obstante, esta reducción impondrá un patrón espacial económico que aún es desconocido. Debido a que según este autor existen grandes diferencias entre los países, donde ya se ha implantado la alta velocidad ferroviaria y China. Como consecuencia, este autor sostiene que para que este medio de transporte tenga efectos sustanciales en la reactivación de las ciudades que conecta, debe haber una política del gobierno chino que sustente y provoque este desarrollo socio-económico. Como consecuencia, hay muchos retos institucionales para lograr que los beneficios del TAV lleguen a todas las regiones. Además, estos retos son más problemáticos. Debido a que están basados en la negociación y cooperación adecuada, entre las diferentes regiones y territorios urbanos que soporta este medio de transporte. Como consecuencia, este autor sugiere integrar la inversión en TAV con estrategias de desarrollo urbano. De esta forma, se logrará que las ciudades intermedias no conectadas por este medio de transporte, se beneficien de las oportunidades de desarrollo socio-económico que ofrece la alta velocidad ferroviaria.

Del mismo modo en China, Cao, Liu, Wang y Li en 2013 analizaron la implementación a gran escala de la red de alta velocidad en este país. Debido a que, según estos autores, este medio de transporte no solamente suponía una nueva elección de modo de viajar, sino también influiría en la redistribución de las actividades demográficas y económicas. En consecuencia, para cuantificar el impacto de la red ferroviaria de alta velocidad en China, los autores utilizaron tiempos de viaje medios ponderados por los gastos de viaje y la accesibilidad potencial, a escala nacional. De esta forma, analizaron cuarenta y nueve ciudades conectadas por el TAV. En estas ciudades, se analizó la posibilidad de los residentes de viajar en TAV, ferrocarril convencional o mediante avión. Además, estos autores determinaron cuales eran las ciudades que resultaban más favorecidas por la llegada del TAV. Debido a que estas aumentaban su conectividad con las restantes ciudades. A este respecto, las ciudades que mejor aprovecha la implantación de la alta velocidad ferroviaria en el territorio son Beijing y Shangai. Finalmente, estos autores determinan que el uso de los indicadores de accesibilidad es eficaz para evaluar los impactos del TAV.

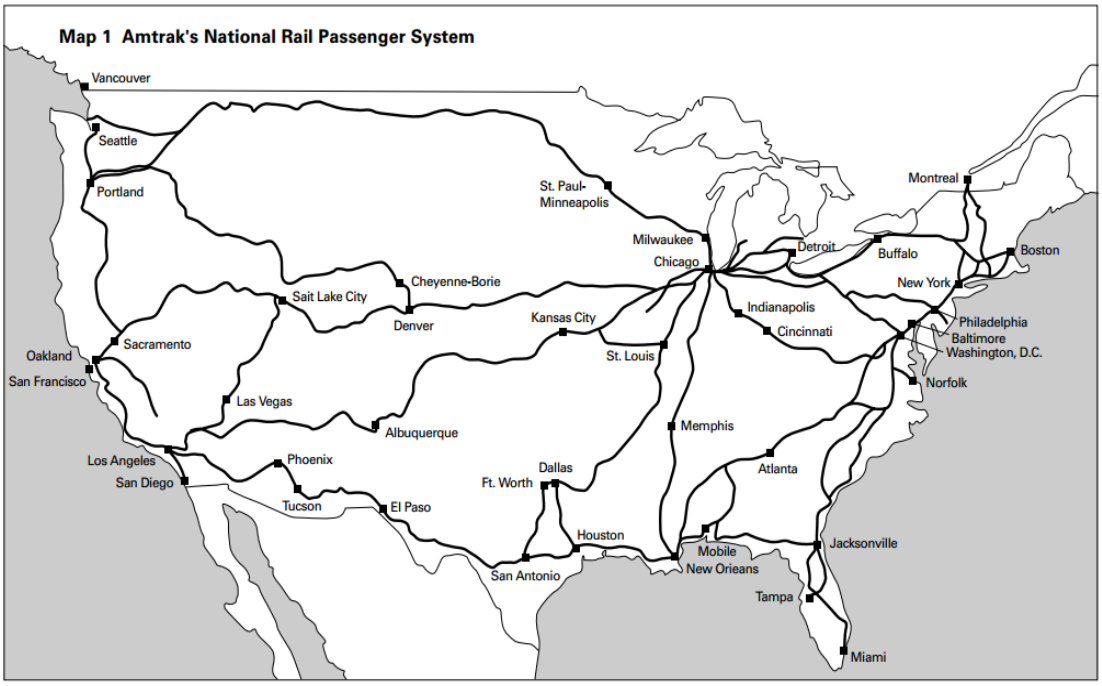
Estados Unidos

Del mismo modo que en el contexto británico, los investigadores estadounidenses han concentrado la mayoría de sus esfuerzos en la evaluación económica del TAV que justifique su desarrollo en el territorio. Incluso, los planes gubernamentales para el desarrollo de la alta velocidad ferroviaria han sido reevaluados por diferentes investigadores. Debido a las grandes inversiones requeridas por los gobiernos para implantar en el territorio la infraestructura, mantener de forma óptima el funcionamiento de este medio de transporte y explotar de forma óptima el servicio que ofrece el TAV.

Como consecuencia, Nice en 1989 examina el servicio ofrecido por los trenes de alta velocidad en este país. Asimismo, este investigador justifica su trabajo por el número de estados que en ese momento daba prioridad a la construcción de infraestructuras de trenes de alta velocidad. Como consecuencia, desarrolla un estudio sobre el coste de la construcción, mantenimiento y explotación de la infraestructura ferroviaria de alta velocidad y el retorno de la inversión entre la población. Finalmente, determina que este medio de transporte presta un servicio óptimo y resulta una inversión rentable entre algunos asentamientos urbanos que acogen a gran cantidad de población. Por este motivo, propone implantar este tipo de infraestructuras solamente entre aquellas ciudades que hagan rentable su inversión.

Del mismo modo, Thomson en 1994 estudia el desarrollo del sistema nacional del ferrocarril de pasajeros Amtrak, hasta ese momento en Estados Unidos. Posteriormente, analiza el coste económico y energético del TAV. Finalmente, compara este sistema ferroviario con la alta velocidad ferroviaria europea y japonesa. De esta forma, determina ambos sistemas tienen similitudes. No obstante, existen tres diferencias fundamentales. La primera es que el Amtrak opera en la mayoría de las ocasiones entre asentamientos urbanos de alta densidad de población. Solamente opera entre núcleos urbanos de menor densidad poblacional cuando existe una clara justificación por la eficiencia del transporte y la demanda de pasajeros. La segunda gran diferencia es que el Amtrak ofrece también un servicio ferroviario de alta velocidad en corredores de corta distancia. Sobre todo, entre Los Ángeles y San Diego. Incluso, con una alta frecuencia de trenes. Debido a que el TAV en este corredor se muestra eficiente incluso para distancias cortas. Pues, existe una gran demanda de pasajeros. La tercera y última gran diferencia, es que el Amtrak ofrece servicios de muy largo recorrido. Pues, estos recorridos aproximadamente recorren entre 2000 y 3000 km. Como consecuencia, los trenes que ofrecen este servicio están dotados de cama, comedor para el hospedaje de los pasajeros. No obstante, la frecuencia del servicio de estos trenes es muy restringida. Debido a que en algunos casos existe un solo servicio ferroviario por día y en algunas rutas tres trenes por semana. Finalmente, ofrece un mapa aclarativo.

Figura 21: Sistema Nacional de ferrocarril de pasajeros Amtrak. Fuente: Thomson 1994



También otro autor que continúa la evaluación de las inversiones para el TAV es Lynch en 2002. Debido a que este autor afirma que cada modo de transporte contribuye al crecimiento económico, la productividad y la circulación de mercancías, servicios y personas. Como consecuencia, el TAV en Estados Unidos juega un papel vital dentro de la sociedad. Pues, la dinámica económica inducida por este medio de transporte produce impulsos nerviosos en la economía y sirve de músculo para la nación. No obstante, este autor considera imprescindible que la inversión pública en transportes sea equilibrada. Como consecuencia, afirma que la inversión pública será equilibrada si provoca un crecimiento equilibrado en todo el territorio, sin restricciones de movilidad para los residentes en algunos espacios geográficos. De este modo, este autor establece que para que la inversión pública genere un crecimiento equilibrado en el territorio, no debe generar la dependencia de unos territorios respecto a otros. Como consecuencia, los territorios que reciben menor inversión estatal para la construcción de infraestructuras de transporte no deben depender de aquellos que reciben mayor inversión estatal para este fin. Incluso, la inversión estatal no debe ser dominante en un solo medio de transporte. Pues, se genera la dependencia de unos modos de transporte respecto a otros. Debido a que en este país la gran inversión en carreteras ha estimulado que el uso del automóvil sea el medio de transporte dominante y los restantes modos dependan de este.

Igualmente, Randall, Fritelli y Mallet en 2009 desarrollaron en su obra el TAV en Estados Unidos (High Speed Rain in the United States). Según estos autores este medio de transporte en ese momento había catalizado el entusiasmo del TAV en el Congreso y la Nación. En consecuencia, el Congreso había autorizado 50 billones de dólares para el desarrollo de líneas ferroviarias de pasajeros, incluidas las del TAV como parte de los nuevos modos terrestres de transporte. No obstante, según estos autores es necesario comparar las inversiones necesarias para la construcción, el mantenimiento y la explotación de este medio de transporte con los beneficios obtenidos para la sociedad en su conjunto. De esta forma, se obtendrá una perspectiva definitiva para tomar decisiones fundamentadas en una buena política de transportes.

Asimismo, desarrollaron dos perspectivas para maximizar los beneficios obtenidos por el TAV en la sociedad y el territorio por el que circula. El primer enfoque era mejorar las líneas ferroviarias existentes. No obstante, abordan un segundo enfoque consistente en la nueva construcción de vías ferroviarias dedicadas exclusivamente al tráfico de pasajeros a gran velocidad. De esta forma, mediante el coste potencial y los beneficios obtenidos determinaron que era relativamente más baja la primera perspectiva para lograr menor inversión y mayor beneficio en la sociedad.

Del mismo modo, según estos autores las características principales de los costes del TAV son la velocidad alcanzada, la geografía del corredor por donde discurre, el coste de viajar en sentido único o bien mediante doble sentido. Por tanto, es necesario decidir si en algunos casos estas características deben ser comunes a toda la red o específicas para algunos corredores ferroviarios. Pues, estos autores proponen que en algunos casos es necesario adecuar el servicio ofrecido por este medio de transporte a la cantidad de pasajeros que va a acoger.

De un modo u otro, los autores concluyen que el TAV ofrecerá beneficios a la sociedad a largo plazo, no solamente en el número de pasajeros sino también en el ahorro energético, preservación medioambiental, en la descongestión de las autopistas y en los sistemas de aviación. Incluso, este medio de transporte tendrá una contribución potencial en el desarrollo económico del territorio.

Como consecuencia, Perl en 2012 revisa las perspectivas de cambios en la política de transporte de Estados Unidos. Estas políticas están basadas en la experiencia inicial de la administración Obama. Debido a que este autor propone un cambio en el paradigma del servicio público de transporte. Pues, sugiere un cambio en el modo de explotación de la alta velocidad ferroviaria. Concretamente, este autor propone que las infraestructuras del TAV sean también utilizadas por el tren convencional. De esta forma, la inversión será menor y el número de pasajeros en la infraestructura ferroviaria en su conjunto será mayor.

Del mismo modo, Lane en 2012 analiza cual es la utilidad del TAV en el desarrollo socio-territorial estadounidense. Así como cuáles son los desafíos de la alta velocidad ferroviaria en este país para lograr dicho la cohesión social. Pues, según este autor la atención que se le ha dado al ferrocarril por las iniciativas de la administración Obama, respecto al papel que este medio de transporte juega en la cohesión social, ha posibilitado la alta inversión en esta infraestructura de alta capacidad. No obstante, el TAV justifica su existencia por su potencial para aliviar el tráfico de automóviles y los viajes de corta distancia aéreos en corredores regionales. Como consecuencia, el TAV tendría importantes beneficios económicos, ambientales y de calidad de vida para los residentes del territorio que puedan beneficiarse de las oportunidades económicas y de desarrollo social de este medio de transporte. Sin embargo, este autor indica que estos beneficios son prácticamente inexistentes entre las regiones del noroeste y de la costa del Pacífico. Como consecuencia, propone una mejor prestación y selección de servicios ferroviarios de alta velocidad.

A este respecto, Levinson en 2012 revisa la planificación de la red ferroviaria de alta velocidad en Estados Unidos en 2010. Debido a que los planes indicaban que esta red interconectaba grandes centros urbanos “hub-and-spoke”. Como consecuencia, según este autor las líneas ferroviarias de alta velocidad producían dos efectos principales. En primer lugar, los beneficios positivos de la accesibilidad mejorada por la implantación de esta infraestructura ferroviaria se concentraban cerca de las estaciones. En segundo lugar, los efectos negativos se concentraban a lo largo de las líneas ferroviarias.

Como consecuencia, es necesario enlazar los beneficios positivos obtenidos por la accesibilidad mejorada por el TAV en los grandes centros urbanos interconectados por este medio de transporte a las zonas intermedias que acogen los efectos negativos al ser sustento de esta gran infraestructura. A este respecto, según este autor estos niveles

de enlace de forma muy generalizada se muestran en grandes metrópolis. Debido a que en algunos casos a escala regional el área de influencia de las estaciones engulle a otras poblaciones.

Del mismo modo, Murakami y Cervero en 2012 evalúan los beneficios económicos en el territorio, otorgados por las inversiones en la alta velocidad ferroviaria. A este respecto, estos autores analizan si el TAV es generador de actividad económica en el territorio o por el contrario, el establecimiento de la red ferroviaria de alta velocidad impone una redistribución marginal del desarrollo socio-económico, exclusivamente en las ciudades que conecta este medio de transporte en Estados Unidos. Como consecuencia, para lograr este propósito ejecutan análisis empíricos que confirman la segunda hipótesis. Pues, estos demuestran que las oportunidades de desarrollo socio-económico generadas por este medio de transporte se concentran en las áreas alrededor de las estaciones. En consecuencia, afirman que el TAV en Estados Unidos induce a la aglomeración urbana en las ciudades que disponen de estación.

Asimismo, destaca el trabajo realizado por Cohen y Kamga en 2013. Estos investigadores analizan la financiación del TAV en Estados Unidos mediante un análisis comparativo con Francia. Debido a que las líneas ferroviarias de alta velocidad estadounidenses son de construcción más reciente que las francesas. De este modo, los autores proponen medidas de privatización de este medio de transporte en la línea San Francisco-Los Ángeles en el estado de California al igual que se realizó en Francia en la línea Tours-Burdeos. De esta forma, se atraería inversión privada y se reduciría el nivel de endeudamiento público.

Australia

De esta forma, Hensher en 1997 desarrolla un enfoque práctico para identificar el potencial del mercado del TAV en Australia. Además, este autor aplica este enfoque al corredor que discurre entre Sydney y Canberra. Como consecuencia, el trabajo realizado por este autor propone una metodología y ofrece los resultados empíricos obtenidos del estudio de la demanda, en este corredor ferroviario de alta velocidad. A este respecto, el autor consigue evaluar la elección del tipo de transporte entre TAV, tren convencional, automóvil, autobuses o avión, por el viajero en función de la tarifa y del propósito del viaje. Finalmente, concluye que la tarifa del viaje es la condición dominante para la elección modal del transporte del viajero.

También es reseñable el trabajo desarrollado por Brunello, Bunker y Ferreira en 2008. Estos científicos predicen los impactos del TAV en Australia mediante diferentes variables. Estas variables son los impactos medioambientales, las redes y uso del suelo, los lugares de trabajo y de residencia, el número de puestos de trabajo y la población; y la eficiencia del transporte de pasajeros. Todas estas variables las incluyen en una metodología para predecir los impactos directos e indirectos en la población producidos por todos los medios de transporte. Como consecuencia, mediante esta metodología desarrollan un modelo matemático denominado ILUTE para simular el comportamiento humano en la decisión del modo y forma de transporte. De esta forma, predicen la demanda de viajeros de los distintos modos de transporte y los efectos de cada uno de estos medios de transportes. Por supuesto, entre ellos el TAV en Australia.

A este respecto, estos autores determinan que el TAV provoca en el sudeste de Queensland un efecto inmediato y rápido de crecimiento socio-económico. Como consecuencia, es necesario analizar estos efectos para que sirvan de guía, en la futura implantación de la red ferroviaria de alta velocidad. Pues, de este modo se aseguraría el desarrollo socio-económico en todo el país, por la implantación de este medio de transporte. Por tanto, estos autores determinan que si el desarrollo del sistema ferroviario de alta velocidad en este país se produce de igual forma que en Queensland, se logrará ofrecer un servicio público de transporte más rápido y eficiente. Incluso, determinan que esta es la forma de extender de manera adecuada a todo el país, los beneficios de este medio de transporte de alta velocidad. Como consecuencia, estos autores concluyen que si se expande la red ferroviaria de alta velocidad de este modo

se logrará el desarrollo socio-económico interregional y se llegará a una mayor cohesión entre las ciudades de mayor y menor tamaño.

De igual modo destaca el trabajo realizado por Curtis y Scheurer en 2010. Debido a que desarrollan herramientas, para ayudar a la toma de decisiones en la planificación de sistemas de transportes sostenibles, mediante el análisis de la accesibilidad. Como consecuencia, estos autores analizan la política de planificación llevada a cabo en este país. A este respecto, estos autores determinan que es necesario planificar las infraestructuras de transporte mediante el análisis de la accesibilidad. De esta forma, se conseguiría integrar las aspiraciones políticas y el uso práctico de los medios de transporte. No obstante, existe una diversidad de enfoques para medir la accesibilidad. Como consecuencia, estos científicos desarrollan herramientas propias de medida de la accesibilidad que relacionan el uso del suelo y la integración del transporte en la sociedad. De este modo, determinan cuales son los territorios donde se debe mejorar la accesibilidad para lograr un mayor equilibrio socio-económico.

España

Finalmente, destaca el gran número de estudios relacionados con la accesibilidad y el TAV en España. Debido a que el Gobierno ha destinado una gran cantidad de inversiones en servicios ferroviarios de alta velocidad para los últimos 40 años (Pereira y Roca-Sagalés, 2003). Además, desde la perspectiva económica el Gobierno Español decidió desarrollar el TAV para ganar clientes, pero también para integrar las diferentes regiones del país, reducir la congestión del tráfico viario e incrementar la movilidad (Brunello, 2011).

Del mismo modo, en España se han realizado enormes esfuerzos para desarrollar nuevas metodologías para analizar los beneficios de la accesibilidad derivados del TAV. Destaca el estudio realizado por Gutiérrez Puebla, Monzón y Piñero en 1998. Estos autores realizan su estudio debido a que consideran que la mayoría de las medidas de accesibilidad en ese momento no cumplían todos los requisitos necesarios para realizar una adecuada planificación del transporte, pues los resultados mostrados por estos están muy influenciados por la ubicación geográfica de los lugares. Finalmente, desarrollan un nuevo indicador de accesibilidad que neutraliza el efecto de la localización geográfica. Debido a que aplicaron este indicador al Plan Director de Infraestructuras de España ese año, para determinar que regiones debían recibir más inversiones en infraestructuras de transporte. De esta forma, se lograría un beneficio socio-económico en todo el territorio español.

Posteriormente, también a escala nacional indicar el trabajo realizado por Martín, Gutiérrez y Román en 2004. Este estudio mide los impactos socioeconómicos en el territorio de la accesibilidad de las nuevas inversiones aplicadas al corredor transfronterizo de alta velocidad entre Madrid-Barcelona y la frontera francesa. Estos impactos producidos por la accesibilidad mejorada de la nueva infraestructura son medidos por estos investigadores mediante una metodología desarrollada por estos autores. A este respecto, la metodología es ejecutada por medio de un SIG y aplicando cuatro indicadores de accesibilidad. Como consecuencia, los resultados obtenidos permiten determinar a estos que la política ferroviaria dentro del territorio español produce desequilibrios socioeconómicos y para la integración transfronteriza con países vecinos produce una mayor integración territorial.

Después, también es reseñable el trabajo realizado por López en su tesis doctoral en 2007. Debido a que esta investigadora, propone una metodología para la evaluación del impacto socio-económico producido por los Planes de infraestructuras de transporte. A este respecto, esta metodología sigue un enfoque estratégico, basado en la utilización de herramientas de análisis territorial aplicadas sobre un soporte SIG. Asimismo según esta investigadora, la metodología propuesta define un procedimiento de evaluación que constituye una herramienta útil en las labores de planificación de infraestructuras,

permitiendo la interacción entre planificadores como para decisores. Así como, un instrumento de apoyo para la comunicación de resultados a la opinión pública, gracias a la representación gráfica de los resultados. Finalmente, aplica esta metodología al PEIT 2005-2020 para poder validarla.

Por otro lado, surgen diversas investigaciones sobre las ingentes inversiones que se iban a ejecutar para la realización de la red ferroviaria de alta velocidad y como estas inversiones repercutían en la cohesión social. A este respecto, de Rus realizó diversas investigaciones respecto al TAV en los años 1997, 2007 y 2008. Debido a que este autor analiza los efectos económicos territoriales de las inversiones en alta velocidad ferroviaria y de su rentabilidad. Como consecuencia, este investigador afirma que el examen de los datos respecto al coste y la demanda, muestra que la inversión en la alta velocidad ferroviaria es dependiente del volumen de demanda existente de tráfico, donde la línea será construida. Asimismo, esta demanda dependerá del ahorro de tiempo del trayecto de viaje a realizar, del gráfico generado y sobre todo de la disposición a pagar por los usuarios potenciales.

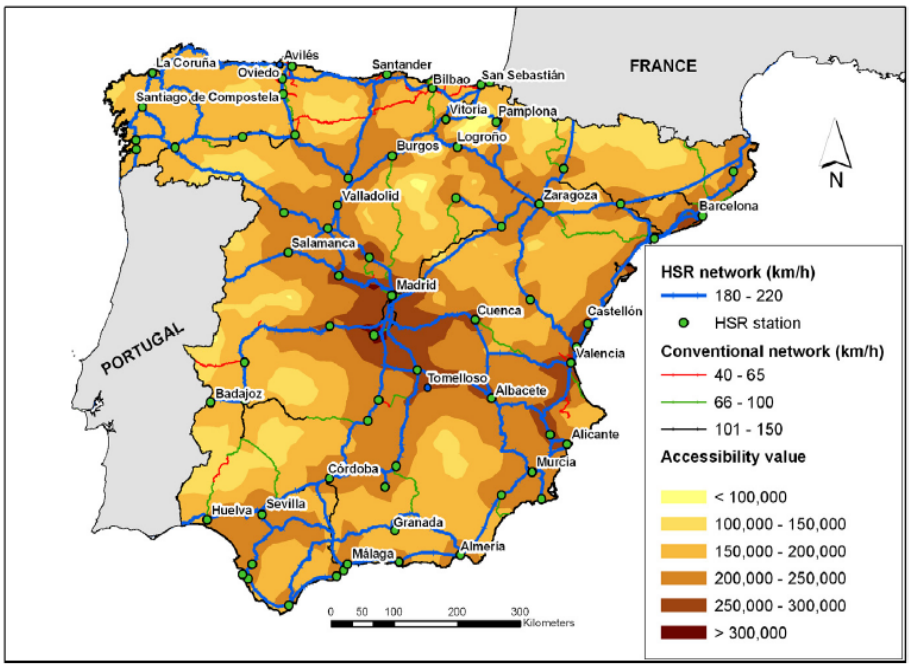
Del mismo modo, destaca el trabajo realizado por Campos en 2009. Debido a que este autor realiza una reseña histórica de las características más relevantes de la red ferroviaria española. Asimismo, este investigador analiza el rendimiento y la eficiencia de la red ferroviaria en los últimos años. Posteriormente, analiza el nuevo modelo organizativo que surge de la Ley Ferroviaria de 2003, a partir de enero de 2005. Finalmente, este autor describe las características económicas y operativas del TAV, respecto al coste y a la demanda de este medio de transporte.

De este modo, este autor establece la hipótesis de que si el TAV acoge a gran cantidad de pasajeros, se producirá una descongestión de las carreteras, aeropuertos o líneas de ferrocarril convencional. Incluso, esto provocará la reducción de efectos externos, como la emisión de contaminantes. Por tanto, este autor mediantes sus trabajos realizados analiza, dentro de un marco de análisis coste-beneficio, bajo qué condiciones los beneficios esperados del tráfico desviado, más el tráfico generado y otros efectos externos y beneficios indirectos justifican la inversión en proyectos de alta velocidad ferroviaria.

Nuevamente Gutiérrez Puebla, junto a Condeço-Melhorado y Martín en 2010, proponen una metodología para medir los efectos secundarios espaciales de la inversión en infraestructuras de transporte. Debido a que permiten obtener beneficios económicos mediante la distribución de los costes de las infraestructuras previstas, respecto a la distribución regional de los beneficios potenciales de accesibilidad. De este modo, estos autores analizan el PEIT que se desarrollaría entre los años 2005-2020 como un caso de estudio práctico de aplicación de esta metodología. A este respecto, con el fin de calcular y asignar efectos secundarios regionales, los valores potenciales económicos se calculan comparando los dos escenarios: en primer lugar, el escenario sin el PEIT y en segundo lugar, el escenario que incluye las mejoras previstas para el año 2020. Como consecuencia, las diferencias entre estos dos escenarios representan los potenciales efectos de desbordamiento espacial de cada una de las regiones respecto a las restantes. De esta forma, este procedimiento se repite para cada una de las regiones españolas con el fin de calcular una matriz de los desbordamientos interregionales en unidades de potencial económico.

Posteriormente, en una segunda etapa, esta matriz se monetiza mediante la distribución de los costes de la inversión en infraestructuras previstas en la región. Esta monetización se realiza mediante la distribución regional de los potenciales beneficios económicos. Asimismo, mediante esta matriz inter-regional de las inversiones del flujo de inversiones deducen la cantidad de inversión directa en una región que recae en otras regiones.

Figura 22: Mapa de accesibilidad potencial después de la implantación del TAV. Fuente: Monzón et al. 2013



De esta forma, esta propuesta metodológica indica cuales son las regiones que más se benefician por la inversión en transporte nacional con independencia del lugar donde se produce la inversión. Del mismo modo, la matriz de desbordamiento según estos investigadores puede ser un instrumento válido, sobre todo en estados federales o en proyectos transnacionales.

Posteriormente, emanan nuevos trabajos que continúan la línea de investigación que relaciona la accesibilidad mejorada provocada por la implantación del TAV en el territorio y sus efectos provocados en la cohesión social. De este modo, es necesario mencionar el trabajo realizado por Ortega, López y Monzón en el año 2012. Debido a que estos autores evalúan los impactos sobre la cohesión territorial de las diferentes líneas proyectadas en el PEIT 2005-2020. Pues, como señalan estos investigadores las redes ferroviarias de alta velocidad están diseñadas para interconectar grandes centros económicos de manera eficiente. Por tanto, las mayores mejoras en la accesibilidad se concentran cerca de las estaciones del TAV. Mientras que los puntos intermedios obtienen beneficios comparativamente más bajos de accesibilidad. Como consecuencia, estos últimos reciben impactos negativos de cohesión territorial.

De este modo, esta investigación mediante un SIG analiza los cambios en la distribución territorial de la accesibilidad resultantes de las líneas ferroviarias de alta velocidad en diferentes niveles de planificación. Debido a la sensibilidad de los resultados obtenidos de la cohesión territorial en función de la escala de análisis. A este respecto, la metodología es probada en diferentes niveles de planificación. Estos son a escala regional, a nivel corredor y nacional. La aplicación de esta metodología a nivel corredor se efectúa en la línea de alta velocidad entre Galicia y Madrid.

En todos los casos, la construcción del TAV aumenta los valores de accesibilidad y los resultados muestran efectos positivos de cohesión a nivel nacional y a nivel corredor. Sin embargo, a escala regional aparecen efectos de polarización. Según estos autores, estas diferencias se deben principalmente a la ubicación de las estaciones y a la calidad de las redes de transporte entre las ciudades que se encuentran alrededor de la estación. Pues, estos dos aspectos determinan la distribución territorial de las mejoras de la accesibilidad.

Incluso, recientemente Monzón, Ortega y López en el año 2013 han analizado la eficiencia y equidad de los impactos espaciales producidos por las líneas ferroviarias de alta velocidad en España. Debido a que estos investigadores consideran que las áreas urbanas se benefician de mejoras significativas de accesibilidad, cuando se construye un TAV. Estas mejoras, que se deben principalmente a un aumento de la eficiencia del transporte, producen ventajas de localización y aumentan el atractivo de aquellas ciudades que disponen de estación. No obstante, puede haber problemas de equidad en la distribución de estos beneficios. Debido a que los principales beneficios de la accesibilidad mejorada por las redes ferroviarias de alta velocidad se concentran principalmente en las zonas urbanas con estación.

Como consecuencia, estos autores establecen que el TAV puede contribuir a un aumento del desequilibrio espacial. Incluso, este medio de transporte da lugar a patrones de desarrollo espacial polarizados. Por tanto, los procedimientos para la evaluación de los impactos del TAV deben seguir un doble enfoque que se ocupe de las cuestiones de eficiencia y equidad. De este modo, este análisis se debe realizar mediante la evaluación de forma conjunta tanto de la magnitud, como de la distribución de las mejoras de accesibilidad que se derivan del TAV.

A este respecto, estos autores proponen una metodología de evaluación de los proyectos de trenes de alta velocidad que sigue este doble enfoque. El procedimiento que desarrollan utiliza técnicas de análisis de impacto espacial y se basa en el cálculo de los indicadores de accesibilidad, con el apoyo de un SIG. De esta forma, los autores evalúan los impactos de la eficiencia midiendo las mejoras de accesibilidad resultantes del TAV en las aglomeraciones urbanas.

2.6.3. Estudios regionales

Los primeros estudios regionales que determinan como afecta la movilidad mejorada de los residentes de un territorio por la implantación del TAV en la cohesión social son los realizados por Plassard y Cointet-Pinell en 1986. Pues estos investigadores analizaron los impactos regionales socio-económicos del TGV Sud-Est, es decir, en Lyon, Saint Etienne, Bourg en Bresse, Valence, Chambery, Annecy, Dijon, Le Creusot, Macon y Chalon. Inicialmente, evaluaron el efecto imagen de este novedoso medio de transporte como elemento evolutivo del territorio. Posteriormente, determinaron los posibles efectos inmediatos sobre las prácticas de movilidad, las actividades económicas que podían estar directamente relacionados con este medio de transporte. De esta forma, determinaron cuales eran las condiciones ideales que el TGV imponía en el territorio para la localización de determinadas industrias. Incluso, como este medio de alta velocidad favorecía la realización de actividades turísticas por determinados grupos de población. Además, como el urbanismo estaba también influenciado por la llegada de este medio de transporte. Finalmente, estos autores determinaron que era imprescindible realizar políticas locales coherentes con la llegada del TGV para lograr que este medio de transporte dinamizara los territorios donde sería implantado.

Igualmente, dentro del ámbito regional, en Francia es importante el estudio realizado por Bonnafous en 1987. Este autor aporta la evidencia del impacto regional de la línea del TGV que unía París y Lyon, mediante las encuestas realizadas a los usuarios de este medio de transporte, con un intervalo entre 5 y 7 años. Además, este autor realizó las encuestas antes y después de la inauguración de esta línea. De esta forma, Bonnafous consigue explicar los impactos en las regiones de París y Rodano-Alpes, es decir, en cada extremo de la línea. No obstante, centra el objetivo de su investigación en el impacto producido en el turismo y las industrias de servicios. De esta forma, mediante las encuestas realizadas explica la reacción de las empresas, los ejecutivos y los turistas por la introducción del TGV.

Asimismo, otro estudio regional muy destacable pero realizado en los Países Bajos, es el elaborado por Geurs y Ritsema en 2001. Inicialmente, estos autores efectúan una extensa revisión bibliográfica de los diferentes indicadores de accesibilidad. Después, evaluando la capacidad de análisis de los mismos, seleccionan aquellos indicadores

que mejor muestran los impactos socio-económicos en el acceso al empleo en los Países Bajos (para el periodo 1995-2020). Finalmente, aplican estos indicadores de forma exitosa y determinan cuales son los territorios con mayor y menor accesibilidad al trabajo. En este análisis se tuvo en cuenta el acceso en vehículo privado y en transporte público.

Posteriormente, en el año 2008 la investigadora López, junto a Gutiérrez y Gómez, evalúan los efectos de la cohesión regional que se produjo en toda España, por la implantación de las redes de transporte entre el periodo 1992-2004. Esta autora compara los resultados obtenidos en el escenario 1992 y 2004 mediante indicadores de accesibilidad. Posteriormente, utiliza índices de desigualdad. Finalmente, determina cuáles son los territorios que presentan valores críticos de accesibilidad. Como consecuencia, determina que de forma global en España la accesibilidad aumentó en todos los territorios cuando se produjo la implantación de nuevas carreteras. Sin embargo, aumentaron las disparidades socioeconómicas regionales cuando se implantaron nuevas líneas ferroviarias de alta velocidad.

Después, en el año 2010 destaca la tesis realizada por Martínez. Este investigador analizó la interrelación entre la actividad del transporte y la organización territorial de Castilla-La Mancha. A este respecto, plantea y confirma la hipótesis de que el transporte es un elemento de transformación y organización territorial notable de esta región. Precisamente, logra este objetivo desarrollando una metodología que analiza la actividad del transporte y determina la relación entre transporte y territorio desde la perspectiva interna de la región que analiza. De este modo, para el estudio del territorio dentro de una estructura integrada junto al transporte, consideró las características de la distribución de la población, el sistema de asentamientos, la red de ciudades y su funcionalidad mediante la accesibilidad. Debido a que, según este investigador, los anteriores elementos son los más relacionados por el sistema de transporte.

Fuera del territorio español, del mismo modo es reseñable el trabajo realizado por Gordon en 2010. Debido a que este autor cuestiona ¿cuál es la masa crítica, respecto al tamaño y la densidad de población, la actividad económica y la base de financiación para que el TAV sea viable en una determinada área de servicio y produzca desarrollo socio-económico? Como consecuencia, para resolver esta cuestión este autor examina cuales son las comunidades de baja y media densidad de población que sirve el TAV que discurre por Canberra y cuáles son sus grados de movilidad. Pues, mediante este caso de estudio asienta las bases para la caracterización cualitativa y cuantitativa del perfil socioeconómico y demográfico óptimo en Australia para la implantación del TAV en el país.

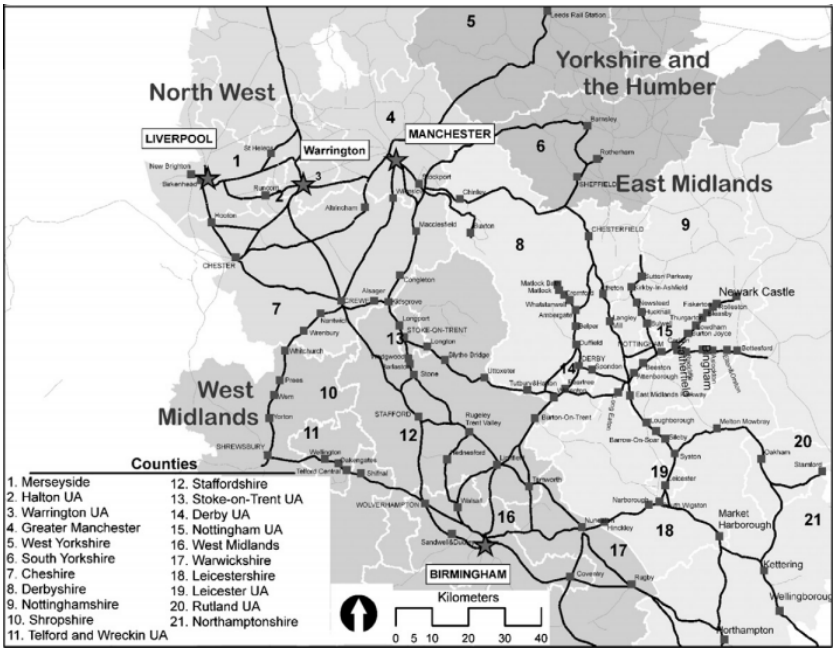
Figura 23: Ciudad de Canberra y alrededores. Fuente: Gordon 2010

Finalmente, concluye que el trazado el TAV debe estar sustentado por los patrones de movilidad de la población. Como consecuencia, sugiere que el recorrido de las nuevas líneas ferroviarias de alta velocidad en esta región, debe estar justificado por las necesidades de movilidad de la población por las que discurrirá la línea y no meramente por la densidad de población de los asentamientos urbanos. Pues, existirán poblaciones que aunque presentan una elevada densidad de población, no demandarán una alta movilidad. De esta forma, se logrará mayor cantidad de usuarios y la rentabilidad económica de este medio de transporte. No obstante, aumentará la brecha diferencial socioeconómica entre los diferentes territorios. Debido a que los territorios con escasa movilidad seguirán aislados de los principales corredores ferroviarios.

Posteriormente, es reseñable el trabajo realizado por Willigers y Van Wee en 2011. Debido a que estos investigadores mediante su estudio determinan como las estaciones de ferrocarril de líneas ferroviarias internacionales fomentan la implantación de nuevas empresas. Asimismo, las estaciones de ferrocarril que cuentan con buenas conexiones a otros sistemas de transporte son más atractivas que aquellas que no disponen de buenas conexiones con otros modos de transporte.

De nuevo Martínez junto a Givoni en 2012, efectuaron un formidable trabajo. Pues, estos analizan los cambios en la accesibilidad que pudiera derivarse de la construcción en 2009 de una nueva línea de alta velocidad en el Reino Unido. Estos autores utilizaron el tiempo de viaje a Londres para medir la accesibilidad actual y la futura accesibilidad. De esta forma, determinaron los ganadores y perdedores por la construcción de esta nueva línea ferroviaria. Posteriormente, realizan la comparación de la accesibilidad entre las dos anteriores situaciones y obtienen las implicaciones territoriales socioeconómicas, potencialmente adversas y favorables.

Figura 24: Nueva línea de alta velocidad ferroviaria propuesta en 2009. Fuente: Martínez y Givoni 2012



A este respecto, los autores concluyen que la nueva construcción de una nueva línea de alta velocidad en el Reino Unido desde la perspectiva regional de cohesión social es totalmente cuestionable.

Figura 25: Línea de Alta Velocidad Ferroviaria entre Wuhan-Guangqhoy. Fuente: China Tourist Maps

Por otro lado, en el continente asiático destaca el trabajo realizado por Chen en 2012. Estos autores analizan el impacto socio-económico producido en China, por la primera línea de alta velocidad ferroviaria abierta en 2009, desde Wuhan a Guanzahou. Esta línea dispone de 14 estaciones y alcanza una velocidad de 394.2 km/h, para realizar su recorrido en menos de 3 horas.

Estos autores señalan que utilizan una “escala megaregional”. Debido a que según el TAV alcanza su ventaja comparativa dentro de una distancia de viaje entre 100 y 500 millas. Precisamente, esta distancia coincide con la extensión geográfica de una típica mega región como China. De esta forma, después de la apertura de la línea de alta velocidad entre Wuhan y Guanzahou analizaron el impacto significativo en la evolución socio-económica de las ciudades a lo largo de la línea. Finalmente, llegaron a la conclusión de que a pesar de las enormes oportunidades de desarrollo de este medio de transporte, se producía una enorme desigualdad geográfica. Finalmente, concluyen que la alta velocidad ferroviaria aumentaba la actual diferencia existente entre los diferentes territorios a lo largo de la línea.

2.6.4. Estudios locales

En España algunos estudios sobre este medio de transporte a escala local se han centrado en el crecimiento urbano y estructural interno de las ciudades que provoca la implantación de las estaciones de la alta velocidad ferroviaria. Como consecuencia, han surgido numerosas investigaciones relacionadas con el crecimiento de las ciudades y la renovación de su estructura interna.

A este respecto, Aguilera, Borderías, González, Santos en 2005 analizaron los cambios en las ciudades de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla desde su implantación. Estos investigadores analizaron la evolución del tráfico generado y la incidencia que tuvo en las ciudades a las que servía este medio de transporte. De este modo, determinaron el diferente peso y jerarquía de las ciudades por las que discurría el corredor ferroviario, así como el grado de transformación respecto al anterior ferrocarril. Finalmente, estos investigadores determinan que la incidencia en el medio urbano de los sistemas de transportes es mayor cuanto mayor es el volumen de infraestructuras construidas. Por tanto, cuanto mayor sean las infraestructuras de transporte construidas mayor será el

desarrollo en el tejido urbano y mayor será el número de actividades económicas generadas.

Asimismo, respecto al crecimiento urbano y estructural interno que genera el TAV en las ciudades, es importante el trabajo realizado por Serrano, Garmendia, Coronado, Pillet y de Ureña el año siguiente en 2006. Estos autores describieron los cambios demográficos, económicos e inmobiliarios en las ciudades de Puertollano y Ciudad Real provocados por la llegada del TAV.

No obstante, dentro de este ámbito destaca la aportación en los trabajos realizados por Ureña en los años 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009. Este investigador tanto en 2005 como en 2006 clasificó las ciudades conectadas mediante TAV según su tamaño y distancia a otras ciudades similares. Posteriormente, analizó los efectos de crecimiento urbano y distribución territorial en grandes ciudades intermedias de una línea del TAV. Determinó que el TAV permite la apariencia o consolidación de ciertas relaciones interurbanas, tales como conexiones diarias en una hora y viajes de negocios, a menudo de retorno diario, entre 2 a 3.5 horas. Además, que los corredores ferroviarios provocan una sustancial ventaja de localización en las ciudades intermedias que se encuentran en la línea ferroviaria. No obstante, las relaciones previas existentes entre estas ciudades determinan el grado de desarrollo que provoca la alta velocidad ferroviaria en las mismas. Pues, en algunos casos escasas relaciones previas entre las metrópolis provocan que el TAV solamente consolide las relaciones existentes. Como consecuencia, este autor establece que son factores claves para que este medio de transporte provoque un desarrollo socio-económico en la ciudad, que la calidad de los servicios públicos de transporte y la calidad de las infraestructuras viarias dispongan de una calidad adecuada para asegurar un acceso óptimo a las estaciones de la alta velocidad ferroviaria.

Basado en el trabajo previamente realizado por Ureña destaca el trabajo realizado por Garmendia en 2008, 2009, 2010, 2011. Debido a que esta investigadora, presentó una descripción más sintética de las implicaciones interurbanas del TAV, basadas en los patrones de movilidad y el desarrollo local en las ciudades intermedias. De este modo, clasificó estas implicaciones interurbanas en procesos metropolitanos, de re-articulación, de generación de nuevos polos y de colaboración entre ciudades pequeñas y distantes. Finalmente, esta investigadora concluye sus investigaciones indicando que el TAV contribuye a reforzar la jerarquía provincial y aumenta la vinculación de todo el territorio con las grandes áreas urbanas externas.

Del mismo modo, Guirao 2002 y 2008 analizó la movilidad local en ciudades de tamaño medio integradas por el TAV en otras áreas metropolitanas. Este autor analizó el cambio en el perfil de los pasajeros inducidos por la existencia de un nuevo modo de transporte, como era el TAV en Córdoba y Toledo. Posteriormente, determina la cantidad de pasajeros que utilizaron la alta velocidad ferroviaria en la línea Madrid-Sevilla y pronostica un continuo incremento de viajeros que serán atraídos por este medio de transporte. No obstante, afirma que el TAV esencialmente aumenta su cantidad de usuarios debido a un cambio modal del viajero, no por la generación de viajes inducidos.

Además, destaca el trabajo realizado por Menéndez en 2002, 2004, 2006, 2010 investigó los efectos socioeconómicos del TAV en ciudades menores. Como consecuencia, este autor determina que los servicios ferroviarios de alta velocidad considerados de media distancia como los viajes entre 75 minutos y 3 horas, generan un extraordinario número de viajes por ferrocarril incluso cuando las estaciones están localizadas en ciudades pequeñas. Igualmente, señala que las ciudades terciarias con ciertos tipos de instalaciones, especialmente centros universitarios, hospitales o de administración pública, atraen a un mayor número de usuarios al TAV.

Otros trabajos se dedicaron a estudiar el modo de acceso a las estaciones del TAV. Destaca el trabajo realizado por Burckhart, Martí y Tapiador en 2008. Estos

investigadores realizaron una encuesta a los viajeros de la línea de alta velocidad entre Madrid y Barcelona. Debido a que determinaron como llegaba el viajero a la estación. De esta forma, determinaron que el acceso en vehículo privado era el medio de transporte preponderante. Como consecuencia, indicaron que era necesario ofrecer alternativas más atractivas para acceder a las estaciones.

Por otro lado, otras investigaciones se dirigieron a analizar las características de las estaciones en términos de intermodalidad. A este respecto, Tapiador, Burkhart y Martí-Henneberg en 2008 presentaron un método cualitativo para la caracterización de las estaciones TAV en función de la intermodalidad de pasajeros. De esta forma, desarrollaron un método mediante el que detectaron estaciones no óptimas para la realización de la intermodalidad entre otro medio de transporte y el TAV. Como consecuencia, propusieron mejorar el rendimiento de ciertas estaciones intermodales regionales.

El siguiente grupo de investigaciones reseñables son las referidas a la demanda del TAV y a las características de los viajeros. Asimismo, dentro de este grupo es reseñable el trabajo realizado por Preciado en 2007. Debido a que estos autores realizan un importante trabajo de análisis sobre los rasgos definitorios de los usuarios durante los 10 años de implantación de la línea de la alta velocidad Madrid-Sevilla. De esta forma, determinaron las pautas de movilidad interurbana entre las principales ciudades sobre las que discurre este corredor ferroviario. Finalmente, concluyeron que después los primeros diez años de funcionamiento del TAV tuvo crecientes demandas de movilidad. Como consecuencia, el resultado obtenido por estos autores evidenciaba un incremento constante en el número de viajeros de este medio de desplazamiento. Además, estos autores determinan que este medio de transporte cada vez tiene mayor profusión en la sociedad. Debido a que los colectivos de usuarios sociales del mismo han variado su contraste socioeconómico y demográfico.

También destaca el conjunto de investigaciones de análisis local generadas para evaluar las estrategias locales en el desarrollo socioeconómico de las ciudades que disponen de una estación de TAV. Indudablemente, la investigadora que destaca por los trabajos realizados en 2000, 2002, 2005, es Bellet. Asimismo, es importante el análisis ejecutado por Bellet y Alonso en 2010, sobre los factores que producen la dinamización socioeconómica en el territorio por la llegada de la alta velocidad ferroviaria a las ciudades. Según estas investigadoras que analizaron la llegada del TAV a Zaragoza, los factores más importantes para que se produzca una adecuada dinamización socioeconómica son las características económicas de la ciudad y el desarrollo de estrategias locales que acompañen el dinamismo creado por la alta velocidad ferroviaria.

Posteriormente, Bellet en 2013 determina que muchas de las expectativas que provoca la llegada TAV, sobre el crecimiento y desarrollo de la ciudad no llegan nunca a materializarse. Incluso, las que llegan a realizarse se producen con mayor lentitud y menor intensidad de lo esperado. Además, después de analizar diferentes casos en ciudades españolas determina que las infraestructuras permiten, que no causan directamente, el desarrollo económico-social y los cambios espaciales

3. CUESTIONES DE INVESTIGACIÓN

Atendiendo al diferente incremento de accesibilidad que proporcionan los nuevos corredores ferroviarios de alta velocidad (TAV) en cada uno de los municipios españoles peninsulares y cómo influyen en la cohesión socio-territorial, se plantea una batería de cuestiones de investigación que han de ser comprobadas en este estudio y que llevarán a la consecución de los objetivos planteados en el mismo. Cada una de estas preguntas está, a su vez, clasificada en distintas áreas temáticas, a saber:

Desarrollo socioeconómico del área de estudio en 2012

¿Está el trazado de la red TAV en 2012 vinculado a la organización socioeconómica de este espacio?

¿Qué dimensión tiene la desigualdad socioeconómica entre los municipios?

¿Qué relevancia territorial tiene la distribución de los municipios según su grado de desigualdad socioeconómica?

Deficiencias de accesibilidad en 2012

¿Cuál es el nivel de accesibilidad de los municipios analizados?

¿Existen municipios aislados del resto?

¿Se detectan polos de atracción económica relevantes?

¿Cuál es la trascendencia territorial de la distribución de municipios en el contexto abordado?

¿Cuál es el modelo de accesibilidad peninsular español?

¿Cuál es el centro de mayor influencia, en caso de existir uno o varios modelos centro-periferia?

Relación entre desarrollo socioeconómico y nivel de accesibilidad

¿Están relacionados los déficits de accesibilidad y el nivel de desarrollo?

¿Cuál es la distribución de los municipios según sus deficiencias de accesibilidad y desarrollo?

¿Cuál es la proporción de municipios según sus niveles de accesibilidad y categorías socioeconómicas?

Deficiencias de accesibilidad en 2024 con las nuevas líneas del TAV

¿El modelo de accesibilidad se modificará tras la implantación de las infraestructuras?

¿Cómo afectarán las líneas TAV a la accesibilidad de los municipios?

¿Cuáles serán las partes del territorio que disfrutarán de mayor o menor accesibilidad?

La mejora de la accesibilidad en la cohesión social

¿Cuántos municipios mejorarán o empeorarán su cohesión social después de la construcción de las infraestructuras ferroviarias en 2024?

¿El impacto que producen las nuevas líneas TAV en los municipios en función de su grado de desarrollo socioeconómico es homogéneo o heterogéneo?

¿En qué municipios variaría la cohesión social, respecto a las estaciones del TAV?

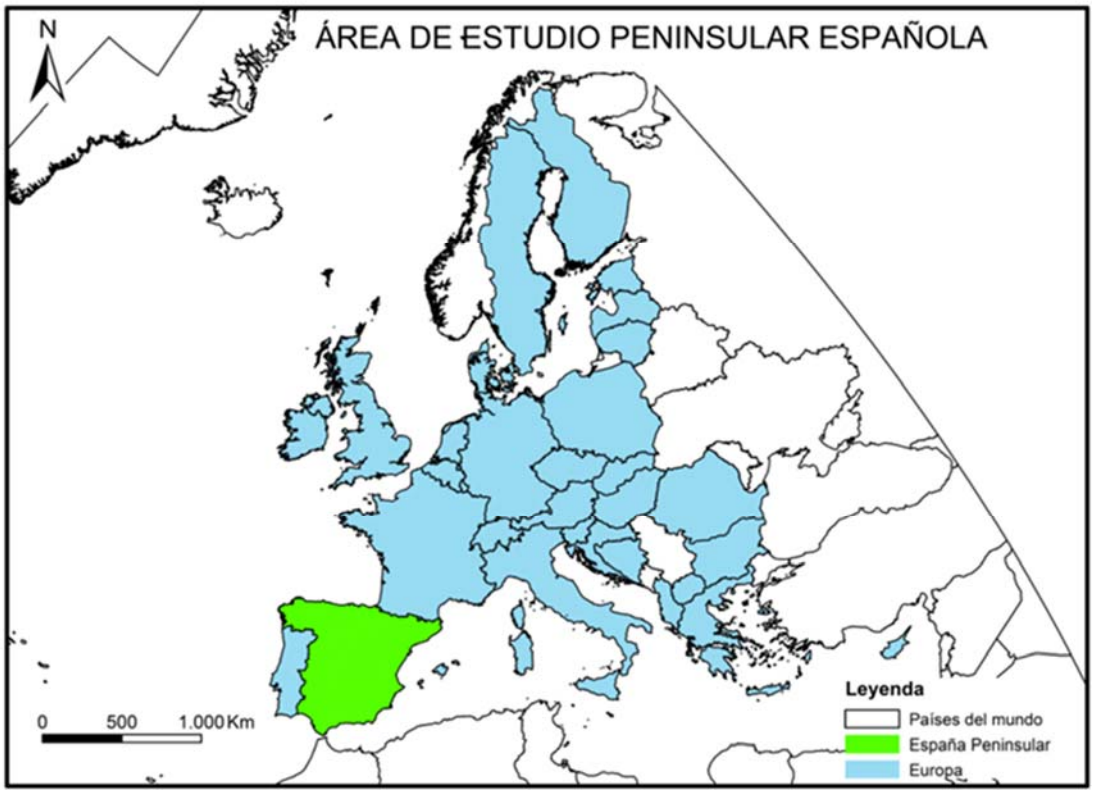
4. ÁREA DE ESTUDIO

La determinación de la cohesión social que producen los corredores ferroviarios de alta velocidad requiere necesariamente el uso del componente territorial que caracterice y represente tanto el uso del suelo en el territorio a analizar, así como a la población residente en ellos. El análisis de estos dos componentes conlleva plantearse cuál es la escala adecuada de trabajo a utilizar, ya que esta determina la capacidad de análisis que podremos desarrollar, siendo dos conceptos totalmente diferentes el área de estudio y la escala de trabajo a utilizar (Valenzuela, 2006).

Precisamente, dentro del concepto de escala existen dos categorías básicas: la categoría ontológica, asociada a la perspectiva que adoptamos para contextualizar la realidad y la categoría epistemológica, relacionada con la adopción de un punto de referencia a partir del cual se analiza la realidad (Gutiérrez 2001). De esta forma, si el PITVI tiene como objetivo fundamental para el año 2024, formar una red para el tráfico de viajeros, que conecte mediante líneas de alta velocidad ferroviarias de pasajeros, todas las capitales de provincias no insulares españolas. Respecto al área de estudio, se considera para el análisis el territorio peninsular español, por ser el ámbito de actuación del PITVI en materia de alta velocidad ferroviaria.

Tanto desde el punto de vista ontológico como epistemológico, en cuanto a la escala de trabajo, se opta por trabajar a nivel municipal al prevalecer las conexiones locales sobre la red de transportes (Pueyo et al., 2012). Por consiguiente, la escala de análisis podría ser regional en caso de considerar las paradas o los servicios disponibles, pero se estima más oportuno emplear la escala local, por tener en cuenta estaciones puntuales y su localización. De esta forma, éste área seleccionada satisface las necesidades científicas y metodológicas que requiere este trabajo.

Figura 26: Red Europea de TAV en noviembre de 2013. Fuente: UIC



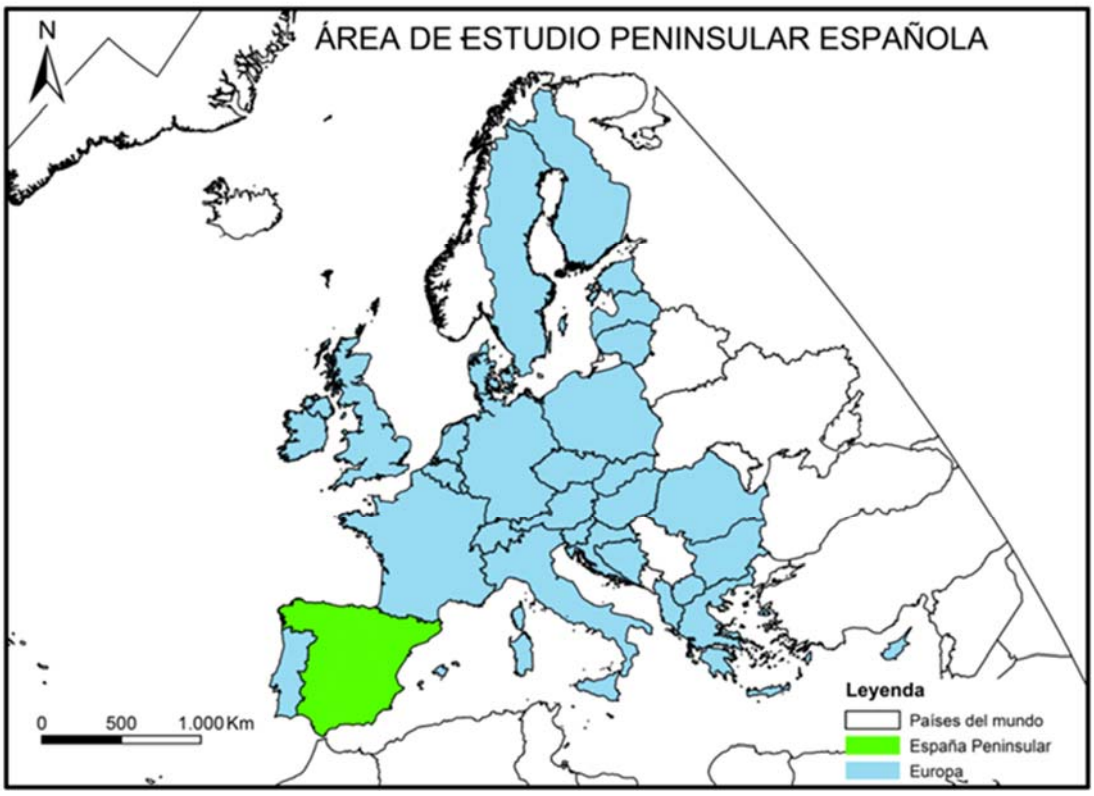
4.1. GEOGRAFÍA FÍSICA

Los paralelos 36º 6' y 43º47' N correspondientes a la isleta de Tarifa (Cádiz) y a la punta de Estaca de Bares (A Coruña), acogen a la España peninsular. Esta situación de la Península Española junto al hecho de encontrarse entre dos mares, el Mediterráneo y el Océano Atlántico, provoca que posea un clima Mediterráneo. Además, la ubicación de la Península Española hace que se encuentre entre casi dos continentes.

Por otra parte, la forma general de la España peninsular es la de un gran cuadrilátero, con una muesca relativamente pequeña que es Portugal, en el sector más occidental. Luego, gran parte de España es peninsular y el perímetro costero español es amplio. Pues las costas españolas disponen de 3904 km de longitud. Además, estas con la excepción de las gallegas, son poco articuladas y con escasos cabos y golfos.

Respecto a las tierras interiores las diversas sierras y cordilleras convierten a la España peninsular en un espacio verdaderamente macizo, pues la altitud media de las tierras españolas peninsulares es superior a los 600 m. Esta altitud es la segunda más alta a escala europea después de Suiza. A este respecto, la amplia altiplanicie central de la Meseta contribuye a esta notable altitud media y alrededor de esta Meseta se organizan cordilleras a modo de rebordes de bloque meseteño, depresiones exteriores y altas cordilleras exteriores (Figura 27).

Figura 27: Atlas nacional de España. Fuente: IGN



Por otro lado, las dimensiones de la Península Ibérica propician unos cuantos ríos de cierta importancia en cuanto a la superficie de la cuenca que drenan. Un 69% de la superficie peninsular, incluida Portugal, es avenado a favor del Atlántico y Cantábrico y el resto vierte sus aguas en el Mediterráneo. Esta desigualdad se debe, en gran medida al basculamiento de la Meseta hacia el Atlántico.

La vertiente atlántica la componen las cuencas de los ríos que desembocan en el mar Cantábrico y los ríos gallegos, las de los ríos de la Meseta y la del Guadalquivir, la vertiente mediterránea tiene en el Ebro la arteria fluvial de cuenca más extensa. Los ríos gallegos y cantábricos son cortos, en espacial estos últimos, por la proximidad al mar de la cordillera en la que nace en consecuencia, presenta fuerte pendiente; son además, bastante caudalosos, al drenar la franja de tierras más lluviosas del país.

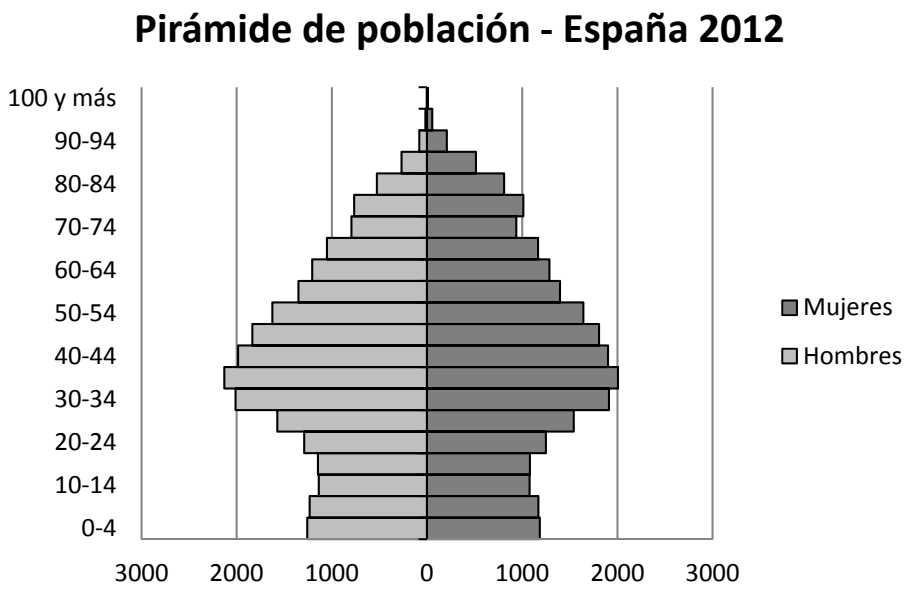
Los ríos de la Meseta son largos, de escasa pendiente y con una extensa área de drenaje.

4.2. GEOGRAFÍA HUMANA

España contaba al comenzar el año 2012 con una población superior a los cuarenta millones de habitantes, según el padrón oficial del 1 de enero de 2012 ascendía exactamente a 47.265.321. A este respecto, las cifras absolutas no proporcionan una idea clara sobre si España es un país poco o muy poblado. De esta forma, se puede recurrir a la comparación con la población de otros países. En este sentido, se constata que España se situaría por su volumen de población en el vigésimo noveno lugar del mundo y en el quinto de la UE después de Alemania, Francia, Reino Unido e Italia.

Sin embargo, España es el segundo país de la UE en extensión de superficie. Por tanto, para obtener un análisis más detallado de la población hay que recurrir al análisis de las densidades de población. En 2012 la densidad de población de España es de 93.34 habitantes por cada kilómetro cuadrado, según el Padrón Municipal en 2012 del INE. Por tanto, las cifras absolutas y relativas consideradas anteriormente, permiten afirmar que España es un país medianamente poblado a escala planetaria, pero poco poblado dentro del continente europeo.

Figura 28: Pirámide de población de España en 2012. Fuente: Autor basado en el Padrón Municipal del INE



Además, a partir del Padrón Municipal del INE en 2012 se genera la pirámide de población para España en 2012 que permite determinar la evolución de la población en España. A este respecto, la pirámide de población es regresiva. Debido a que esta es más ancha en los grupos superiores que en la base. Como consecuencia del descenso de la natalidad y del envejecimiento continuo de la población. Efectivamente, la perspectiva de futuro es un descenso de la población. En consecuencia, el INE indica que España comienza a experimentar tasas de crecimiento demográficas ligeramente negativas en el año 2013.

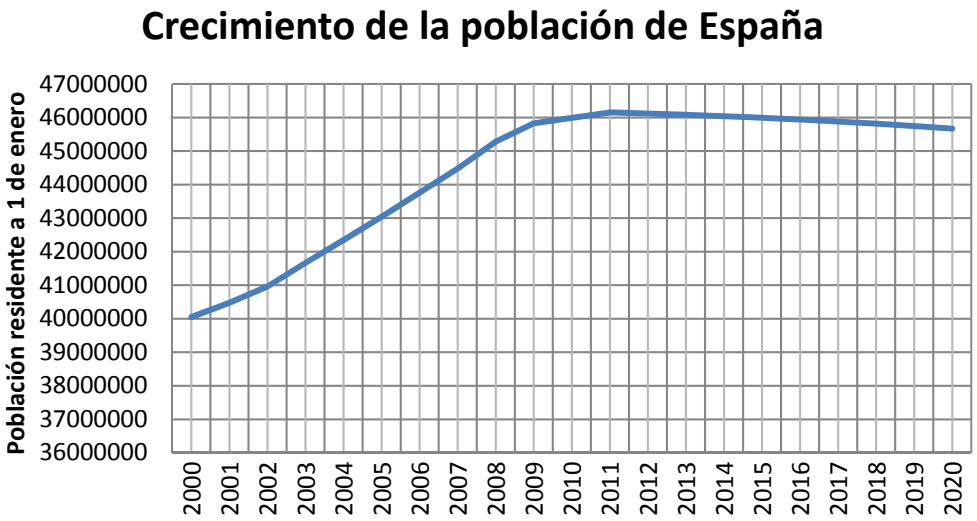
Tabla 16: Estimaciones inter-censales de población 2000-2020. Fuente: INE 2013

Años	Población residente a 1 de enero	Años	Población residente a 1 de enero
2000	40049708	2011	46152925
2001	40476723	2012	46118733
2002	40964244	2013	46081524
2003	41663702	2014	46039979
2004	42345342	2015	45993096
2005	43038035	2016	45940210
2006	43758250	2017	45881002
2007	44474631	2018	45815510
2008	45283259	2019	45744048
2009	45828172	2020	45667161
2010	45989016		

Además, en caso de mantenerse las tendencias demográficas actuales, perdería más de medio millón de habitantes en los próximos 10 años, después de un periodo de

intenso crecimiento poblacional. De esta forma, la población se reduciría hasta los 45,6 millones en 2021.

Figura 29: Crecimiento de la población de España. Fuente: Autor basado en datos del INE



4.2.1. Dimensión territorial de la distribución de la renta, condiciones de vida y políticas redistributivas en España

En el informe sobre exclusión y desarrollo social en España, realizado en 2014 por FOESSA, se traslada a la dimensión territorial el desarrollo socioeconómico producido en las diferentes Comunidades Autónomas españolas entre 2008 y 2012 mediante sus diferencias de renta.

A este respecto, una de las transformaciones más importantes de la sociedad española en las últimas décadas y de su modelo distributivo ha sido la descentralización territorial de una parte importante de las funciones del sector público. La articulación territorial del Estado español constituye, de hecho, una de las claves fundamentales del actual modelo de organización económica y social, ocupando sus resultados y posibles reformas un papel central en el debate público. En el ámbito del bienestar social, ha tenido lugar una creciente descentralización de algunos de los instrumentos redistributivos más relevantes, como la sanidad, la educación o las políticas de vivienda.

Por un lado, parece necesario contar con un retrato preciso de los resultados en términos de bienestar social de dicho proceso. Por otro, dada la importancia de las diferencias entre territorio para explicar las diferencias de renta entre hogares españoles, conviene incorporar al retrato del modelo distributivo el análisis de los cambios tanto en las diferencias medias de renta como dentro de las distintas regiones. Frente al intenso proceso de convergencia regional que tuvo lugar en las décadas de los años sesenta y setenta, las diferencias entre comunidades autónomas aumentaron en la primera mitad de los años ochenta, para moderarse en los años posteriores y volver a aumentar de manera apreciable desde mediados de los años noventa.

4.2.2. Las diferencias de renta entre las comunidades autónomas

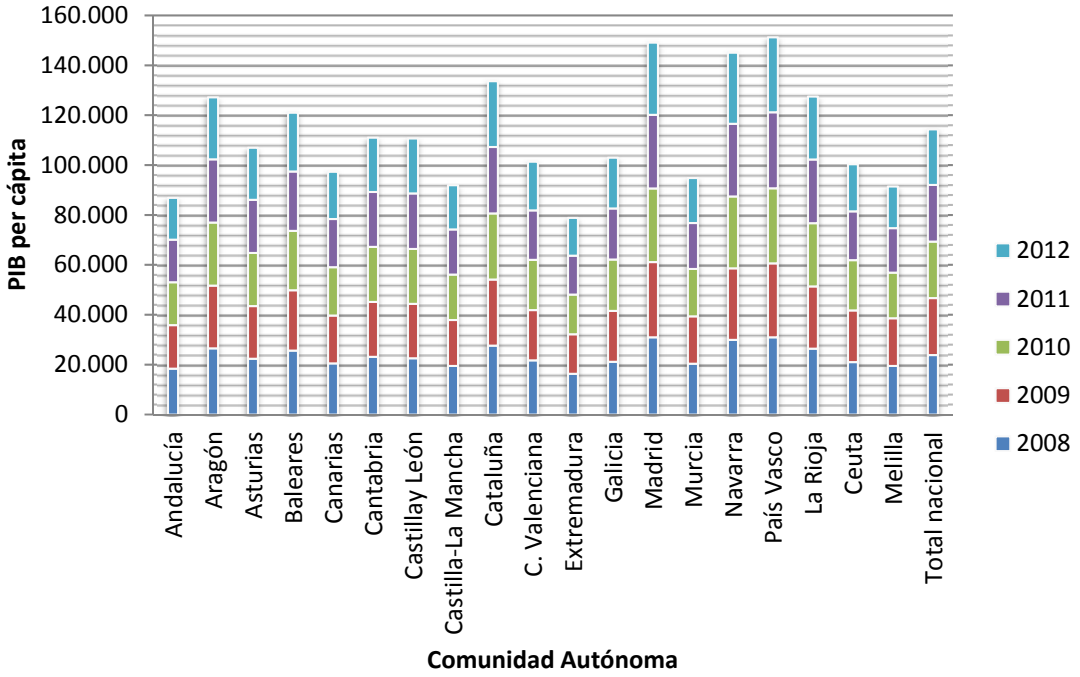
Las diferencias que tradicionalmente se observan en el caso español reflejan los efectos de la diferente especialización sectorial, las peculiaridades geográficas o naturales, las diferencias en el capital humano y social, e incluso el papel del sector público y de otras instituciones políticas, económicas o sociales. Estas disparidades se muestran en la Tabla 17 donde puede observarse que, a pesar de la convergencia experimentada

desde mitad del siglo anterior, aparecen algunos clústeres de regiones claramente diferenciados. País Vasco, Madrid, Navarra y Cataluña ocupan nítidamente los cuatro primeros puestos de PIB per cápita, mientras que en los últimos puestos suelen ubicarse de forma reiterada un mismo grupo de regiones, como son Extremadura, Andalucía, Castilla-La Mancha, Canarias y las ciudades autónomas.

Tabla 17: Distribución regional del PIB per cápita 2008-2012 (euros). Fuente: Contabilidad Regional de España INE

	2008	2009	2010	2011	2012
Andalucía	18.365	17.442	17.193	17.122	16.739
Aragón	26.536	25.124	25.330	25.318	24.805
Asturias	22.350	21.140	21.247	21.310	20.862
Baleares	25.634	24.169	23.829	23.769	23.589
Canarias	20.464	19.235	19.345	19.325	18.935
Cantabria	23.114	22.016	22.064	22.055	21.692
Castilla León	22.538	21.795	22.025	22.277	21.994
Castilla-La Mancha	19.495	18.407	18.178	18.144	17.688
Cataluña	27.620	26.489	26.521	26.603	26.412
C. Valenciana	21.701	20.171	20.109	19.869	19.480
Extremadura	16.327	15.859	15.869	15.653	15.129
Galicia	21.121	20.423	20.603	20.476	20.330
Madrid	30.944	30.182	29.471	29.576	28.906
Murcia	20.340	19.035	18.952	18.470	18.027
Navarra	29.917	28.682	28.846	29.134	28.491
País Vasco	30.947	29.652	30.101	30.480	30.043
La Rioja	26.372	25.008	25.335	25.537	25.185
Ceuta	20.989	20.766	20.145	19.555	18.833
Melilla	19.479	19.115	18.275	17.824	16.704
Total nacional	23.858	22.794	22.695	22.685	22.291

Figura 30: Distribución regional del PIB per cápita 2008-2012. Fuente: Contabilidad Regional de España INE



Uno de los factores que afectan a estas diferencias es el demográfico. A comienzos del siglo XXI se produjo un intenso crecimiento de la población debido a la inmigración, que no se distribuyó de manera proporcional, al estar muy ligado a las diferencias de ritmo en la actividad económica. Mientras esto ocurría, en las regiones menos pobladas y con menor actividad aumentó la tasa de dependencia, al no recibir suficientes flujos migratorios que compensaran el escaso crecimiento natural. Este hecho genera una mayor necesidad de gasto público en sanidad, servicios sociales y sobre todo, pensiones.

Un segundo motivo de las divergencias en la actividad económica es la especialización productiva de las economías regionales. Destaca, en general, la terciarización de estas, aunque con variaciones regionales en el predominio del tipo de servicios. En comunidades como Andalucía, Castilla-La Mancha y Extremadura, tienen mayor peso los servicios no destinados a la venta, con porcentajes superiores al 20%, siendo el empleo público un rasgo distintivo de su estructura ocupacional, por lo que el proceso de consolidación fiscal emprendido por las administraciones públicas en los últimos años, puede agravar o al menos, dificultar la recuperación de dichas regiones. Junto con la terciarización, se ha agudizado el proceso de desagregación. No obstante, algunas regiones, como Andalucía, las dos Castillas, Extremadura, Galicia y Murcia, presentan unos porcentajes de ocupados y VAB en este sector bastantes más elevados que la media nacional. Por otro lado, en un grupo reducido de regiones –Aragón, La Rioja, Navarra y el País Vasco – destaca su mayor especialización industrial, que parece haber limitado el impacto de la crisis.

No es extraño, en este contexto, que la crisis económica haya afectado de manera desigual a las comunidades autónomas. La caída del PIB ha sido mayor, en términos generales, en algunas regiones que tuvieron tasas relevantes de crecimiento económico en el periodo expansivo, como Murcia, Castilla-La Mancha y la Comunidad Valenciana, a pesar de que la evolución de la población en este mismo periodo ha matizado la caída en términos relativos.

Los resultados no son mejores en términos de reducción de las diferencias según el nivel inicial de riqueza de cada región, las regiones mejor situadas antes de la crisis han caído menos y las peor situadas al inicio se han visto más afectadas. Tal proceso, como se acaba de señalar, está ligado a la diferente especialización sectorial de las comunidades autónomas durante el periodo expansivo. Así, las regiones que muestran un comportamiento más divergente – Andalucía, Catilla-La Mancha, Comunidad Valenciana, Extremadura y Murcia – se caracterizaban por un mayor peso del sector de la construcción. Además, en muchas de ellas el sector público es especialmente relevante en términos de actividad y ocupación. En el otro extremo se encuentran aquellas comunidades autónomas, como Cataluña, Madrid, Navarra y el País Vasco, que presentan una menor dependencia del sector de la construcción y cierta especialización en la industria y servicios de mayor valor añadido. Además, el mayor grado de apertura comercial al exterior de estas regiones les ha permitido afrontar mejor los problemas derivados de la insuficiente demanda interna motivada por la recesión.

4.2.3. Las diferencias de renta dentro de cada comunidad autónoma

Los factores comentados provocan como resultado una dispersión en las rentas percibidas por los hogares, bien por las mayores retribuciones en algunas comunidades, bien por la mayor dependencia de las prestaciones públicas en otras. Por otra parte, las regiones más afectadas por la crisis presentan mayores tasas de desempleo, por lo que es esperable que la renta disponible de los hogares de estas regiones sea más dependiente de las prestaciones por el desempleo. La Contabilidad Regional de España ofrece información sobre la renta de los hogares que facilita tanto el análisis de las diferencias en la renta percibida por los hogares de cada comunidad como del distinto efecto redistributivo del sector público, a través de los impuestos directos y las transferencias sociales. La renta primaria bruta es el primer indicador recogido en las estadísticas oficiales, compuesta por las rentas del trabajo y las rentas de propiedad, como principales ingresos recibidos por los hogares por su participación en el proceso productivo. La renta bruta se calcula sumando o restando a la renta primaria bruta los impuestos directos sobre la renta las cotizaciones y las prestaciones sociales monetarias y otras transferencias corrientes netas. Si a este valor se le suman las transferencias sociales en especial procedentes de los bienes y servicios percibidos por los hogares desde las administraciones públicas, se obtiene la renta disponible ajustada de los hogares.

Los datos disponibles confirman la acción redistributiva del sector público, ya que la desigualdad interregional se reduce a medida que se van incorporando los distintos componentes de las políticas públicas, mitigando el efecto de la crisis, que ha hecho aumentar la divergencia en términos de renta primaria. La dispersión, de hecho, se reduce en más de un 25% al pasar de la renta primaria bruta a la renta disponible ajustada. Asimismo, aunque el ranking de las comunidades autónomas según los diferentes valores de renta es muy similar al mostrado antes con el PIB per cápita, el papel redistributivo del sector público provoca que las posiciones relativas de las regiones se vayan acercando a medida que se pasa de la renta primaria bruta a la renta disponible ajustada (Tabla 18).

Tabla 18: Distribución regional de las rentas de los hogares (España=100). Fuente: Contabilidad Regional de Españas INE

	Renta primaria bruta		Renta disponible bruta		Renta disponible ajustada bruta		RP-RDAB	
	2008	2011	2008	2011	2008	2011	2008	2011
Andalucía	76,81	75,76	80,89	80,12	83,31	82,34	6,49	6,58
Aragón	112,4	111,21	111,91	111,81	110,85	110,67	-1,55	-0,54
Asturias	93,77	94,42	104,48	104,95	104,22	104,9	10,45	10,48
Baleares	106,53	103,46	103,95	100,37	102,54	99,18	-3,98	-4,28
Canarias	83,95	83,63	84,1	83,61	87,19	85,54	3,24	1,9
Cantabria	99,48	96,65	103,65	100,96	103,95	102,41	4,46	5,76
Castilla y León	96,02	97,95	101,46	102,36	101,79	103,16	5,78	5,2
Castilla-La Mancha	82,3	81,88	83,83	83,85	87,73	88,58	5,43	6,7
Cataluña	116,16	117,39	112,76	114,38	110,85	111,6	-5,31	-5,8
C. Valenciana	90,59	87,2	91,08	88,94	91,06	90,08	0,47	2,88
Extremadura	70,66	71,14	76,84	76,76	81,95	82,56	11,29	11,41
Galicia	87,63	88,76	94,29	94,94	95,37	95,73	7,74	6,97
Madrid	129,38	132,06	118,25	119,99	114,26	115,54	-15,12	-16,52
Murcia	83,76	80,44	84,09	81,37	86,95	85,16	3,19	4,71
Navarra	127,79	129,39	126,55	127,85	123,76	124,89	-4,03	-4,5
País Vasco	129,42	130,81	133,05	133,79	131,39	133,18	1,97	2,37
La Rioja	108,87	109,56	107,84	108,75	107,14	108,25	-1,72	-1,31
Ceuta	92,16	90,73	96,55	92,03	99,45	96,57	7,29	5,84
Melilla	85,13	82,01	89,73	82,81	94,69	88,81	9,56	6,8

La cuestión clave en términos de bienestar social es cuáles han sido los efectos de la crisis sobre la distribución intraterritorial de la renta en las regiones españolas. Al ya constatado incremento de la desigualdad para el conjunto del territorio se une que ese aumento se ha distribuido de manera muy diferente entre las comunidades autónomas (Tabla 19). Mientras que hay regiones con crecimientos del índice Gini superiores al 20% como Aragón o Cantabria, en otras el aumento ha sido inferior al 2%, como Extremadura o Castilla y León. Tal evolución ha dado origen a importantes reordenaciones de las comunidades, con sensibles mejoras en Extremadura o Murcia, o claros empeoramientos en Aragón, Asturias y Cantabria. La utilización de otros indicadores de desigualdad no parece modificar este patrón.

La descomposición de la desigualdad en el componente intra e interregional aporta mayor información a los análisis previos. Permite explicar qué parte de la desigualdad se debe a las diferencias en la renta media en las diferentes regiones (inter) y qué parte tiene su origen en la desigualdad interna de cada región (intra). Aunque el periodo de crisis no parece haber afectado al peso relativo de cada componente, la contribución al total de la desigualdad interregional bajó del 25,9% al 25%.

Los resultados anteriores muestran de manera resumida la desigualdad existente en cada comunidad autónoma y España en su conjunto. Este aspecto es importante para comprender cómo se ha repartido territorialmente el efecto de la crisis. Una forma de contrastarlo es observar qué ha sucedido con el 10% más pobre y más rico de la población entre 2008 y 2012, en la mayoría de las regiones la recesión afectó duramente a las familias de menor renta y, aunque la renta real media ha disminuido en prácticamente todas las comunidades autónomas, el 10% más rico de la población ha soportado mejor la crisis, e incluso ha llegado a aumentar su renta media en algunos territorios. Llaman la atención los casos de Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana o Murcia, con fuertes caídas de renta del grupo de población más pobre en las dos primeras y con un fuerte proceso de concentración en torno a la media en el tercer caso.

Tabla 19: Índice de Gini de la renta en cada comunidad autónoma, 2008 y 2012. Fuente: Elaboración de Fundación de Fomento de Estudios Sociales y de Sociología Aplicada a partir de microdatos ECV del INE

	Gini-ECV12	Gini-ECV08	Var 12-08(%)	Ranking 12	Ranking 08
Andalucía	0,3443	0,3157	9,05	3	3
Aragón	0,3311	0,2704	22,44	5	13
Asturias	0,3162	0,2646	19,49	11	16
Baleares	0,23	0,2912	10,66	8	10
Canarias	0,3465	0,3119	11,07	2	4
Cantabria	0,3198	0,2662	20,12	10	15
Castilla y León	0,3062	0,3009	1,75	14	7
Castilla-La Mancha	0,363	0,3227	12,48	1	1
Cataluña	0,3124	0,2964	5,4	13	8
C. Valenciana	0,3338	0,303	10,14	4	6
Extremadura	0,32	0,317	0,93	9	2
Galicia	0,3137	0,2743	14,39	12	12
Madrid	0,3248	0,3101	4,74	6	5
Murcia	0,3054	0,2936	4,03	16	9
Navarra	0,2781	0,2604	6,79	17	17
País Vasco	0,3062	0,2688	13,91	15	14
La Rioja	0,3227	0,2768	16,58	7	11
ESPAÑA	0,3359	0,3092	8,64		

Un último aspecto relevante es el diferente impacto del sector público en la distribución de la renta en cada región, si bien no es fácil diferenciar el fruto de las decisiones de las administraciones regionales porque la mayoría de las prestaciones que aparecen en la ECV son competencia de la Administración central. Las diferencias se deberán a la renta antes de transferencias, el número de perceptores en cada comunidad autónoma o al importe de dichas prestaciones, las transferencias públicas reducen considerablemente la desigualdad. Este efecto ha aumentado paulatinamente, debido a la caída de las rentas primarias derivadas del aumento del desempleo y la moderación salarial.

4.2.4. Sistema de Asentamientos, Ocupación Humana del Territorio y las Infraestructuras de Transporte: Desequilibrios Territoriales

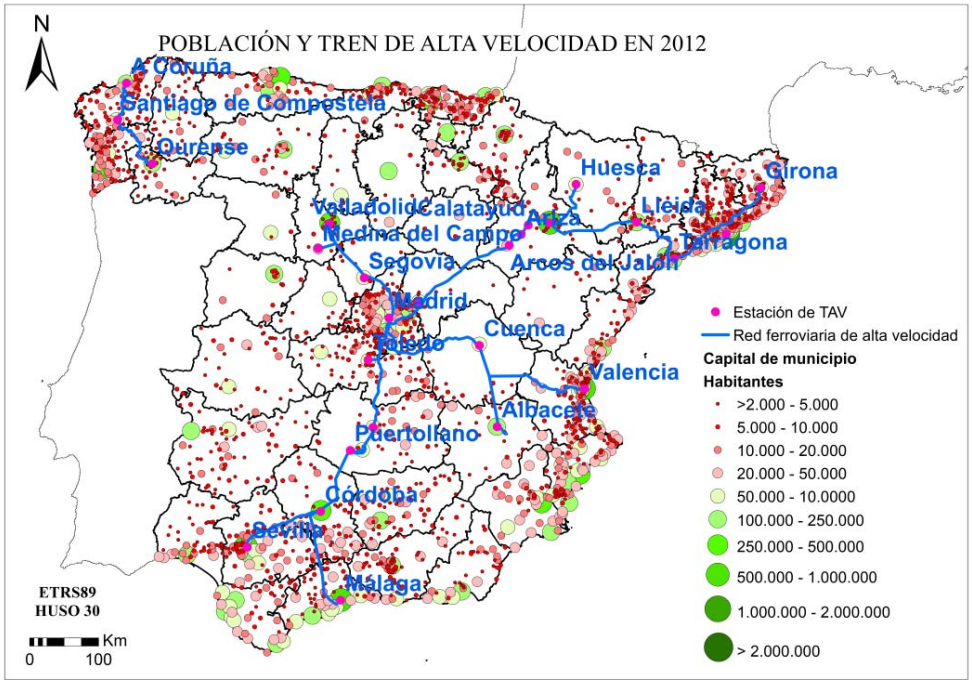
La distribución de la población sobre el territorio es una de las dimensiones más importantes cuando se estudian las infraestructuras de transporte, pues son causa y efecto. Además, la relación entre la población y el suelo sobre el cual se asientan debe ser comprendida siempre como dinámica (De Cos, 2004), pues explica la importancia del análisis de los procesos espacio-tiempo (Cheyland 2007), especialmente lo concerniente al desarrollo de las redes de transporte en general y la red TAV en particular.

En el contexto europeo España tiene una densidad de población comparativamente baja y una de las distribuciones de población más desequilibradas geográficamente (Le Bras, 1996). Sin embargo, existe un alto número de líneas de TAV, respecto a la cantidad de población. Desde la perspectiva demográfica europea, España es un país de extremos, pasando de grandes crecimientos naturales de población a poseer los más bajos crecimientos poblacionales. De ese modo, ha pasado a ser uno de los países con la población más joven a ser una las naciones europeas más tradicionales en términos demográficos y sociales.

Actualmente, la distribución de la población es el resultado de un largo proceso histórico. En este proceso los factores naturales y económicos; así como los factores de las infraestructuras resultantes, principalmente el transporte, han sido decisivos o al menos, altamente condicionantes. Además, en España las últimas décadas han visto grandes cambios en el uso del territorio. Los aspectos principales del modelo de distribución territorial de la población española que cambió durante la segunda mitad del siglo veinte se establecieron en la década de los 60 y los 70, mediante un fuerte desarrollo urbano industrial y terciario con un éxodo rural y cambios profundos sociales y económicos. En las dos últimas décadas, este modelo clásico de áreas rurales en declive y el crecimiento de los centros urbanos se ha colapsado, llevando a un proceso acelerado de descentralización de la metropolización urbana y de peri-urbanización. La revolución del transporte individual y el desarrollo del transporte urbano público y metropolitano han contribuido enormemente a este fenómeno (Reques et al., 2012).

Desde el punto de vista de uso humano del suelo el municipio, que facilita la comprensión del uso del territorio a través de la población y del indicador de densidad de población (habitantes por kilómetro cuadrado).

Figura 31: Asentamientos de población peninsulares españoles y red de alta velocidad en 2012. Fuente: Autor



La distribución de la población española a través de los asentamientos peninsulares es altamente desequilibrada en 2012: el 85% de los asentamientos tienen menos de 5000 habitantes y son sólo el 7,3% de la población del país. En contraste, los asentamientos de más de 100.000 habitantes, que constituyen sólo el 0.7% de los asentamientos, aporta el 40 % de la población nacional peninsular, demostrando el peso de los asentamientos urbanos y semi-urbanos en España.

Sin embargo, la población alrededor de las líneas ferroviarias de alta velocidad presenta un patrón más concentrado y una distribución de la población más equilibrada sobre el territorio. En esta área (corredores de 50-km de anchura a lo largo de las líneas del TAV), la proporción de asentamientos de menos de 5000 habitantes es del 80,7% y equivalen al 10,5 % de la población en los corredores, mientras que los asentamientos de más de 10.000 habitantes representan el 10,6 % de los asentamientos y el 81,5 % de la población en estos corredores.

El uso del asentamiento (centro de población) como la unidad de análisis permite comprender otro fenómeno esencial: el contraste de patrones de población en España. Las áreas extensas del sur de España presentan una estructura de asentamiento basada en comparativos grandes centros con población concentrada y áreas residenciales que contrastan con aquellas entidades demográficas más pequeñas, un contraste que es identificado por los muchos habitantes dispersos del norte del país (Galicia, Asturias y una extensión más pequeña, Cantabria y País Vasco).

En contraste, tanto en el norte y noroeste de la parte central de España (norte sub-meseta, valle del Ebro, áreas montañosas del Sistema Ibérico y los Pirineos), la población está concentrada. En estos extensos territorios, pequeños asentamientos predominan como resultado de las limitaciones físicas del medio rural y los espacios montañosos en los cuales ellos están ubicados y de emigración. La emigración rural ha llevado a la mayoría a un enorme proceso irreversible de descenso demográfico, despoblación y envejecimiento.

Excluidos de los espacios anteriormente mencionados del interior de España están aquellas ciudades que acumulan los volúmenes más altos de población en cada provincia (Figura 31). Sin embargo, el crecimiento de estas ciudades más grandes ha disminuido en los años recientes como resultado de las limitaciones inherentes al crecimiento urbano a favor de ciudades de tamaño, centros sub-regionales y centros funcionales principales de áreas rurales. Así como, espacios periurbanos alrededor de estas ciudades más grandes. Las ciudades principales han crecido en sucesivas oleadas alrededor de los espacios centrales de las principales áreas metropolitanas y, más recientemente, de ciudades de tamaño medio, que también experimentan expansión interna inducida por el cambio reciente de un tradicional patrón residencial de alta densidad español a uno de baja densidad.

En resumen, el análisis de la distribución espacial de la población española confirma el fuerte desarrollo demográfico del núcleo urbano, localizado predominantemente en o cerca de la costa y en el sur de la península, con las excepciones de Madrid, Valladolid, Zaragoza y otras pocas capitales de provincias de la meseta central de España. Estos espacios (ciudades y áreas adyacentes peri-urbanas) las cuales experimente cambios positivos en su demografía, están en agudo contraste con el núcleo rural, que es caracterizado por dinámicas naturales regresivas y por un lento y continuo descenso de la población (Reques et al., 2012). Este proceso de movimiento de la población española lleva a la costa que ha estado en desarrollo desde la década de los 50 y ha acelerado en los últimos años gracias a la inmigración extranjera (Echezarreta 2005), o inmigrado de naturaleza residencial de los países centrales y del norte de Europa (Rodríguez y Warnes 2002), y la inmigración relacionada con el trabajo del resto del mundo, que es enormemente complementaria a la inicial (Gil y Domingo 2006).

4.2.5. Sistema de transporte español

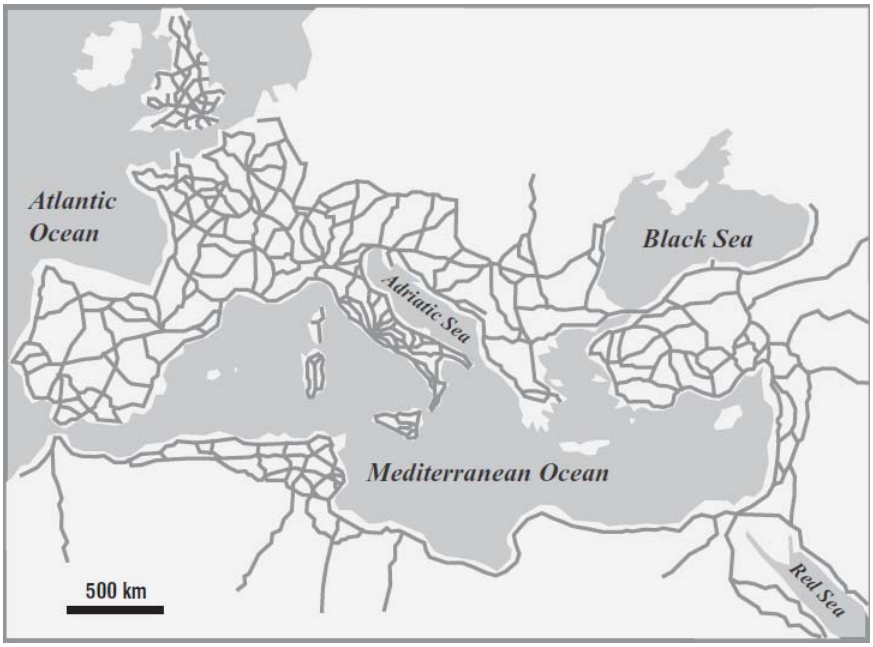
El fenómeno analizado en esta tesis está totalmente relacionado con los sistemas de transporte. Resultando, inevitable analizar el sistema de transporte español. Este sistema estaba escasamente desarrollado, en el comienzo de la década de 1980 y representaba un obstáculo para el progreso del país. Sin embargo, a partir de esta fecha la red de transportes española sufre agudos cambios, pues la inversión de los fondos europeos en infraestructuras, transforma los sistemas de transportes y sitúan a España como uno de los mejores países más dotados en infraestructuras de transporte a escala mundial. De este modo, España ocupa en el 2011 la posición 14 en el ranking mundial de infraestructuras de transporte, según el Índice de Competividad Global 2010-2011. Además, las cifras que mejor ilustran esta extraordinaria evolución son el incremento de la longitud de las autovías de 1900 km en 1980 a 11400 km en 2012 y los 2900 km de longitud de la red ferroviaria de alta velocidad española en 2012.

El carácter radial de las redes de transporte terrestre y aéreo

El sistema de transportes español obedece a la interacción de flujos de recursos materiales y personales en el territorio español que han modificado el territorio. A este respecto, no se puede entender la relación entre el sistema de transporte español y el territorio sin remitirse al pasado, pues los rasgos espaciales de las infraestructuras de transporte persisten en el tiempo.

Como consecuencia en el estudio minucioso sobre la génesis del modelo de transporte español hay que remontarse a la red de calzadas romanas y concretamente al siglo XVIII cuando quedan definidos los rasgos básicos que después se perpetuarán en el sistema, ya que el modelo actual de transporte es una herencia recibida del ya existente en ese siglo, cuando el centralismo borbónico cambio las pautas norte-sur de la red de carreteras y la centralizó en la capital política y administrativa del país, es decir, en Madrid (Izquierdo, 1981).

Figura 32: Red de calzadas romanas, 200 AD. Fuente: Rodrigue, Comtois y Slack, 2013



A este respecto, el "proyecto económico" de Bernardo Ward, de 1760, constituye la clave en ese cambio de estructura: "Necesita España de seis caminos grandes, desde Madrid a La Coruña, a Badajoz, a Cádiz, a Alicante y a la raya de Francia, así por parte de Bayona como Perpiñán, y éstos se deben sacar al mismo tiempo para varios puertos de mar y otras ciudades principales: uno del de La Coruña para Santander, que es el más esencial y urgente en el día, otro para Zamora hasta Ciudad Rodrigo; del de Cádiz, otro para Granada y así todos los demás". De este modo, se definía pues una configuración radial (con centro en Madrid y radios hacia los puertos principales y fronteras) que se ha perpetuado hasta nuestros días.

Asimismo, el desarrollo de la red de ferrocarriles supuso la consolidación de ese modelo centralista, ya que el trazado del ferrocarril coincide básicamente con el de las carreteras principales, de manera que la red también responde a una concepción radial. El primer tramo de ferrocarril (Barcelona-Mataró) fue inaugurado en 1848 y a finales de siglo la red ya superaba los 10000 km de longitud, una cifra sólo ligeramente inferior a 2012, pero notablemente inferior a 2024 cuando se finalizará el PITVI. Por tanto, los rasgos básicos de la estructura de la red de ferrocarriles española actualmente responden al desarrollo acaecido en la segunda mitad del siglo XIX.

Así pues, durante los siglos XVIII y XIX es cuando se forma el actual modelo de transportes terrestres, caracterizado por la radialidad. Este hecho es de transcendental influencia en el desarrollo regional. Ciertamente, la propia evolución de la tecnología de los transportes terrestres hubiera supuesto por sí sola una reducción del aislamiento en el que se encontraban las regiones del interior. Pero el hecho de que esa evolución se produjera sobre unas redes radiales resultó especialmente favorable para Madrid, que se convertía de ese modo, en el principal nodo de las redes de transporte terrestre.

Tradicionalmente eran las regiones costeras las que disfrutaban de unas mejores condiciones y accesibilidad gracias a sus puertos. De hecho, el transporte marítimo fue un factor clave en los comienzos de la industrialización en España. Frente a las regiones costeras, el interior aparecía como un espacio enclavado, aislado, con pocas perspectivas de desarrollo, en un contexto histórico en el que el transporte de mercancías por tierra era caro y poco eficiente. La aparición del ferrocarril en el siglo XIX, altera radicalmente esa situación, actuando como detonante al eliminar el anterior aislamiento de Madrid y revalorizar su posición central, que hasta el momento había supuesto más un inconveniente que una ventaja en su desarrollo (Méndez 1995).

Finalmente, la conversión de la carretera en modo hegemónico durante el siglo XX no hizo sino mejorar la accesibilidad de las regiones el interior y revalorizar aún más la situación de Madrid en el transporte interior.

Si la estructura actual de la red de carreteras es herencia del XVIII y la de los ferrocarriles lo es del XIX, el XX es el siglo de la formación de la red aeroportuaria. La distribución espacial de los aeropuertos refleja la localización de las principales ciudades del país, de manera que la mayor parte de los aeropuertos se sitúan en la periferia y son muy pocos los que lo hacen en el centro, Madrid-Barajas ocupa el vértice de la jerarquía aeroportuaria de España, con conexiones directas con casi todos los aeropuertos españoles y con los principales aeropuertos de otros países, de manera que muchos de los enlaces de los aeropuertos periféricos se realizan a través del de Madrid. Así pues, también la configuración de la red de transporte aéreo tiene una fuerte componente radial, que ha contribuido a reforzar el papel de Madrid como nodo fundamental en el sistema de transportes español.

La hegemonía de la carretera en los tráficos interiores

Uno de os rasgos característicos de las sociedades desarrolladas es la alta movilidad de personas y bienes, frente al carácter localista de las sociedades tradicionales, que vivían muy cerradas en sí mismas. No es de extrañar, pues que durante los últimos 40 años se haya producido en España un crecimiento muy importante en la movilidad de personas y mercancías, en un contexto general de cambio económico y social.

Pero no todos los modos de transporte han experimentado una evolución similar: el transporte por carretera y en menor medida, el aéreo han crecido más, incrementando progresivamente su porcentaje de participación en el mercado de transporte a costa del ferrocarril y el transporte marítimo. Así la carretera aparece hoy como el principal protagonista del transporte interior, tanto de viajeros (donde absorbe el 90% del mercado) como de mercancías (con un 75%). Este hecho es nuevo, ya que el transporte por ferrocarril era el modo predominante durante la primera mitad de siglo.

En el caso del transporte de viajeros, todavía en 1950 el ferrocarril se situaba claramente por encima de la carretera en cuanto a cifras de demanda la mejora de las carreteras y la generalización del uso del automóvil privado altero radicalmente esa situación. Por su parte, el transporte aéreo ha obtenido incrementos de demanda muy importantes, ya que es muy competitivo en viajes de largo recorrido, pero todavía hoy mantiene una participación reducida.

La descentralización de las competencias

La construcción del Estado de las Autonomías ha llevado a un reparto de competencias entre la administración central y las administraciones autonómicas. En materia de transportes y comunicaciones, ese reparto queda establecido en el título VIII de la Constitución Española (“De la organización territorial del Estado”).

De ese modo, el Estado se reserva el control sobre el transporte internacional e interregional, con competencias exclusivas sobre los ferrocarriles y transportes terrestres que transcurran por el territorio de más de una Comunidad Autónoma, la marina mercante, los puertos y aeropuertos de interés general (es decir, los comerciales), el control del espacio aéreo, el transporte aéreo y los correos y las telecomunicaciones. En la práctica, esas competencias son asumidas fundamentalmente por el Ministerio de Fomento.

Por su parte, las Comunidades Autónomas pueden asumir competencias exclusivas sobre los ferrocarriles y carreteras que discurren íntegramente por el territorio de la Comunidad Autónoma, así como el transporte realizado por estos medios o por cable, los puertos refugio, los puertos y aeropuertos deportivos y, en general, todos los que no realizan una actividad comercial (Giménez y Capdevila 1990).

La red de carreteras

La carretera se utiliza prioritariamente como modo de transporte complementario para el acceso a estaciones de ferrocarril, aeropuertos y puertos, cuya distribución por el

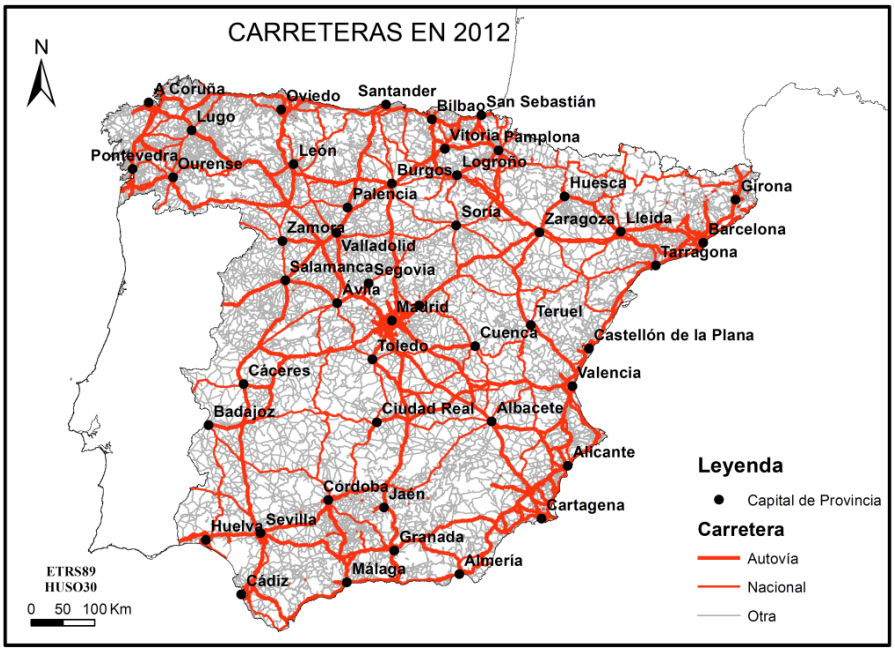
espacio es puntual. Como consecuencia, resulta ser una infraestructura clave desde el punto de vista de la accesibilidad y la articulación del territorio.

La red de carretera se estructura jerárquicamente. De este modo, las carreteras del Ministerio de Fomento (Red de Interés General del Estado) constituyen el tronco básico de la red de carreteras españolas, al actuar como las arterias por las que se movilizan los flujos de carácter interregional e internacional. Por su parte, las carreteras de Comunidades Autónomas y de las Diputaciones se orientan a satisfacer la demanda de movilidad intrarregional y a facilitar las conexiones con la red del MOPT en aquellos núcleos de población que quedan fuera de ella.

El reparto de competencias se realizó partiendo del principio general de que, de acuerdo con la Constitución Española, el Estado tiene competencia exclusiva en obras públicas de interés general o cuya realización afecta a más de una Comunidad Autónoma, mientras que las Comunidades pueden asumir competencias en su territorio respectivo. Más concretamente se procuró que la Red Interés General del Estado (RIGE) incluyera (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo 1986): los itinerarios de tráfico internacional; los itinerarios nacionales que soportan tráficos importantes de largo recorrido, una intensidad considerable de vehículos pesados o una carga apreciable de mercancías peligrosas; los accesos a puertos y aeropuertos de interés general, y los accesos a los principales pasos fronterizos.

Las transferencias de competencias a las Comunidades Autónomas se realizaron entre 1980 y 1984.

Figura 33: Red de carreteras españolas. Fuente: Autor basado en el Ministerio de Fomento



La red de ferrocarriles

Durante la segunda mitad de siglo XIX y los comienzos del XX el ferrocarril era el modo de transporte hegemónico. El ferrocarril era sinónimo de progreso, porque sacaba del aislamiento a los núcleos por los que pasaba, abriendo nuevas perspectivas de desarrollo. Pero la competencia de otros modos de transporte, y particularmente de la carretera, ha relegado al ferrocarril a una posición secundaria. Ante una demanda que se mantiene estacionaria y unos costes de explotación muy elevados, las empresas ferroviarias se enfrentan a una grave situación financiera. Los déficits mayores se producen en las líneas de carácter secundario, lo que ha llevado al cierre de un cierto

número de tramos en los últimos años; por el contrario, las mejoras perspectivas de crecimiento corresponden a los trayectos de largo recorrido y a las cercanías.

Además, la red española de ferrocarriles es radial y arboriforme. Primero porque la mayor parte de las líneas parten de Madrid hasta alcanzar las principales ciudades de la periferia. Segundo porque a partir de unos troncos básicos se abren sucesivamente distintas ramas. Si bien este tipo de estructura permite el mayor número de conexiones con los menores costes de infraestructuras, también es cierto que una red de estas características no satisface adecuadamente algunas relaciones entre regiones periféricas.

A este respecto, la red española de ferrocarriles dispone de tres troncos principales: el tronco Madrid-Venta de Baños que canaliza las relaciones de Madrid con el norte y noroeste de la península; el tronco Madrid-Zaragoza que absorbe las conexiones entre Madrid y el noreste; finalmente, el tronco Madrid-Alcázar de San Juan que concentra las comunicaciones de Madrid con Levante y Andalucía. Junto a estos grandes troncos radiales, existen dos importantes ejes transversales; el eje del Ebro que conecta el País Vasco con Cataluña y con Levante y el del Mediterráneo, desde Murcia hasta la frontera francesa. Todos ellos concentran la mayor parte del tráfico ferroviario español.

Por su parte, los ferrocarriles de vía estrecha se orientan a los tráficos regionales y de cercanías, concentrándose sobre todo en la zona norte de la península. Desde Galicia hasta el País Vasco, aunque también existen ferrocarriles de este tipo en Cataluña, Valencia, Madrid y Mallorca. En general las infraestructuras y el material rodante con que cuentan estas líneas presentan importantes deficiencias, en un marco de graves dificultades financieras (López Trigal 1990).

La red convencional con el ancho Ibérico (1,668m) construida hace dos siglos tenía una forma de red-araña con muchas interconexiones. No obstante, las líneas que enlazan las principales ciudades poseen mejores características técnicas (vías dobles electrificadas) y procedimientos óptimos de mantenimiento, mientras que otras que conectan áreas menos relevantes o funcionan a lo largo de áreas topográficas complejas no están tan bien equipadas (por ejemplo, vías únicas no electrificas). Todas las 47 capitales de provincia peninsulares españolas están conectadas a esta red.

Los tipos de servicios son muy diferentes, estos son para pasajeros y mercancías, de larga distancia, regional y suburbano. Estos tienen diferentes velocidades, 50 a 150 km/h, y desigual número de paradas. Los servicios son más frecuentes para los servicios regionales y suburbanos; y menos frecuente para los servicios de larga-distancia. En 2012 los únicos servicios de tren convencional que funcionaban frecuentemente eran los suburbanos, mientras que los servicios de larga distancia a lo largo de esta red tren convencional han sido cancelados y progresivamente sustituidos por servicios de TAV a lo largo de la nueva infraestructura del TAV (Ureña 2012).

Por otra parte, es necesario considerar la integración de España en la Red Europea de Ferrocarriles. A este respecto, las conexiones de la Península Ibérica con el resto de Europa son aún más difíciles por ferrocarril que por carretera. A las dificultades topográficas que supone el Pirineo hay que añadir el hecho de que el ferrocarril español cuenta con un ancho de vía distinto del estándar europeo. Esto se justifica por la decisión tomada a mediados del siglo XIXI, cuando se planteaba la construcción de los primeros ferrocarriles en España. No obstante, está muy extendida la idea de que el distinto ancho obedece a razones de tipo estratégico (para dificultar una hipotética invasión desde Francia). En realidad, todo parece indicar que se trata de una razón de tipo técnico; los ingenieros españoles pensaban que ante lo difícil de la orografía de nuestro país, se requerirían calderas más potentes, lo que exigía un mayor ancho de vía para aumentar la estabilidad de las locomotoras. Evidentemente, el distinto ancho de vía supone un grave problema técnico en la circulación de los trenes a través de la frontera francesa.

Del problema del distinto ancho de vía deriva una débil utilización del ferrocarril en el transporte internacional de pasajeros y de mercancías. Parece claro, pues que esta circunstancia acentúa la situación de España como país periférico dentro de la UE, tanto

si nos referimos a distancias en tiempo como si lo hacemos con distancias en costes, lo que resulta un factor claramente negativo de cara al Mercado Único.

La Alta Velocidad Ferroviaria en España

En junio de 1966, durante una serie de ensayos de la locomotora 2000-T de Talgo especial para remolcar el Talgo III, se alcanzan los 200 km/h en el trayecto entre Sevilla y Los Rosales: era la primera vez que en España se circulaba a esa velocidad, aunque tuvieron que pasar muchos años más para que la alta velocidad se consolidase, cosa que no ocurrió hasta la década de los 90.

Varios años después de este ensayo, en mayo de 1972, la locomotora 3005-T de Talgo-Krauss Maffei, bautizada como Virgen de la Bien Aparecida, alcanza los 222 km/h en la línea Madrid–Barcelona, entre las estaciones de Azuqueca de Henares (Guadalajara) y Meco (Madrid).

En 1976, se comenzó a investigar en España con un tren derivado del ETR-401 Pendolino italiano, enmarcado en España dentro de la serie 443 de Renfe, del que sólo se construyó una unidad que se preserva en Castejón (Navarra). Con este tren se llevó a cabo una serie de ensayos, siendo en uno de ellos, y ya en el año 1987, en el que se alcanzarían los 206 km/h entre los puntos kilométricos 220 y 221 de la línea de Madrid a Alicante.

A finales de la década de los años 80 se empezó a proyectar la construcción de una línea de alta velocidad, a inspiración de la realizada por SNCF en Francia (el TGV). Entre otros proyectos se realizó uno de un trayecto que uniese la meseta castellana con Andalucía sin pasar por Despeñaperros. Tras varios años de proyectos, se llegó a la conclusión de que una línea en ancho internacional sería acertada, ya que permitiría aprovechar trenes e instalaciones probadas en Europa, y se propuso la creación de la primera línea de alta velocidad en España. El proyecto de N.A.F.A. (Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía) se estaba estudiando como alternativa a la línea por Despeñaperros, dada la necesidad de revitalizar la estancada economía del sur del país. Tras varios años de obras, la primera línea se inaugura el 14 de abril de 1992, coincidiendo con la Expo 92 celebrada en Sevilla. En sus dos primeros años de funcionamiento, el AVE circulaba entre Madrid y la capital andaluza en 2 horas y 55 minutos, con paradas intermedias en Ciudad Real, Puertollano y Córdoba.

El 23 de abril de 1993 se alcanzó el récord de velocidad de los trenes AVE con 356,8 km/h, lo que permitió que en 1994 se iniciase la explotación comercial a 300 km/h en los trenes AVE de larga distancia, reduciéndose en 40 min la duración del trayecto entre Madrid y Sevilla.

En 1987 comienzan los proyectos para reformar el Corredor Mediterráneo y dotarlo de doble vía en toda su totalidad, proyecto del que en 1996 se inaugurarían los primeros tramos de alta velocidad, situados entre Vandellós y Oropesa del Mar, permitiendo circular al tren a 200 km/h en una infraestructura apta para esa velocidad.

En el verano de 1997 entró en servicio comercial el tren Euromed, un TAV de ancho ibérico, que cubre la línea entre Barcelona y Alicante pasando por Tarragona, Castellón de la Plana y Valencia.

Al Euromed se le sumaría en 1999 el Alaris, circulando entre Madrid y Valencia vía Albacete a una velocidad máxima de 200 km/h. En 1999 se proyecta la construcción de la LAV Córdoba–Málaga, para poder llevar el AVE a la Costa del Sol.

En la línea Madrid–Valladolid comienzan en 2002 las obras de los túneles de Guadarrama, para salvar el Sistema Central. Además, en vista a un futuro relativamente próximo, se está ejecutando la variante de Pajares (que incluye los túneles de Pajares) para conectar dicha línea con Asturias.

La construcción de una nueva línea de ancho internacional de Madrid a la frontera francesa, en su primera fase Madrid–Zaragoza–Lérida, se culmina en 2003, en que se hace el primer viaje oficial. Entra en servicio el 11 de octubre de 2003 el AVE Larga Distancia Madrid–Zaragoza–Lérida, que conecta estas ciudades junto a Guadalajara–

Yebes y Calatayud. Durante los primeros años no lo hace a la velocidad prevista por no tener listo el sistema europeo normalizado de señalización ERTMS. Esta línea es la primera en España en contar con el sistema de electrificación a 2x25kV 50Hz, que permite alejar la distancia a la que se sitúan las subestaciones de tracción, sin necesidad de aumentar la tensión.

En diciembre de 2004 se inaugura el servicio Avant Sevilla–Córdoba, cuyos trayectos duran unos 40 minutos con el nuevo material S-104, que también se introduce en el servicio Avant Madrid–Ciudad Real–Puertollano (anterior AVE Lanzadera) en enero de 2005. Un material similar, los S-102, cubren el servicio AVE Larga Distancia Madrid–Zaragoza–Huesca, que se inaugura en abril de 2005.

La construcción de un nuevo acceso ferroviario de alta velocidad hasta Toledo de 21 km, partiendo de la primera infraestructura en la comarca toledana de La Sagra, permite inaugurar el servicio Avant Madrid–Toledo en noviembre de 2005. El trayecto dura menos de 30 minutos. Esta línea de alta velocidad generó y genera controversia por la eliminación del resto de los servicios ferroviarios que operaban en Toledo, ya que al pasarse la relación por la vía de ancho UIC, varios municipios grandes como Getafe, Aranjuez y Algodor perdieron el tren directo a Toledo, quedándose la estación de Algodor sin servicio comercial, y teniendo los ciudadanos de las capitales de provincia de Castilla la Mancha (Albacete, Cuenca, Ciudad Real) que viajar hasta Madrid-Puerta de Atocha para transbordar al tren por la línea Madrid–Sevilla; cosa que ha hecho aumentar los viajes en autobús desde dichos lugares, puesto que el viaje se realiza en menor tiempo y es más económico respecto al ferrocarril. Actualmente Toledo sólo tiene acceso a la red de alta velocidad en ancho UIC, lo que imposibilita el transporte de mercancías y viajeros de otras procedencias que no sean de líneas de alta velocidad.

En mayo de 2006 se anuncia el incremento de velocidad en los servicios AVE S-102 que operan en la línea Madrid–Zaragoza–Lérida, pasando de los 200 km/h a los 250 km/h gracias a la entrada en funcionamiento del ERTMS de nivel 1, un sistema de conducción automática de los trenes compatible en un futuro con las líneas francesas y del resto de Europa. Desde el 17 de octubre de ese año, dichos servicios circulan a 280 km/h. En agosto de 2007 se alcanzan los 300 km/h. Para alcanzar los 350 km/h hay que esperar al nivel 2 del ERTMS.

En mayo de 2006 entran en servicio los Alvia, unos trenes capaces de operar en ancho internacional o ibérico con la misma locomotora, y de cambiar de ancho sobre la marcha. Estos trenes recortan el tiempo de viaje entre Madrid y varias ciudades del norte de España, como Bilbao, Vitoria, Santander o Gijón.

El 16 de diciembre de 2006 se abre el tramo Córdoba–Antequera de la línea Madrid–Córdoba–Málaga, que incluye las estaciones de Puente Genil-Herrera y Antequera-Santa Ana. Esto permitió un recorte del tiempo en los viajes entre Madrid y Algeciras, además de un nuevo itinerario hacia Granada. Dos días después se abre el tramo Lérida–Camp de Tarragona de la línea Madrid–Barcelona–Frontera Francesa.

El 22 de diciembre de 2007 se inauguró la línea Madrid-Segovia-Valladolid, y un día después el tramo que quedaba de la L.A.V. Córdoba–Málaga (Antequera–Málaga).

Aunque inicialmente prevista para el 21 de diciembre, el 20 de febrero de 2008 se abrió al público el tramo Roda de Bará-Barcelona de la L.A.V. Madrid-Zaragoza-Barcelona-Frontera Francesa. De este modo la conexión por alta velocidad entre Madrid y Barcelona está operativa, con un tiempo de viaje de 2 horas y 38 minutos.

En mayo de 2009, se firmó el convenio para construir el ferrocarril de alta velocidad en Navarra, poniendo fin a trece años de parones y movimientos en falso.

Para 2010 el Gobierno de España tenía previsto contar con la mayor red de alta velocidad ferroviaria en el mundo, con 2.230 km, superando a países pioneros en la alta velocidad, como Japón o Francia. La última línea de alta velocidad ha sido inaugurada es el trayecto Madrid-Valencia en 2011 incorpora a la red AVE sus 364,7 km.

Tabla 20: Evolución de la Alta Velocidad Ferroviaria española. Fuente: Autor basado en los datos de ADIF y UIC

Línea		**Estado**	**Distancia (km)**
Madrid	Sevilla	Operativo desde 1992	471
Madrid	Lleida	Operativo desde 2003	519
Zaragoza	Huesca	Operativo desde 2003	79
Madrid	Toledo	Operativo desde 2005	21
Córdoba	Antequera	Operativo desde 2006	100
Lleida	Camp de Tarragona	Operativo desde 2006	82
Madrid	Valladolid	Operativo desde 2007	184
Antequera	Málaga	Operativo desde 2007	55
Camp de Tarragona	Barcelona	Operativo desde 2008	88
By pass Madrid		Operativo desde 2009	5
Madrid	Valencia	Operativo desde 2010	432
Figueres	Frontera (Perpignan)	Operativo desde 2010	20
Ourense	Santiago	Operativo desde 2011	88
Barcelona	Figueres	Operativo desde 2013	132
Albacete	Alicante	Operativo desde 2013	239
Madrid	Castellón	En construcción	231
Vitoria	San Sebastián	En construcción	175
Variante de Pajares		En construcción	50
Bobadilla	Granada	En construcción	109
A Coruña	Vigo	En construcción	158
Navalmoral de la Mata	Badajoz (Frontera)	En construcción	278
Sevilla	Cádiz	En construcción	152
Hellín	Cieza	En construcción	27
Línea		**Estado**	**Distancia (km)**
Sevilla	Antequera	En construcción	128
Valladolid	Vitoria	Prevista su construcción	211
Venta de Baños	León	Prevista su construcción	238
Madrid	Navalmoral de la Mata	Prevista su construcción	191
Almería	Murcia	Prevista su construcción	190
Valencia	Castellón	Prevista su construcción	64
Olmedo	Ourense	Prevista su construcción	323
Palencia	Santander	Prevista su construcción	201
Zaragoza	Logroño	Prevista su construcción	149
Castejón	Pamplona	Prevista su construcción	75
Ourense	Vigo	Prevista su construcción	60

El Plan Español de Infraestructuras de Transporte propuesto para el TAV en España (en adelante PEIT 2005-20), previo al actual PITVI, establecía que solamente cuatro nuevas líneas de TAV circularían a 300/350 km/h manteniendo las líneas convencionales a lo largo del mismo corredor. Además, este plan incluía muchas líneas convencionales siendo actualizadas a TAV de 220-km/h estándares a lo largo de los corredores que no mantendrán líneas convencionales paralelas. La mayoría de las nuevas líneas de TAV propuestas han ya empezado a construirse.

A este respecto, la diferencia entre el PEIT 2005-2024 y lo que está teniendo lugar en el PITVI es que algunas de las líneas convencionales reconstruidas propuestas están siendo transformadas a nuevas líneas de TAV mientras que otras no están siendo reconstruidas.

No obstante, entre ambos planes de infraestructuras se sugiere una red con una fuerte estructura de red ramificada o una estructura entrecruzada. Además, para las nuevas líneas del TAV y la actualización de algunas líneas convencionales a velocidades más altas se han tenido en cuenta el incremento de la interconectividad de las líneas TAV existentes. De esta forma, una mayor variedad de servicios TAV pueden usar las líneas convencionales existentes y las nuevas que serán construidas.

Por otra parte, actualmente el Ministerio de Fomento del Gobierno de España ha desarrollado el PITVI. Este plan de infraestructuras pretende conectar todas las capitales de provincia no insulares españolas mediante la red ferroviaria de alta velocidad. Esta nueva red tiene características técnicas muy similares para la mayoría de sus tramos: doble vía, tracción eléctrica y velocidades de diseño 300/350-km/h.

No obstante, aquellas líneas que reutilizarán las líneas de tren convencional no dispondrán de líneas electrificadas y las velocidades comerciales máximas serán de 250 km/h, 200 km/h y 105 km/h.

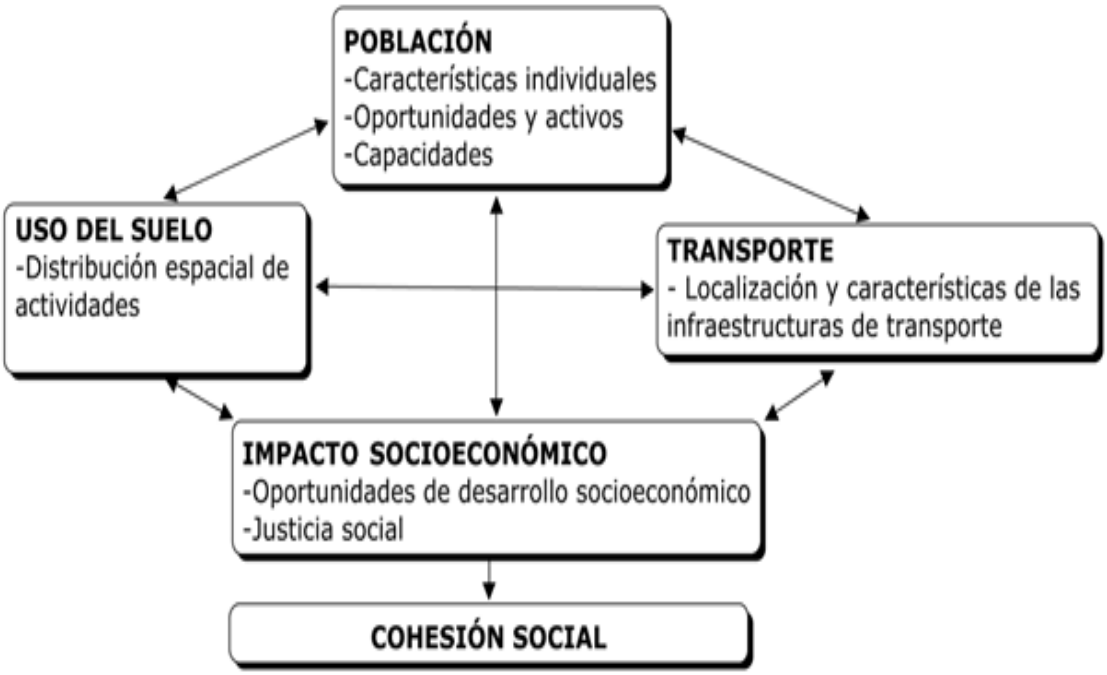
A este respecto, los objetivos estratégicos del PITVI contemplan las infraestructuras en general y el ferrocarril en particular como infraestructura estratégica para:

- Mejorar la eficiencia y competitividad.
- Contribuir a un desarrollo económico equilibrado.
- Promover una movilidad sostenible.
- Reforzar la cohesión territorial y la accesibilidad.
- Favorecer la integración funcional del sistema de transportes.
- Como consecuencia, este plan apuesta por la cohesión social nacional peninsular.

5. METODOLOGÍA

Una vez expuestos los objetivos y el marco de trabajo de esta investigación, se propone una metodología basada en Geurs, Boon, Wouter y Van Wee del año 1999, que permita evaluar el impacto socioeconómico municipal de la inversión en infraestructuras TAV relacionándolo con otros tres factores fundamentales: el uso del suelo, las características de las personas y el transporte que determina la accesibilidad de un territorio (Figura 34).

Figura 34: Fases metodológicas desarrolladas. Fuente: Autor



Se trata de identificar las zonas con mayores déficits de accesibilidad y menor desarrollo económico, para que reciban mayor dotación en infraestructuras o mejoren las existentes. En el siguiente apartado se describen los procedimientos metodológicos llevados a cabo. A grandes rasgos se comienza por la generación de la cartografía base que soportará todos los cálculos de accesibilidad. Después se realiza una clasificación de los municipios en tres categorías según su grado de desarrollo socioeconómico. A continuación, se clasifican los municipios según su nivel de accesibilidad. La metodología prosigue con la aplicación del factor de ponderación que se impondrá a cada municipio según su grado de desarrollo y nivel de accesibilidad. Finalmente, se calcula el indicador de cohesión previsto para el horizonte 2024 y se muestran los resultados más relevantes en diferentes mapas temáticos.

Figura 35: Fases metodológicas desarrolladas. Fuente: Autor

La metodología propuesta permite clasificar e identificar aquellos municipios que mejorarán o empeorarán su cohesión social, tras la construcción de los nuevos corredores TAV, propuestos en el PITVI en el horizonte 2024 (Figura 35). Para ello se emplean indicadores estadísticos de retraso estructural y accesibilidad potencial territorial, ilustrando los resultados con herramientas SIG.

Los resultados muestran patrones territoriales poco definidos en cuanto al efecto positivo o negativo de las nuevas infraestructuras, mostrándose numerosos municipios con desventajas geográficas y demográficas que no mejorarán su situación. La propuesta metodológica caracteriza eficientemente la cohesión social antes de la construcción de las infraestructuras TAV, permitiendo analizar de forma eficiente dicho indicador en el horizonte 2024.

La estructura seguida en este capítulo comienza en primer lugar con la enumeración de las fuentes de información utilizadas. Después, se explica cómo se generó la cartografía base y se realizó la modelización de los sistemas de transportes terrestres, tanto carreteras como ferroviarios (convencionales y de alta velocidad). En tercer lugar, se describe el cálculo estadístico con el que clasificar a los municipios según su grado de desarrollo socioeconómico. El cuarto apartado corresponde a la clasificación de los municipios según su nivel de accesibilidad. A continuación se muestra cómo se ha aplicado el factor de ponderación a cada uno de los municipios, en función de su nivel de desarrollo y grado de accesibilidad. Finalmente, el último apartado muestra el cálculo del indicador de cohesión social propuesto y cómo éste puede ser utilizado para identificar y clasificar los municipios, en función del previsible impacto del PITVI en 2024.

5.1. FUENTES DE INFORMACIÓN

A continuación se detallan los organismos oficiales que suministraron los datos, las fuentes información y cuáles de estos datos han sido utilizados.

En primer lugar, el Ministerio de Fomento mediante el Mapa Oficial de Carreteras suministró la información necesaria para la generación de la cartografía, así como la modelización de la red de carreteras. Asimismo, el Instituto da Movilidade e dos Transportes IP proporcionó la información viaria de Portugal y el Institut National de L'Information Geographique et Forestère facilitó la información viaria de Francia. Del mismo modo, RENFE, ADIF y ADIF Alta Velocidad, también pertenecientes al Ministerio

de Fomento, proporcionaron los datos correspondientes a los ferrocarriles españoles actuales y futuros planificados en el PITVI. Además, Feve, Ferrocarril de la Generalitat de Cataluña (en adelante FGC) y Ferrocarriles de la Generalitat de Valencia (en adelante FGV) proporcionaron los datos sobre los ferrocarriles de vía estrecha. El Ministerio de Fomento es el único organismo oficial que proporcionó información para modelar el sistema de transportes terrestres.

En segundo lugar, el INE proporcionó la población residente en 2012 y el Índice de Dependencia mediante el Padrón Municipal de Habitantes. Además, a través del Censo de Población y vivienda en 2011 el INE suministró los datos correspondientes a la proporción de segundas residencias, población empleada en el sector primario, secundario, terciario y en la construcción. La Tasa de Desempleo referida al año 2012 extraída del Ministerio de Empleo y Seguridad Social, mediante la Encuesta de Población Activa realizada por el SEPE, fue otra de las variables consideradas.

Respecto a los datos ofrecidos por las entidades privadas, La Caixa ofreció la cuota de mercado por habitante, los vehículos de motor matriculados por habitante y el índice industrial por habitante. Su Anuario Económico está calculado a partir de los datos ofrecidos por el Ministerio de Economía y Hacienda, Diputaciones Forales del País Vasco, Gobierno de Navarra y la Dirección General de Tráfico (en adelante DGT).

5.2. DISEÑO DE LA CARTOGRAFÍA BASE

La cartografía base se georreferencia utilizando el sistema ETRS89 en el huso 30. Este sistema de referencia se utiliza por ser el sistema de referencia geodésico para España oficial y que sigue la directiva INSPIRE, siendo homogéneo a toda Europa.

Asimismo, destacar que dentro de este apartado se gestiona la información en formato shape (.shp), muy extendido en los entornos SIG. En cuanto a este último, se utiliza la versión 10.1 de ArcGis (ESRI) y la herramienta, diseño de redes y la extensión, análisis de redes, propias de dicha aplicación.

5.2.1. Red de transportes terrestres

Dentro de las tareas iniciales relativas al diseño y generación de cartografía base, destaca la modelización del sistema de transporte objeto de estudio, haciendo uso de cartografía base de tipo vectorial. Respecto al tipo de cartografía que se utiliza señalar que los tipos de información que pueden ser tratados en un SIG son de tipo vectorial o ráster. En el modelo vectorial el foco de interés se sitúa en las entidades y su posicionamiento sobre el espacio. Para modelizar las entidades del mundo real utilizando el modelo vectorial se emplean tres tipos de objetos espaciales: puntos, líneas y polígonos (Gutiérrez y Gould, 1994).

La metodología propuesta se apoya en la teoría de grafos a la hora de representar la red viaria. Esta teoría se encarga de estudiar las propiedades de los grafos, entendiendo estos como representaciones simplificadas de una red cualquiera mediante nodos (puntos que limitan cada segmento de la red) y arcos (segmentos limitados por dos nodos). A su vez los arcos suelen tener asociada información relativa a la dirección y sentido de la circulación que es útil para los posteriores análisis de redes (Buzai, 2011). En el grafo no importan tanto la forma de los segmentos como los puntos conectados entre estos (orígenes y destinos de los desplazamientos).

Es importante diferenciar entre estructuras de datos cartográficas y topológicas. En las primeras se registra únicamente la geometría, mientras que en las segundas se registran también las relaciones topológicas. Se dice que una estructura de datos es topológica cuando almacena una o más de las siguientes relaciones (NCGIA, 1990): conectividad de los arcos en las intersecciones, existencia de conjuntos ordenados de arcos formando los límites de los polígonos y las relaciones de contigüidad entre polígonos. Si ninguna de estas relaciones está presente, entonces la estructura es cartográfica. En cualquier caso, es posible convertir cartográfica en topología mediante

el cálculo y almacenamiento de dichas relaciones en un proceso denominado "construcción de topología". El sistema debe ser capaz de determinar dónde se produce la intersección de dos líneas, para marcar allí los nodos correspondientes y, a partir de éstos, identificar los arcos. En base a arcos y nodos ya es posible registrar relaciones topológicas.

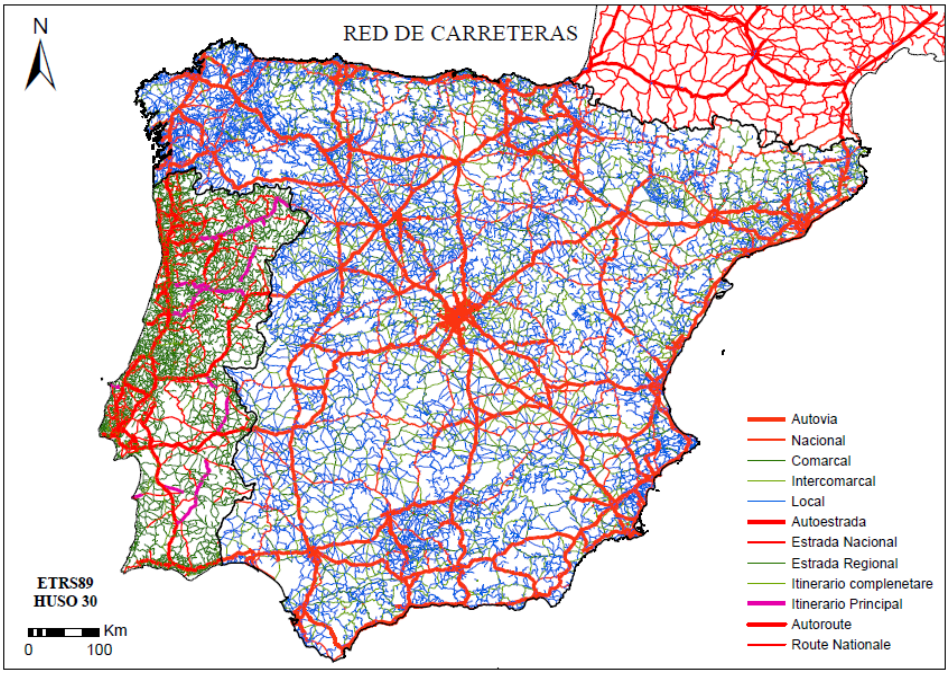
Entre las distintas estructuras vectoriales topológicas existentes se decide utilizar la estructura arco-nodo. El elemento vectorial fundamental de este caso es el arco (sucesión de líneas o segmentos que comienza en un nodo y termina en otro). Por su parte, los nodos se marcan allí donde se produce la intersección entre líneas o donde una línea termina. De ahí que en los nodos siempre se encuentren tres o más arcos, excepto en el caso de que constituyan nodos terminales de un mismo arco (Gutiérrez y Gould, 1994). Mediante este proceso, se genera la cartografía y la construcción topológica, representando así la compleja red analizada (red multimodal que trata los modos por carretera y ferrocarril indistintamente).

Las líneas representan, por un lado, las carreteras que permiten el acceso a las estaciones TAV y por otro, la propia infraestructura férrea convencional y el servicio TAV. Los únicos puntos de conexión intermodal entre redes (carretera y ferrocarril) son las estaciones de ferrocarril, ya sean de TAV o de tren convencional.

Con el fin de generar un modelo abierto, en el que no se restringieran resultados en aquellas áreas periféricas del estudio, se consideran las redes de los países vecinos (Portugal y Francia). Además, estas redes podrían ser utilizadas en algunos casos por los residentes españoles para realizar ciertos trayectos entre ciudades (sobre todo aquellos residentes en poblaciones fronterizas). En el caso de la red francesa, únicamente se consideran los primeros 280 km medidos desde la frontera con España (en el caso de Portugal se hace uso de toda la red).

La red de carreteras (Figura 36) ha sido clasificada según su categoría. En España se clasifica esta red en autovía, nacional, comarcal, intercomarcal y local. En el caso portugués se agrupan en autoestrada, estrada nacional, estrada regional, itinerario complementare e itinerario principal. La red francesa se divide en autoroute y route nationale.

Figura 36: Red de carreteras analizadas en 2012. Fuente: Autor



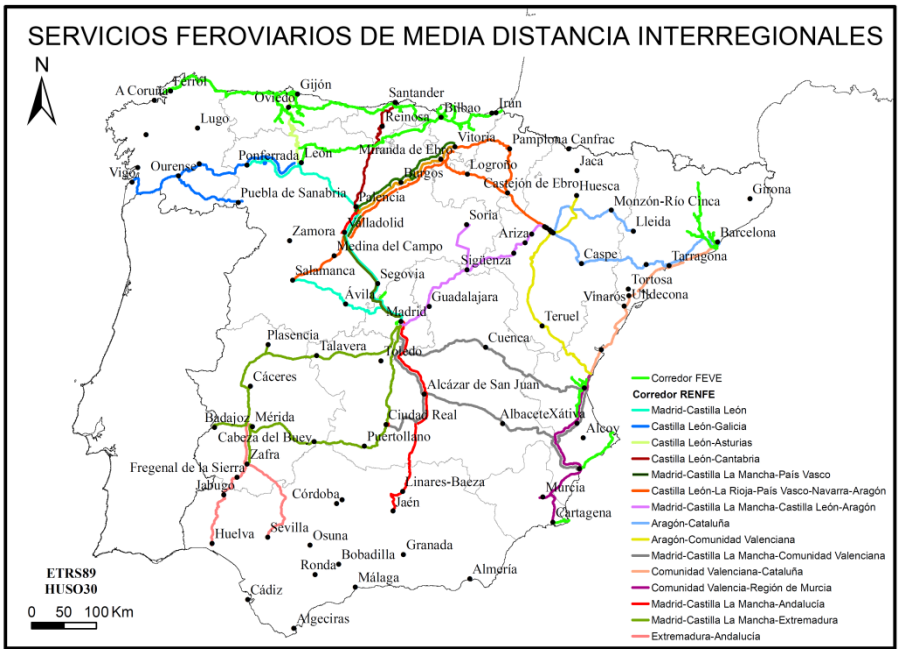
Del mismo modo, la red de ferrocarriles en España se ha clasificado jerárquicamente como servicios ferroviarios de alta velocidad AVE y AVANT, servicios de media distancia interregional (incluidos los de vía estrecha), servicios de media distancia regional, y servicios de cercanías. Los servicios AVANT o lanzaderas, son servicios de media distancia que se prestan con trenes de alta velocidad. El trazado de éstos es el mismo que el de AVE, aunque los trenes AVE son directos entre el inicio y fin de cada corredor. Asimismo, el billete de los servicios AVE es más costoso que el del servicio AVANT (Figura 37).

Figura 37: Red ferroviaria de alta velocidad en 2012. Fuente: Autor

En relación a los servicios ferroviarios de media distancia interregionales, es de destacar que cuentan con una importante red que conecta a las Comunidades Autónomas a través de las capitales de provincia y ciudades separadas entre 100 y 300 km. La red de servicios ferroviarios convencionales de media distancia operados por Renfe se divide en 15 corredores comerciales, según sus respectivos ámbitos geográficos (Figura 38).

Los ferrocarriles de vía estrecha son considerados como servicios ferroviarios de media distancia administrados por Renfe Feve, o simplemente Feve (una división comercial del operador ferroviario español). Los servicios ferroviarios de vía estrecha operan en las comunidades autónomas de Galicia, Principado de Asturias, Cantabria, País Vasco, Castilla y León, y Región de Murcia. Después de 1979, una parte significativa de la red de vía estrecha fue transferida a algunas Comunidades Autónomas. Así EuskoTren gestiona la red ferroviaria del País Vasco, FGC opera en Barcelona, FGV opera en la Comunidad Valenciana y Serveis Ferroviaris de Mallorca (en adelante SFM) opera en Mallorca.

Figura 38: Red ferroviaria de media distancia interregional en 2012. Fuente: Autor

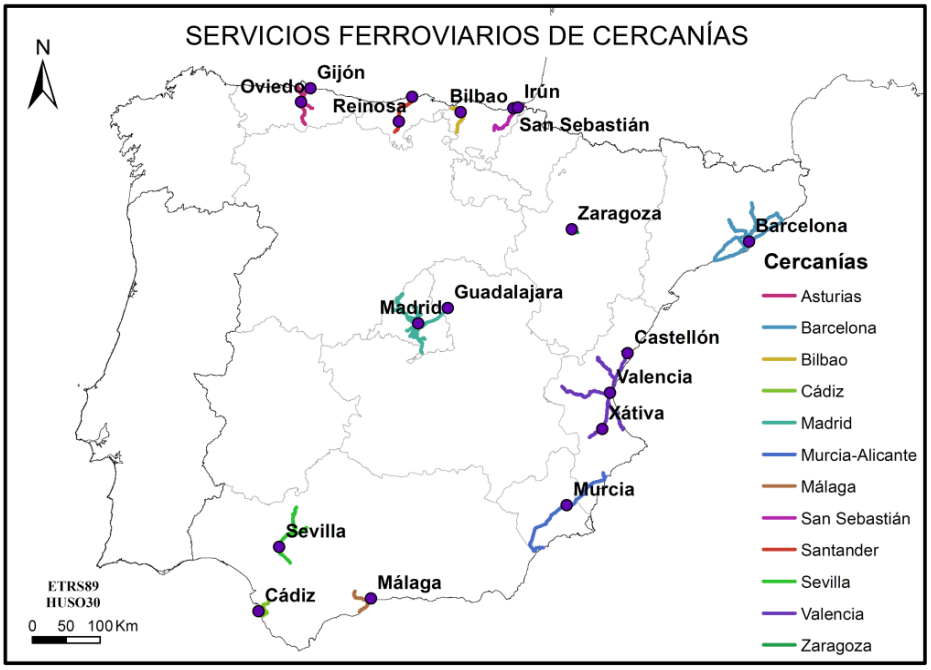


Las redes de los servicios ferroviarios regionales de media distancia, son aquellos que discurren dentro de una misma Comunidad Autónoma. Estos corredores tienen gran importancia en algunos casos como sistema estructurante de ámbito regional y de comunicación entre las principales ciudades de cada Comunidad Autónoma (Figura 39).

Figura 39: Red ferroviaria de media distancia regional en 2012. Fuente: Autor

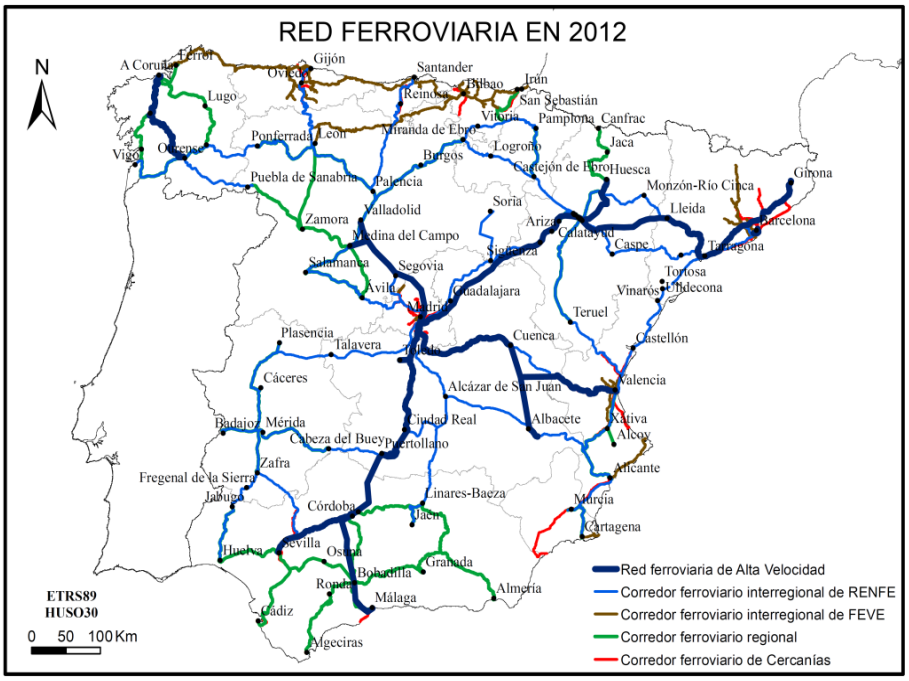
Respecto a los servicios ferroviarios de cercanías, estos operan en las principales áreas metropolitanas españolas: Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao, Sevilla, Málaga, Asturias, Murcia-Alicante, Cádiz, San Sebastián, Santander y Zaragoza (Figura 40).

Figura 40: Red ferroviaria de cercanías en 2012. Fuente: Autor



La unión de todos los servicios (AVANT, media distancia, FEVE y cercanías) conforma la red ferroviaria actual (Figura 41), mientras que la unión de esta con la red de carreteras, componen a su vez toda la red de transporte objeto de estudio en esta investigación (ambas referidas al año 2012).

Figura 41: Red ferroviaria total en 2012. Fuente: Autor



Posteriormente y teniendo en cuenta las actuaciones que se van a llevar a cabo en el PITVI entre 2012-2024 (Figura 42), se incluyen los servicios ferroviarios AVANT o nuevas líneas de alta velocidad ferroviaria que van a ser construidas en dicho periodo (Tablas 22, 23 y 24).

Tabla 21: Líneas construidas de TAV en España. Fuente: PITVI

LÍNEAS FERROVIARIAS DE ALTA VELOCIDAD REALIZADAS		
LÍNEA	**VELOCIDAD COMERCIAL (KM/H)**	**ESTACIONES**
MADRID/SEVILLA	300	MADRID
		TOLEDO
		CIUDAD REAL
		PUERTOLLANO
		CÓRDOBA
		SEVILLA
CÓRDOBA/MÁLAGA	350	PUENTE GENIL
		ANTEQUERA-SANTA ANA
		MÁLAGA
MADRID/BARCELONA	350	MADRID
		GUADALAJARA-YEBES
		CALATAYUD
		ZARAGOZA
		LLEIDA
		TARRAGONA
		BARCELONA
MADRID/VALLADOLID	350	MADRID
		SEGOVIA
		VALLADOLID
MADRID/TOLEDO	270	MADRID
		TOLEDO

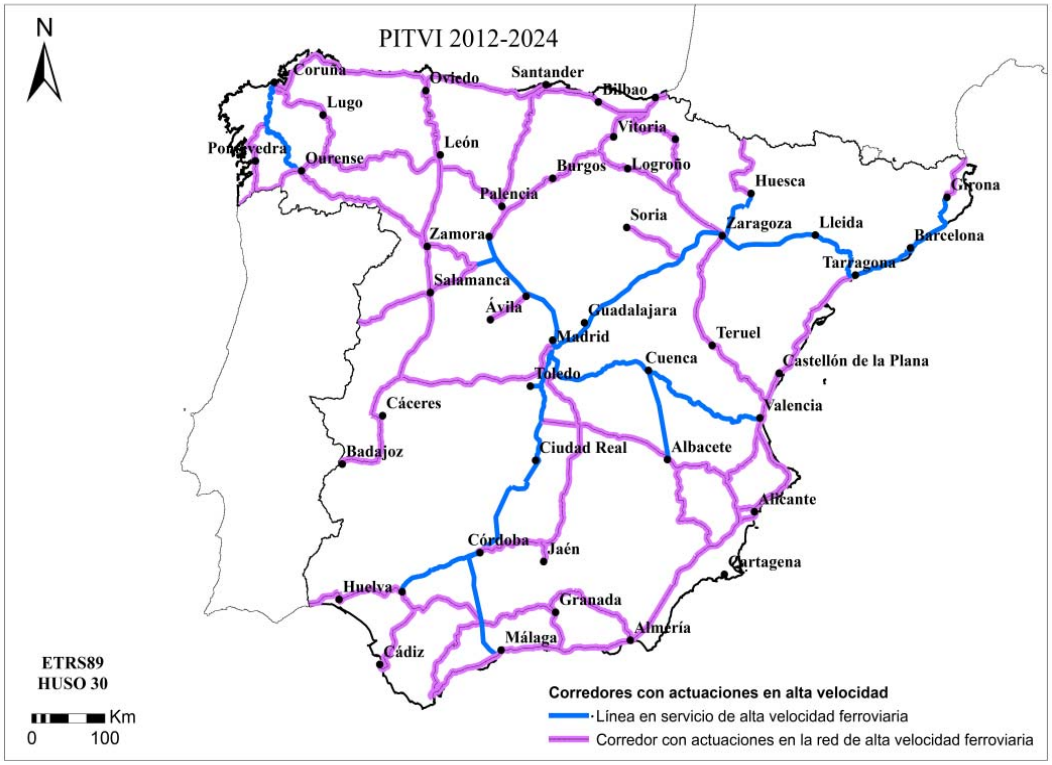
Tabla 22: Líneas en construcción de TAV en España. Fuente: PITVI.

LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD PARCIALMENTE CONSTRUIDAS		
LÍNEA	**VELOCIDAD COMERCIAL (KM/H)**	**ESTACIONES**
LEVANTE	300	MADRID
		CUENCA
		ALBACETE
		VILLENA
		ALICANTE
MADRID/GALICIA	350	MEDINA DEL CAMPO
		ZAMORA
		PUEBLA DE SANABRIA
		A GUDIÑA
		OURENSE
		SANTIAGO DE COMPOSTELA
		A CORUÑA
EJE ATLÁNTICO	250	VIGO
		PONTEVEDRA
		SANTIAGO DE COMPOSTELA
		A CORUÑA
		FERROL

Tabla 23: Líneas previstas de TAV en España. Fuente: PITVI

LÍNEAS FERROVIARIAS DE ALTA VELOCIDAD PENDIENTES DE CONSTRUIRSE		
LÍNEA	**VELOCIDAD COMERCIAL (KM/H)**	**ESTACIONES**
LEÓN/ASTURIAS	105	LEÓN
		OVIEDO
VITORIA/BILBAO/SAN SEBASTIÁN	250	VITORIA
		BILBAO
		SAN SEBASTIÁN
MADRID/EXTREMADURA	200	TALAVERA DE LA REINA
		NAVALMORAL DE LA MATA
		PLASENCIA – FUENTIDUEÑAS
		CÁCERES
		MÉRIDA
		BADAJOZ
ANTEQUERA/GRANADA	200	ANTEQUERA
		LOJA
		GRANADA
ALMERÍA/MURCIA	300	ALMERÍA
		VERA-ALMANZORA
		LORCA
		MURCIA
VALLADOLID/LEÓN	350	VALLADOLID
		VENTA DE BAÑOS
		PALENCIA
		LEÓN
VENTA DE BAÑOS/ BURGOS/VITORIA	350	VENTA DE BAÑOS
		BURGOS
		MIRANDA DE EBRO
		VITORIA

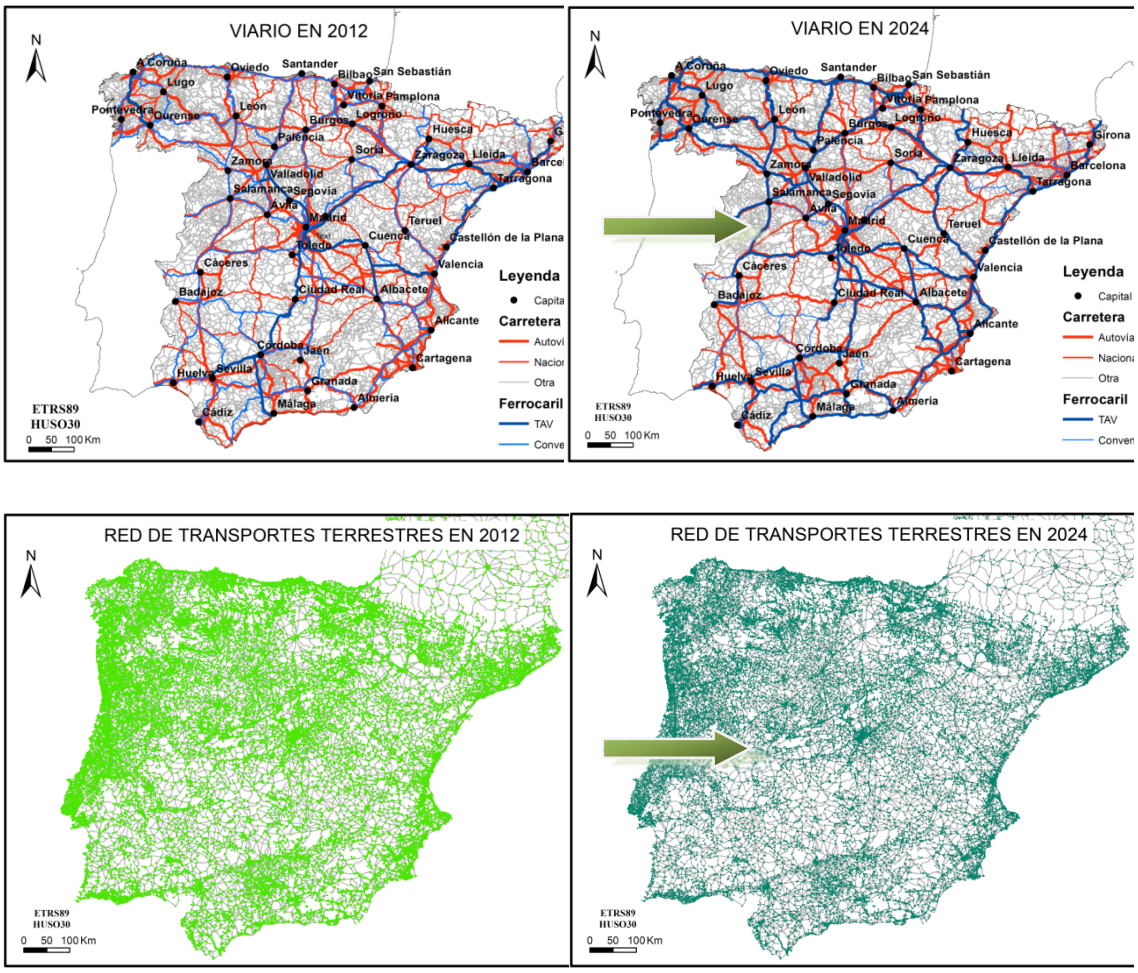
Figura 42: Acciones previstas en el PITVI para el año 2024. Fuente: Autor



A continuación se realiza la validación topológica de la red viaria obtenida tanto en 2012 como en 2024. La validación topológica consiste en asignar a cada una de las redes una serie de características sobre vecindad y conexión entre elementos geométricos. Esto se lleva a cabo generando un fichero en el que se aplican una serie de reglas topológicas, las cuales permiten a la aplicación de análisis de redes de ArcGis detectar todos aquellos errores que provocan problemas de continuidad en la red (corregir la conexión entre arcos y nodos sin conexión, corrección *dungles* o arcos colgados).

Una vez corregida la topología, se asigna un ID a cada registro en la capa generando un campo de tipo numérico autorrellenable. Finalmente, la cartografía obtenida es la red de transportes terrestres en 2012 y en 2024 sobre la cual se sustentan los desplazamientos de los modelos de transportes obtenidos. La red de transportes terrestres en 2012 tiene 70.551 arcos y 50.818 nodos, y la red de transportes en 2024 dispone de 70.698 arcos y 50.873 nodos (Figura 43).

Figura 43: Redes viarias analizadas en 2012 y 2024



El siguiente paso es calcular la impedancia[8], basándose en que cada tramo presenta unas características distintas y la variación de los costes generalizados[9] en las distintas rutas. Para simular esta realidad en el modelo, se opta por asignar a cada arco un valor de impedancia en función de la longitud que éste tenga y de la velocidad máxima permitida. Para calcular los valores de impedancia se crea un campo numérico en la capa y se rellena con los resultados de aplicar la expresión propia del movimiento rectilíneo uniforme, en la que se relaciona la velocidad, el espacio y el tiempo de un recorrido dado:

$$V = \frac{E}{T}; \quad T = \frac{E}{V}; \quad T = I \tag{113}$$

Donde:

V= es la velocidad máxima permitida en cada arco, medido en m/min.

E= longitud del tramo que se quiere atravesar, medido en m.

T= es el tiempo que se tarda en atravesar un tramo concreto de la red. Se mide en min.

[8] La impedancia es la resistencia que ofrece un arco a ser atravesado por un usuario del sistema.

[9] Se entiende por coste generalizado aquel fruto de sumar todos los costes separables (impedancias de cada tramo) de los tramos que forman una ruta para un par origen-destino.

I= es igual a la impedancia medida en minutos (sustituye al tiempo en la expresión original).

Finalmente se obtiene una cartografía lineal donde cada tramo de la red tiene asociado información alfanumérica (no geográfica); mediante un identificador único de tipo numérico, su velocidad máxima permitida en función del tipo de vía que es (rápida, nacional, autonómica, provincial, etc.), longitud del tramo e impedancia expresada en minutos.

5.2.2. Estaciones de ferrocarril

Las estaciones de ferrocarril adquieren en el análisis una gran importancia, pues son el único punto de conexión intermodal entre las dos redes terrestres de transporte estudiadas. Por este motivo, el segundo tipo de cartografía es el que representa al conjunto de puntos georreferenciados que simbolizan a las a las estaciones de ferrocarril, ya sean de alta velocidad o no.

Las estaciones, al igual que los corredores ferroviarios, han sido clasificadas jerárquicamente en estaciones de trenes de alta velocidad, estaciones de servicios interregionales y FEVE, así como estaciones de servicios regionales y cercanías. En total existen 1.034 estaciones de servicios ferroviarios de media distancia interregionales. También se consideran en el análisis las 919 estaciones ferroviarias FEVE. Del mismo modo, se contemplan además las 61 estaciones de los servicios ferroviarios de media distancia regionales (Tabla 24).

Tabla 24: Estaciones de ferrocarril de media distancia por Comunidad Autónoma. Fuente: ADIF

Comunidad autónoma	Nº de Estaciones	Comunidad autónoma	Nº de Estaciones
Andalucía	14	Galicia	8
Aragón	7	Navarra	2
Castilla La Mancha	4	País Vasco	2
Castilla y León	12	Región de Murcia	2
Comunidad Valenciana	4	Extremadura	6
Total: 61			

Asimismo, las 657 estaciones de cercanías (Tabla 25).

Tabla 25: Estaciones de cercanías por ciudad. Fuente: ADIF

Ciudad	Nº de Estaciones	Ciudad	Nº de Estaciones
Madrid	158	Asturias	56
Barcelona	139	Murcia-Alicante	31
Valencia	84	Cádiz	14
Bilbao	52	San Sebastián	29
Sevilla	35	Santander	27
Málaga	26	Zaragoza	6
Total: 657			

5.2.3. Principales núcleos urbanos de cada término municipal

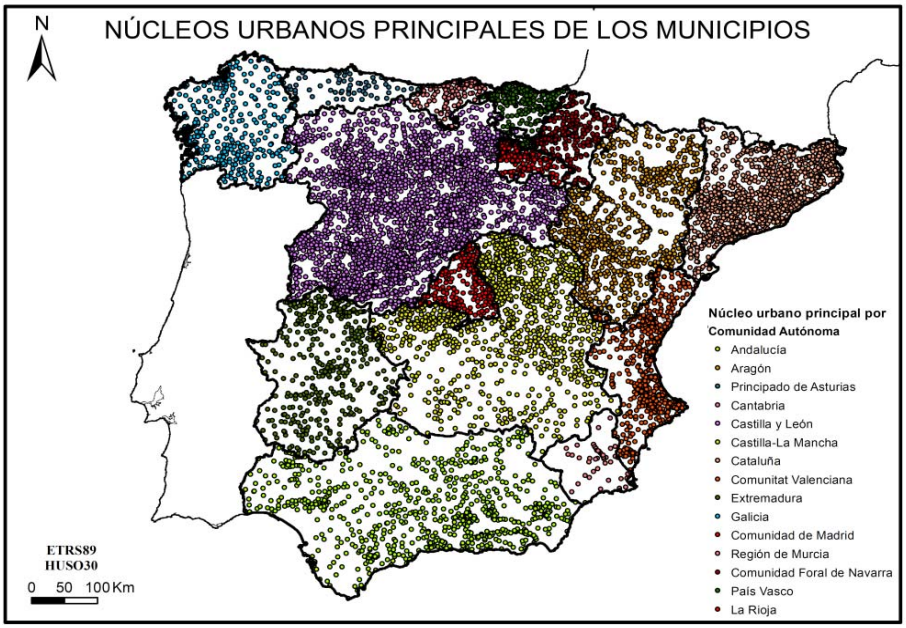
Una parte importante del análisis es localizar aquellos lugares donde se producen el inicio y el fin de cada uno de los desplazamientos. En este sentido, resulta clave identificar el núcleo principal de cada término municipal para generar el análisis de redes pertinente, tomando como puntos origen y destino dichos núcleos poblacionales principales. La capa de información que contiene dichos núcleos (identificados por su código INE), e información agregada sobre la población residente en él y el número de núcleos menores pertenecientes a cada término municipal en cuestión.

Esta información puntual de municipios resulta útil para analiza la accesibilidad de los residentes en cada municipio y su grado de mejora en la cohesión social una vez implantada la nueva infraestructura TAV, a través del análisis de redes propio del entorno SIG. A este respecto, se identifican 7956 núcleos urbanos principales de cada término municipal.

Tabla 26: Núcleos por municipios. Fuente: Autor basado en el INE

Comunidad Autónoma	Número de municipios	Comunidad Autónoma	Número de municipios
Andalucía	770	Extremadura	383
Aragón	731	Galicia	315
Principado de Asturias	78	Comunidad de Madrid	179
Cantabria	102	Región de Murcia	45
Castilla y León	2248	Comunidad Foral de Navarra	272
Castilla-La Mancha	919	País Vasco	251
Cataluña	946	La Rioja	174
Comunitat Valenciana	542		
Total: 7.956			

Figura 44: principales núcleos de población por Comunidad Autónoma peninsulares. Fuente: Autor



5.2.4. Términos Municipales Peninsulares

Respecto al área de estudio, se considera para el análisis el territorio peninsular español, por ser el ámbito de actuación del PITVI en materia de alta velocidad ferroviaria. En cuanto a la escala de trabajo, se opta por trabajar a nivel municipal al prevalecer las conexiones locales sobre la red de transportes (Pueyo et al., 2012). Por consiguiente, la escala de análisis podría ser regional en caso de considerar las paradas o los servicios disponibles, pero se estima más oportuno emplear la escala local, por tener en cuenta estaciones puntuales y su localización. Por este motivo, el cuarto tipo de información cartográfica son entidades gráficas poligonales que constituyen los términos municipales, pues mediante su representación se obtiene la cartografía temática utilizada en el análisis.

Tabla 27: Variables empleadas para la caracterización socioeconómica de los municipios españoles peninsulares. Fuente: Elaboración propia

Variable	Identificador
Población residente	V1
Cuota de mercado por habitante	V2
Vehículos de motor matriculados por habitante	V3
Índice industrial por habitante	V4
Tasa de desempleo	V5
Índice de dependencia	V6
Proporción de segundas residencias	V7
Población empleada en el sector primario	V8
Población empleada en el sector secundario	V9
Población empleada en el sector terciario	V10
Población empleada en el sector de la construcción	V11

A cada de estas las entidades gráficas poligonales mencionadas anteriormente se les asoció un número identificativo único que al igual que los núcleos urbanos principales de cada término municipal consiste en cinco dígitos, los dos primeros indican la provincia y los tres últimos hacen referencia al número del municipio dentro de la comunidad autónoma. Obviamente el número de términos municipales es el mismo que el número de núcleos principales en cada municipio.

Posteriormente, a partir del número identificativo único a cada una de las entidades gráficas poligonales se les asoció de forma agregada los datos pertenecientes al municipio y a las pedanías incluidas en el mismo (Tabla 27). Las variables fueron seleccionadas tras la consulta de una amplia bibliografía relacionada con la determinación de las condiciones socioeconómicas que caracterizan la dinámica los municipios de diversas áreas de estudio (Fischer y Nijkamp, 2014; Rose y Harrison, 2014; Serra et al., 2014). La descripción de estas variables es la siguiente:

1. Población residente: constituye el número total de habitantes residentes en cada término municipal a julio de 2012, incluyendo además de la población nacional la extranjera y no se diferencia a la población por razón de edad o género.
2. Cuota de mercado por habitante: es un índice compuesto que expresa la capacidad de compra o consumo comparativo de cada uno de los municipios referido a enero de 2012. Este índice se elabora mediante el uso de otros seis índices simples.

$$I_c = \frac{I_P + \frac{I_t + I_a + I_{ca} + I_b + I_{com}}{5}}{2} \tag{114}$$

Dónde:

- Índice simple de población (I_P) que expresa el número de residentes en cada municipio en enero de 2012.
- Índice simple del número de teléfonos fijos de uso doméstico (I_t) que son las líneas telefónicas fijas a 1 de enero de 2012.
- Índice simple de automóviles como el número de automóviles (I_a), se obtiene del parque de vehículos matriculados a 1 de enero de 2012.
- Índice simple de camiones y furgonetas que es el número de camiones y furgonetas (I_{cam}), se obtiene del parque de vehículos matriculados a 1 de enero de 2012.
- Índice simple de oficinas bancarias (I_b) que es el número de sucursales abiertas al público tanto de bancos, cajas de ahorros y cooperativas de créditos a 1 de enero de 2012.
- Índice simple de las actividades minoristas comerciales (I_{com}) como el índice comparativo de la importancia del comercio minorista, referido a enero de 2012. Este índice simple se elabora como el valor de la cuota tributaria (cuota de tarifa) del IAE[10] del comercio minorista de un municipio entre la suma total de las cuotas que se pagan en todos los municipios españoles. Su valor refleja el peso relativo de la actividad comercial de un municipio respecto a los demás.

De este modo, la cuota de mercado constituye una orientación adecuada para valorar y ponderar la cantidad de productos y servicios que, teóricamente y en igualdad de condiciones, pueden absorber los municipios, especialmente cuando se trata de productos o servicios que son objeto de una distribución homogénea.

No obstante, la capacidad de consumo de un municipio en función de los anteriores índices simples, se mide de forma agregada. Por este motivo, posteriormente se calcula la cuota de mercado por habitante. Este índice se calcula mediante la relación entre la cuota de mercado por el número de habitantes residentes en el municipio referida a 1 de enero de 2012. De ese modo, se logra obtener la capacidad de compra o consumo de forma desagregada y no sólo en función de la población, sino también en función del poder adquisitivo de ésta.

3. Vehículos de motor matriculados por habitante: se obtiene a partir del parque de vehículos matriculados a 1 de enero de 2012, como la suma de automóviles, camiones y furgonetas, motos, autobuses, tractores y resto de vehículos de motor. No obstante, en la categoría tractores sólo se incluyen los tractores industriales. Después, se determina la relación entre el número de vehículos y la población residente en el municipio a 1 de enero de 2012.
4. Índice industrial por habitante: es el índice comparativo de la importancia de la industria (incluida la construcción), referido a 2012. Este índice se elabora como el cociente obtenido del IAE correspondiente a las actividades industriales de ese municipio, entre la suma total del IAE pagado por todos los municipios, dividiendo a su vez este cociente por la población residente en el municipio en 2012.

[10] Impuesto sobre Actividades Económicas

$$\text{Índice industrial} = \frac{\left(\frac{Cuota\ del\ municipio}{Total\ de\ cuotas\ España}\right)}{Población} \tag{115}$$

5. La fuente de información es el Anuario económico de La Caixa que obtuvo este índice a partir de los datos suministrados por el Ministerio de Economía y Hacienda, Diputaciones Forales del País Vasco, Gobierno de Navarra y el INE.
6. Tasa de desempleo: cómo el porcentaje de población residente en el municipio que se encuentra en situación de desempleo.
7. Índice de dependencia: Este índice expresa la tasa de dependencia. Este índice demográfico que expresa, en forma de tasa y en porcentaje, la relación existente entre la población dependiente y la población productiva, de la que aquella depende.

$$\mathrm{T_D} = \frac{\text{Número de personas entre } 0-14 \text{ y mayores de 65 años}}{\text{Número de personas } entre\ 15-64} 100 \tag{116}$$

8. Proporción de segundas residencias: expresa la relación entre el número total de viviendas existentes en el municipio y el número de viviendas dedicadas a segunda residencia, expresado en %.

$$\%\ \text{Segundas viviendas} = \frac{\text{Número de residencias}}{\text{Número de 2das residencias}} 100 \tag{117}$$

9. Población empleada en el sector primario: equivale al porcentaje de habitantes de la población total residente en el Término Municipal dedicados al sector de producción agrícola.
10. Población empleada en el sector secundario: es el porcentaje de habitantes de la población total residente en el Término Municipal dedicados al sector de producción industrial.
11. Población empleada en el sector terciario: es el porcentaje de habitantes de la población total residente en el Término Municipal dedicados al sector de producción industrial.
12. Población empleada en el sector de la construcción: es el porcentaje de habitantes de la población total residente en el Término Municipal dedicados al sector de producción servicios.

5.3. MUNICIPIOS SEGÚN SU DESARROLLO SOCIOECONÓMICO

Posteriormente se normalizan estas 11 variables para que todas tengan un peso similar en la clasificación socioeconómica de los municipios, analizando seguidamente la relación que existe entre las variables con el coeficiente de correlación de Spearman:

$$\rho = 1 - \frac{6\sum D^2}{N(N^2-1)} \tag{118}$$

Donde *D* es la diferencia entre los estadísticos de orden *x* – *y*. *N* es el número de parejas.

Este coeficiente es una medida de la correlación entre dos variables aleatorias continuas y se utiliza en pruebas no paramétricas con datos ordinales. Con este coeficiente se verifica la existencia de una gran correlación entre las variables: 1) población y cuota de mercado por habitante, 2) índice industrial por habitante y segundas viviendas, 3) cuota de mercado e índice industrial por habitante, y 4) población dedicada al sector primario y secundario.

Tabla 28: Coeficiente de correlación de Spearman

	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5	V 6	V 7	V 8	V 9	V 10	V 11
V 1	1	-0,95172	0,2669	-0,82743	0,54778	-0,17367	-0,62383	-0,26875	0,02815	0,23645	-0,18602
V 2	-0,95172	1	-0,24189	0,84317	-0,5343	0,16404	0,59632	0,22952	-0,01264	-0,20713	0,16127
V 3	0,2669	-0,24189	1	-0,21015	0,12116	-0,08283	-0,22121	-0,143	0,07723	0,09412	-0,06657
V 4	-0,82743	0,84317	-0,21015	1	-0,53684	0,13305	0,45361	0,12014	0,16833	-0,21608	0,07584
V 5	0,54778	-0,5343	0,12116	-0,53684	1	-0,07417	-0,30702	-0,21596	-0,03161	0,21431	0,02401
V 6	-0,17367	0,16404	-0,08283	0,13305	-0,07417	1	0,17173	0,10759	-0,03035	-0,10082	0,09525
V 7	-0,62383	0,59632	-0,22121	0,45361	-0,30702	0,17173	1	0,19421	-0,17413	-0,09941	0,24938
V 8	-0,26875	0,22952	-0,143	0,12014	-0,21596	0,10759	0,19421	1	-0,32744	-0,67908	0,0828
V 9	0,02815	-0,01264	0,07723	0,16833	-0,03161	-0,03035	-0,17413	-0,32744	1	-0,2589	-0,21438
V 10	0,23645	-0,20713	0,09412	-0,21608	0,21431	-0,10082	-0,09941	-0,67908	-0,2589	1	-0,20695
V 11	-0,18602	0,16127	-0,06657	0,07584	0,02401	0,09525	0,24938	0,0828	-0,21438	-0,20695	1

A continuación, se realizó un ACP. Esta técnica estadística de síntesis se utiliza para reducir la dimensión, es decir, el número de variables perdiendo la menor cantidad de información posible. De este modo, los nuevos componentes principales resultantes son una combinación lineal de las variables originales, y además independientes entre sí.

Precisamente para lograr este propósito la ACP busca la proyección según la cual los datos queden mejor representados en términos de mínimos cuadrados, empleándose sobre todo en análisis exploratorio de datos y para construir modelos predictivos. De esta forma, el ACP conlleva el cálculo de la descomposición en auto valores de la matriz de covarianza, tras centrar los datos en la media de cada atributo.

De hecho, existen dos formas básicas de aplicar el ACP mediante el método basado en la matriz de correlación o a través del método basado en la matriz de covarianzas. El método basado en la matriz de covarianzas eligió, pues se transforma un conjunto dado de datos *X* de dimensión *n x m* a otro conjunto de datos *Y* con la menor pérdida posible de información útil posible utilizando para ello la matriz de covarianza.

De este modo, se parte de un conjunto *n* de muestras de las cuales tiene m variables que la describen y el objetivo es que cada una de esas muestras, se describa con sólo *l* variables, donde *l<m*. además, el número de componentes principales l tiene que ser inferior a la menor de las dimensiones x.

$$l \leq min\{n, m\}$$

Los datos para el análisis tienen que estar centrados a media 0 (restándoles la media de cada columna) y auto escalados (centrados a media 0 y dividiendo cada columna por su desviación estándar).

$$X = \sum_{a=1}^{l} t_a p_a^T + E \tag{119}$$

Donde los vectores t_a son conocidos como *scores* y contienen la información de cómo las muestras están relacionadas unas con otras. Además, tienen la propiedad de ser ortogonales. Los vectores p_a se llaman *loadings* e informan de la relación existente entre las variables y tienen la cualidad de ser orto normales. Al coger menos componentes principales que variables y debido al error de ajuste del modelo con los datos, se produce un error que se acumula en la matriz E.

Precisamente el PCA se basa en la descomposición en vectores propios de la matriz de covarianza. La cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$cov(X) = \frac{X^T X}{n-1} \tag{120}$$

$$cov(X)p_a = \lambda_a p_a \tag{121}$$

$$\sum_{a=1}^{m} \lambda_a = 1 \tag{122}$$

Donde λ_a es el valor propio asociado al vector propio p_a. De este modo se lleva a:

$$t_a = Xp_a \tag{123}$$

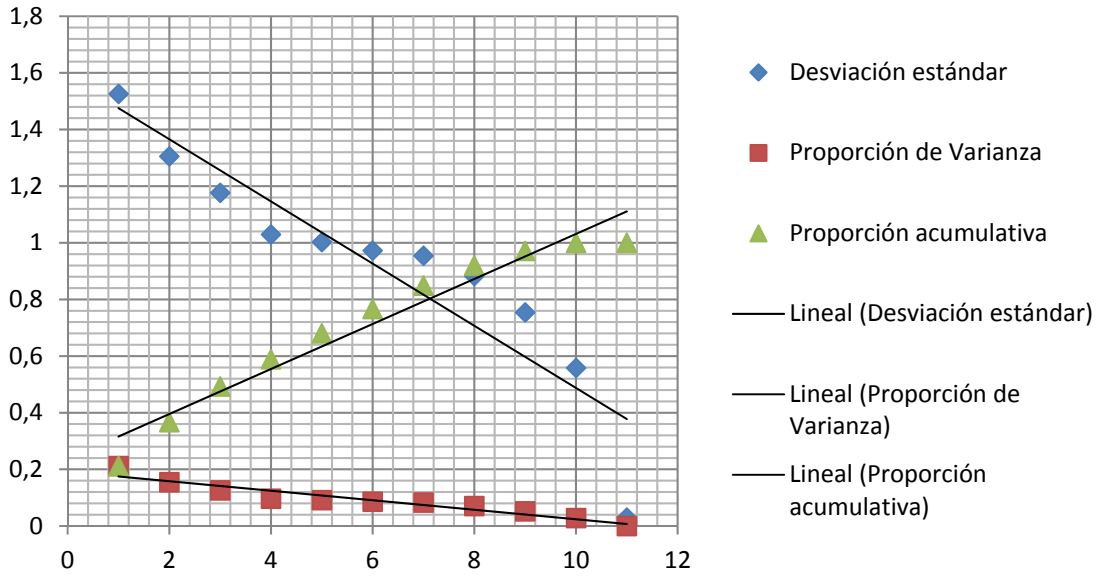
Esta ecuación muestra t_a como las proyecciones de X en p_a, donde los valores propios $\lambda_a$miden la cantidad de varianza capturada, es decir, la información que representan cada uno de los componentes principales. La cantidad de información que captura cada componente principal va disminuyendo según su número, es decir, el componente principal número uno representa más información que el dos y así sucesivamente.

Tabla 29: Distribución de Componentes Principales. Fuente: autor

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11
Desviación estándar	1,526	1,3054	1,1768	1,02948	1,00234	0,97271	0,9544	0,88269	0,75453	0,55828	0,02967
Proporción de varianza	0,2117	0,1549	0,1259	0,09635	0,09133	0,08602	0,08281	0,07083	0,05176	0,02833	0,00008
Proporción acumulativa	0,2117	0,3666	0,4925	0,58884	0,68018	0,76619	0,849	0,91983	0,97159	0,99992	1

CP = Componente principal

Figura 45: Distribución de Componentes Principales. Fuente: Autor



De este modo, mediante la aplicación de ACP se comprobó que usando 7 componentes es posible recoger el 85% de la varianza original.

Tras la reducción a 7 componentes se llevó a cabo un análisis de componentes independientes (ACI). Esta técnica estadística permite encontrar una representación lineal de los datos no gaussianos de forma que las componentes sean estadísticamente independientes o lo más independiente posibles. De este modo, la representación óptima de las variables independientes será la que minimice la dependencia estadística entre los componentes de esta representación (Hyvärinen y Oja, 1999). Por consiguiente, el propósito del ACI es que las variables aleatorias observadas son transformadas linealmente en componentes que son independientes entre sí.

A este respecto, se analizan *n* variables $x_1, x_2, x_3 \ldots\ldots x_n$ de *n* componentes independientes tal que:

$$x_j = a_{j1}s_1 + a_{j2}s_2 + \cdots \ldots \ldots \ldots + a_{jn}s_n \text{ para } j=1:n \quad (124)$$

Este modelo describe como se generan los datos observados mezclando los componentes independientes. Utilizando la notación de vectores y matrices el modelo anterior queda:

$$\bar{x} = A \cdot \bar{s} \quad (125)$$

Después de estimar la matriz *A* se calcula su inversa *W* y se obtienen los componentes independientes.

$$\bar{s} = W \cdot \bar{x} \quad (126)$$

Una vez realizado el ACP se comprobó la correlación entre las componentes principales, para comprobar la independencia de las mismas. Además, simultáneamente se estudió la correlación entre las 7 componentes y las 11 variables originales (Tabla 30).

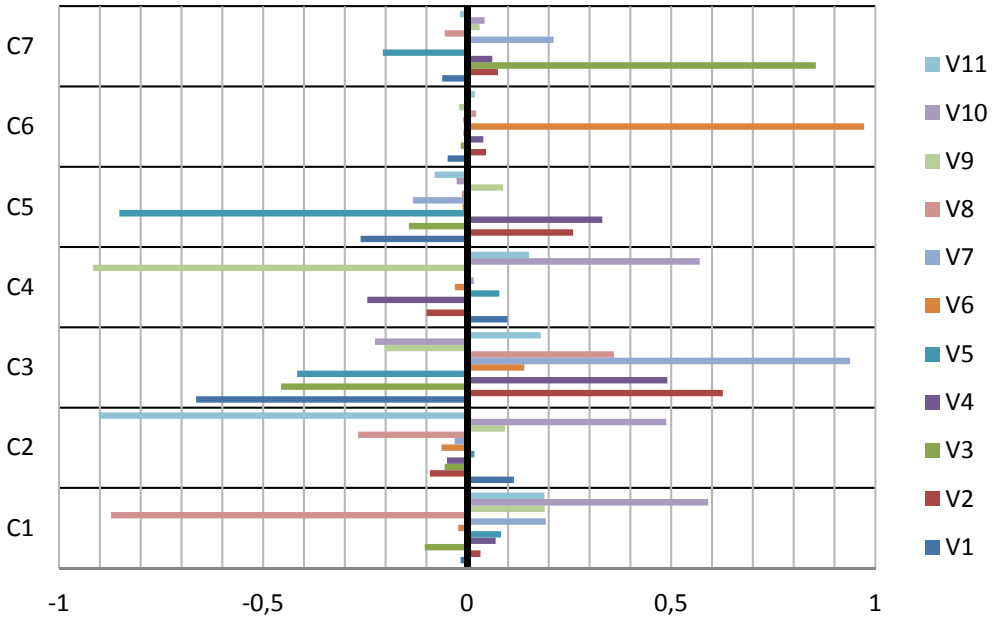
Tabla 30: Correlación entre las componentes principales y variables originales. Fuente: Autor.

	COMPONENTES PRINCIPALES						
VARIABLES	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
V1	-0,01603	0,11482	-0,66376	0,09895	-0,2611	-0,04768	-0,06118
V2	0,03272	-0,09132	0,6266	-0,09935	0,25994	0,04659	0,07567
V3	-0,10366	-0,05526	-0,45598	0,00748	-0,14252	-0,01535	0,85419
V4	0,07006	-0,04938	0,49066	-0,2444	0,33104	0,03974	0,06169
V5	0,08294	0,01775	-0,41648	0,07908	-0,85188	-0,00878	-0,20659
V6	-0,02178	-0,06266	0,14016	-0,02996	-0,0112	0,97274	0,00144
V7	0,19272	-0,03089	0,93826	0,01627	-0,13256	-0,00959	0,21186
V8	-0,87234	-0,26693	0,35962	0,0058	-0,01257	0,02212	-0,05472
V9	0,1899	0,09333	-0,20221	-0,91621	0,08859	-0,01954	0,03077
V10	0,59068	0,48824	-0,22588	0,57009	-0,02586	-0,00263	0,04279
V11	0,18946	-0,9021	0,18017	0,15153	-0,07978	0,01903	-0,01731

C=componente

V=variable

Figura 46: Correlación entre las componentes principales y variables originales. Fuente: Autor



Después se clasificaron todos los municipios, utilizando las siete componentes independientes agrupadas mediante el método de Mapas Auto-organizativos, SOM. Esta metodología utilizada en redes neuronales para la reducción de la dimensionalidad de los datos, destaca por su capacidad para representar los vectores más significativos (Kohonen, 1982). Asimismo, esta consta de dos capas, una capa de entrada y una capa de Kohonen o de salida que están interconectadas.

De este modo, cada neurona/elemento en la capa de entrada tiene una conexión con una neurona/elemento en la capa de salida. A su vez cada una de estas conexiones tiene asociado un peso. Esto significa que cada neurona de salida tiene asociado un vector de pesos cuyas componentes son los pesos de conexión con las neuronas de la capa de entrada. Estos pesos son los que se actualizan durante el proceso de entrenamiento, siendo el objetivo final del aprendizaje.

Dentro del proceso de entrenamiento de los mapas auto-organizables, cada patrón o señal de entrada es representado por un vector de tamaño *n*, $x = \{x_1, x_2, \dots \dots x_n\}$ y cada unidad de la red tiene asociado un vector de pesos $w = \{w_1, w_2, \dots . w_n, \}$, donde w_i representa el peso asociado al *i*-ésimo componente de la señal de entrada.

De ese modo, originalmente los pesos de las neuronas son establecidos aleatoriamente, cuando se presenta un patrón *x* a la red se evalúan todas las salidas de la red, calculando la diferencia entre *x* y los vectores de pesos *w* de cada neurona presente en la red de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\|x - w\| \tag{127}$$

Posteriormente se selecciona la unidad vencedora o BMU según la ecuación que se describe a continuación. De ese modo, esta unidad muestra la menor diferencia con el patrón presentado.

$$\|x - w_c\| = min\{\|x - w_i\|\}\forall_i \tag{128}$$

Por último, dentro del proceso SOM, se actualizan el vector de los pesos de la neurona vencedora y los vectores de los pesos de sus vecinos topológicos, de acuerdo con la siguiente ecuación. De manera que toda la vecindad es aproximada hacia el patrón de

entrada usando una tasa de aprendizaje α que va decreciendo a través del entrenamiento.

$$w(t+1) = w(t) + \alpha[x(t) - w(t)] \quad (129)$$

A este respecto, la convergencia de la red obtenida es controlada mediante los parámetros *vecindad* de la neurona ganadora o la *tasa de aprendizaje*. Precisamente en este paso es donde puede surgir el problema de la estabilidad, pues es posible que un mismo patrón de entrada active diferentes unidades de salida a lo largo del entrenamiento. No obstante, el sistema analizado es estable y se salvaguarda la estabilidad de la tasa de aprendizaje que decrece durante el proceso.

El método SOM está basado en mapas cognitivos que debe generar un número par de clases, por lo que en este trabajo se establecieron 4 clases.

Una vez obtenidas las 4 clases obtenidas en función de los valores que representan las variables originales en ellas, se reclasificaron en 3 clases según la cohesión social: atrasadas, potencialmente atrasadas y no atrasadas. Después de clasificados, estos municipios pueden ser caracterizados basándose en datos estadísticos como la media aritmética y la desviación estándar de las 11 variables originales de las que se partía (Tabla 31).

Tabla 31: Caracterización de las clases socioeconómicas. Fuente: Autor

CLASE 1	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
Media	8376,49	0,03	0,5	0,05	5,94	60,71	32,93	8,54	16	64,96	10,55
Desviación Estándar	65013,85	0,06	0,28	0,13	3,31	20,33	22,54	6,86	8,37	9,81	4,48
CLASE 2	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
Media	4073,21	0,01	0,77	0,02	8,98	66,05	16,92	14,89	18,55	53,5	13,1
Desviación Estándar	6631,18	0,04	0,33	0,07	3,73	26,57	10,38	10,18	9,97	9,33	6,29
CLASE 3	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
Media	712,41	0,02	0,58	0,04	6,38	75,79	44,76	26,25	14,02	47,62	12,13
Desviación Estándar	2946,69	0,04	0,34	0,11	3,47	34,88	14,58	13,42	8,52	10,34	6,4

La clase 1 se caracteriza por albergar a los municipios con mayor entidad poblacional, mayor cuota de mercado por habitante, mayor índice industrial y mayor porcentaje de población ocupada en el sector terciario. Asimismo, esta clase dispone de la menor tasa de vehículos por habitantes, tasa de desempleo, índice de dependencia y porcentaje de población ocupada en el sector primario y de la construcción. Por consiguiente, esta clase alberga a los municipios con mayor dinamismo socioeconómico.

Los municipios que integran la clase 2 disponen de la mayor tasa de vehículos por habitante, tasa de desempleo, porcentaje de población ocupada en el sector secundario y la construcción. De igual modo, estos términos disponen de las menores tasas de cuota de mercado por habitante, índice industrial por habitante y porcentaje de segundas viviendas. Esta clase representa a los municipios que en la actualidad presenta carencias estructurales en materia de empleo, por haber basado su economía en el crecimiento coyuntural de sectores afectados por la crisis desarrollada a partir de 2007, como son la construcción y sectores asociados.

La clase 3 está constituida por los municipios que presentan de media los mayores índices de dependencia, la mayor proporción de segundas viviendas y población ocupada en el sector primario. Sin embargo, estos municipios son los de menor entidad poblacional y cuentan con la menor proporción de población ocupada en el sector

secundario y terciario. No cabe duda de que estos municipios son los que presentan mayores desventajas geográficas y demográficas de todo el territorio peninsular.

5.4. MUNICIPIOS SEGÚN SUS NIVELES DE ACCESIBILIDAD

Una vez caracterizadas las clases, validada topológicamente la red de transportes terrestres, para evitar posibles errores tales como la falta de conexión, los arcos colgados, la existencia de pseudonodos o elementos duplicados, y la asignación del campo impedancia, tal y como se expone en el punto 5.2.1. , se aplica la herramienta entidad más cercana o *Closest Facility* de análisis de redes (SIG) para extraer las rutas consideradas óptimas[11].

Inicialmente esta herramienta una vez que identifica las entidades más cercanas a la entidad de origen, analiza las diferentes rutas para alcanzar cada una de ellas. Posteriormente, analizadas todas las rutas selecciona aquella que dispone de menor impedancia entre la entidad origen y cada uno de los destinos considerados cercanos, siendo las rutas consideradas óptimas entre la entidad origen y las diferentes entidades cercanas aquellas donde existe la menor impedancia. En la elección de la ruta no se tienen en cuenta la variabilidad en la elección por parte del usuario, ya que se entiende que éstos son perfectamente conocedores del sistema de transporte y utilizan siempre la ruta de menor coste aceptando cómo válido el principio de usuario de Wardrop[12].

A continuación, esta herramienta genera una nueva capa que contiene cartográficamente las rutas óptimas y alfanuméricamente un número identificativo de cada ruta, el origen y el destino, así como la impedancia de esa ruta.

A este respecto, se utiliza cómo entidad de origen de cada una de las rutas el punto que representa la entidad principal de cada uno de los municipios peninsulares españoles. Del mismo modo, cómo entidades más cercanas a la entidad origen a analizar se seleccionan los restantes núcleos principales de los demás municipios españoles peninsulares. Así, por cada punto correspondiente a un término municipal se generan 7955 rutas óptimas y como consecuencia, en total considerando todos los núcleos principales de los municipios se generan 63.289.980 rutas óptimas con su correspondiente impedancia calculada en minutos de trayecto de viaje.

Posteriormente, se procede a calcular el indicador de accesibilidad potencial. Este indicador se aplica a cada uno de los municipios españoles con el fin de evaluar la accesibilidad con la nueva red de AVE. Destacar aquí la consideración en cada uno de los términos del núcleo principal del mismo para llevar a cabo los cálculos, ya que la información de los núcleos que se corresponden con las entidades locales mayores y menores que pueden encontrarse en su territorio se asignan a él. Concretamente, la accesibilidad potencial mide el grado de conexión existente entre el núcleo principal del término municipal y el resto de núcleos peninsulares. La expresión matemática del indicador de accesibilidad potencial (PPr) adoptado es el siguiente:

$$PP_r = \sum_j \frac{P_j}{I_j} \qquad (130)$$

Donde P_j es la población del núcleo principal (al que se le ha sumado la de los otros núcleos del término si existiesen) de destino e I_{ij} es la impedancia del trayecto a recorrer

[11] Rutas óptimas, según el diseño de la red, se consideran aquellas que minimizan el coste en tiempo para acceder a un destino determinado. Este coste se mide en minutos a través del campo Impedancia, cómo se describe en secciones anteriores.

[12] Los tiempos de viaje en todas las rutas es igual (entre ellas), y menor al tiempo que experimentaría cualquier vehículo que decidiera cambiar a otra ruta.

entre la población origen y la población destino (obtenida con la herramienta Closest Facility). Una buena accesibilidad jugaría un rol importante en el desarrollo y establecimiento de los servicios y equipamiento para la población, de tal modo que aquellos territorios con mayor accesibilidad y población, acogen también mayor número de servicios y equipamiento (Pueyo et al., 2012). Este indicador de accesibilidad potencial se ha escogido sin tener en cuenta otros factores (como el coste de desplazamiento), que podrían incluso utilizarse en investigaciones futuras, por no considerarse oportuno su empleo a tenor de los objetivos perseguidos, al basarse este trabajo en la jerarquía de las redes de transporte.

Al igual que sucedía con las variables socioeconómicas, tras calcular el indicador de accesibilidad potencial, basada en la metodología propuesta por Elena López en 2007, se clasifican los municipios en cuatro categorías en función de sus deficiencias de accesibilidad, . Las categorías definidas pueden apreciarse en la Tabla 32.

Tabla 32. Caracterización de zonas en función de su deficiencia de accesibilidad. Fuente: López, 2007

Categorización de municipios en función de su deficiencia de accesibilidad	
Categoría	**Municipios por tipo**
Ninguna	Mejor del 50%
No muy significativas	50% - 25%
Significativas	25% - 10%
Muy significativas	Peor del 10%

Sin embargo, la gran diferencia entre el valor máximo de accesibilidad potencial obtenida (1463215.81) y el mínimo (129425,30) impide realizar una correcta clasificación de los municipios. Para solventar este problema, se calcula el logaritmo neperiano de cada uno de los valores de accesibilidad obtenidos. Así, la diferencia entre el valor máximo (14,196) y mínimo (11,770) es mucho menor y por consiguiente, permite clasificar los municipios en las cuatro categorías anteriormente indicadas.

5.5. FACTOR DE PONDERACIÓN

Una vez clasificados los municipios en función de su estructuras socioeconómica y su accesibilidad potencial, el siguiente paso es calcular el factor de ponderación a aplicar en cada uno de ellos (ϕ_r). Dicho factor está en función del nivel de atraso estructural de cada municipio y de las deficiencias de accesibilidad calculadas en el escenario actual sin las futuras infraestructuras de transporte contempladas en el PITVI. El factor de ponderación varía desde el 0 al 4, tal y como se muestra en la Tabla 33. De igual modo se han asignado factores de ponderación al resto de celdas de la tabla, tomando como guía el Plan Alemán de Infraestructuras y Transportes (BMVBW, 2002) y el trabajo de López (2007), ya citados anteriormente.

Tabla 33: Matriz de factores promediados para los criterios de cohesión. Fuente: López, 2007

Matriz de factores promediados para los criterios de cohesión				
	Deficiencias de accesibilidad			
CATEGORÍA DE ATRASO ESTRUCTURAL	**Ninguna**	**No muy significativas**	**Significativas**	**Muy significativas**
Municipios no-atrasadas	0	1	1	2
Municipios potencialmente atrasadas	1	1	2	3
Municipios atrasadas	1	2	3	4

A este respecto, se relaciona el nivel de atraso estructural con el nivel de accesibilidad del territorio, ya que si se pretende lograr una mejor cohesión social por la implantación de nuevas infraestructuras de transportes, se debe buscar que los territorios menos desarrollados socioeconómicamente y que en general coinciden con territorios periféricos y alejados de los centros económicos, tengan mayores niveles de accesibilidad. Así, mayores niveles de accesibilidad otorgarán mayores oportunidades para que estos territorios menos desarrollados logren evolucionar socioeconómicamente. Por este motivo, los territorios menos desarrollados y que su vez cuentan con menores niveles de accesibilidad tienen un mayor peso en el cálculo de esta metodología, adquiriendo una mayor importancia. Por el contrario, los territorios más desarrollados deben recibir menos infraestructuras que los territorios menos desarrollados, pues de esa forma no tendrán menos oportunidades de desarrollo. En caso contrario, si los territorios más desarrollados reciben mayores infraestructuras que los menos desarrollados se aumentará la brecha socioeconómica entre los diferentes municipios.

De ese modo, el factor de ponderación para los municipios no atrasados y sin deficiencias en accesibilidad es 0, es decir, se le asigna el menor de todos los pesos ya que este tipo de municipios serán los que menos necesidades de aumentar su grado de accesibilidad tengan para aumentar su desarrollo socioeconómico. Por el contrario, los municipios atrasados y con grandes deficiencias de accesibilidad dispondrán del mayor peso y por lo tanto, se les asigna el valor 4 que es el mayor valor de ponderación.

5.6. INDICADOR DE COHESIÓN SOCIAL

Finalmente, se calcula el indicador de cohesión social como el ratio expresado en tanto por ciento y que considera la diferencia entre la accesibilidad futura tras la implantación del PITVI en materia ferroviaria ($\mathrm{PP_{rs}}$) y la accesibilidad actual ($\mathrm{PP_{ro}}$), ponderado por el factor expresado en la Tabla 33 anterior, y el valor de accesibilidad viaria actual.

$$CS_s = \frac{\Phi_r \cdot \left(PP_{rs} - PP_{ro}\right)}{PP_{ro}} \cdot 100 \qquad (131)$$

Con este indicador anterior, ya se pueden clasificar e identificar aquellos municipios que van a ver mejorada o empeorada su cohesión social tras la construcción de los nuevos corredores ferroviarios de alta velocidad. Según esta expresión ($\mathrm{CS_s}$), en las regiones menos desarrolladas, el valor del indicador de cohesión social será alto, ya que el factor de ponderación sería también elevado, mientras que todo lo contrario sucedería en las regiones más desarrolladas, donde el factor de ponderación sería el más bajo. Por tanto, teniendo en cuenta el valor medio del indicador de cohesión social obtenido para todos

los municipios, y comparando este con el valor individual obtenido en cada uno de ellos, existirá un efecto positivo o negativo para la cohesión social: 1) efecto positivo para la cohesión social, si en un municipio no atrasado el valor $CS_S < \overline{CS_s}$ o bien si en un municipio atrasado o potencialmente atrasado el valor $CS_S > \overline{CS_s}$; 2) efecto negativo para la cohesión social, si en un municipio no atrasado el valor $CS_S < \overline{CS_s}$, o bien si en un municipio atrasado o potencialmente atrasado el valor $CS_S > \overline{CS_s}$.

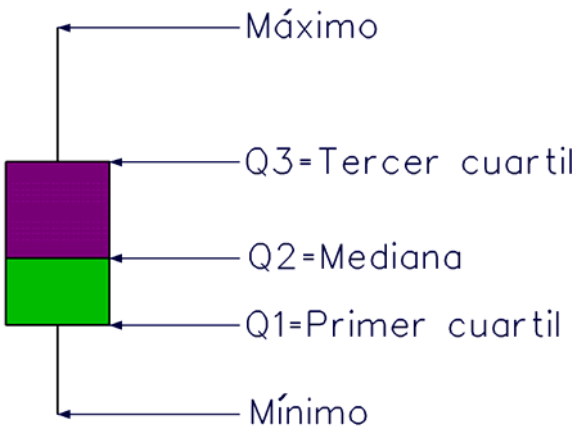
6. ANÁLISIS

Los resultados surgen del análisis de cohesión social realizado en un periodo previo a la ampliación de la nueva infraestructura del AVE, así como del análisis realizado tras la implantación completa de dicha infraestructura. La presentación de los mismos se lleva a cabo mediante la generación de cartografía temática, gráficos y tablas resumen en las que se agrupan los análisis de las variables más relevantes del estudio. Esta exposición de resultados permite extraer de forma rápida la información más relevante, relacionándola además con su vinculación territorial. Además, la representación cartográfica permite detectar problemas asociados al territorio.

6.1. SITUACIÓN FERROVIARIA PENINSULAR ACTUAL

El análisis de la situación actual de las infraestructuras ferroviarias parte del estudio de la clasificación de los municipios españoles en función de su atraso estructural. Para ello se emplean 11 variables de las cuales se analiza su distribución, construyendo los diagramas de cajas para cada una de ellas. A este respecto, el diagrama de cajas fue un gráfico generado por John Tukey en 1977 para resumir la información estadística descriptiva, basado en cuartiles. Los cuartiles son los tres valores que dividen al conjunto de datos ordenados en cuatro partes porcentualmente iguales. De este modo, el primer cuartil (Q1) se establece como la mediana de aquellos valores inferiores a la mediana, el segundo cuartil (Q2) como la propia mediana de la serie y el tercer cuartil (Q3) como la mediana de la segunda los valores superiores a la mediana. Este diagrama se compone de un rectángulo, la caja y dos brazos, los bigotes.

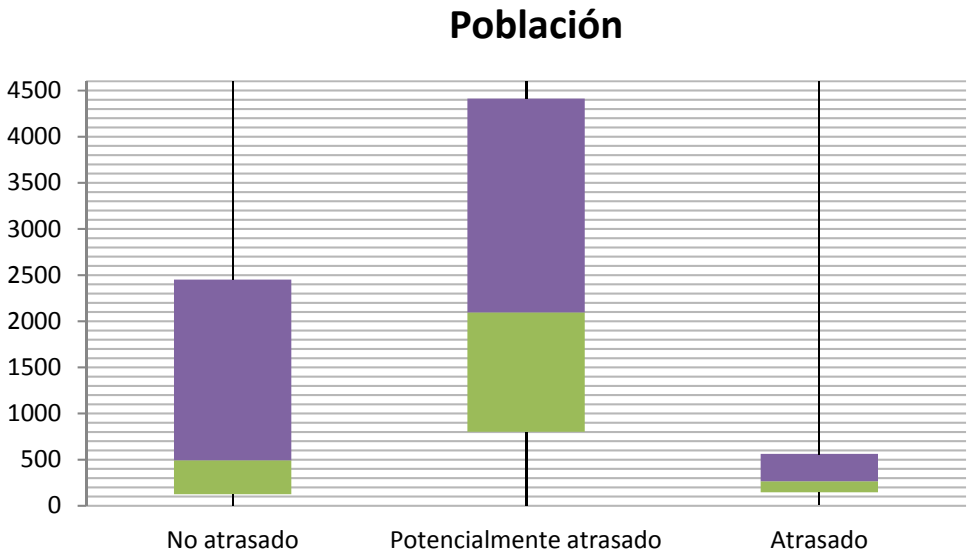
Figura 47: Representación esquemática de un diagrama de cajas. Fuente: Autor



Obviamente, la mediana simboliza el valor de la variable en su posición central en el conjunto de datos ordenados, siendo la diferencia entre el tercer cuartil y el primero el rango intercuartílico representándose gráficamente, como la anchura de la caja. Por otra parte, el bigote inferior se representa como la línea entre el mínimo del conjunto de datos y el primer cuartil; y el bigote superior como la línea entre el tercer cuartil y el máximo del conjunto de datos. El valor mínimo se calcula como el valor del primer cuartil menos 1.5 veces el rango intercuatílico y el valor máximo, como el valor tercer cuartil más 1.5 veces el rango intercuatílico. De ese modo, todos los valores tanto por debajo del valor mínimo, así como por encima del valor máximo se consideran valores atípicos, pues se alejan de manera poco usual del resto de los datos.

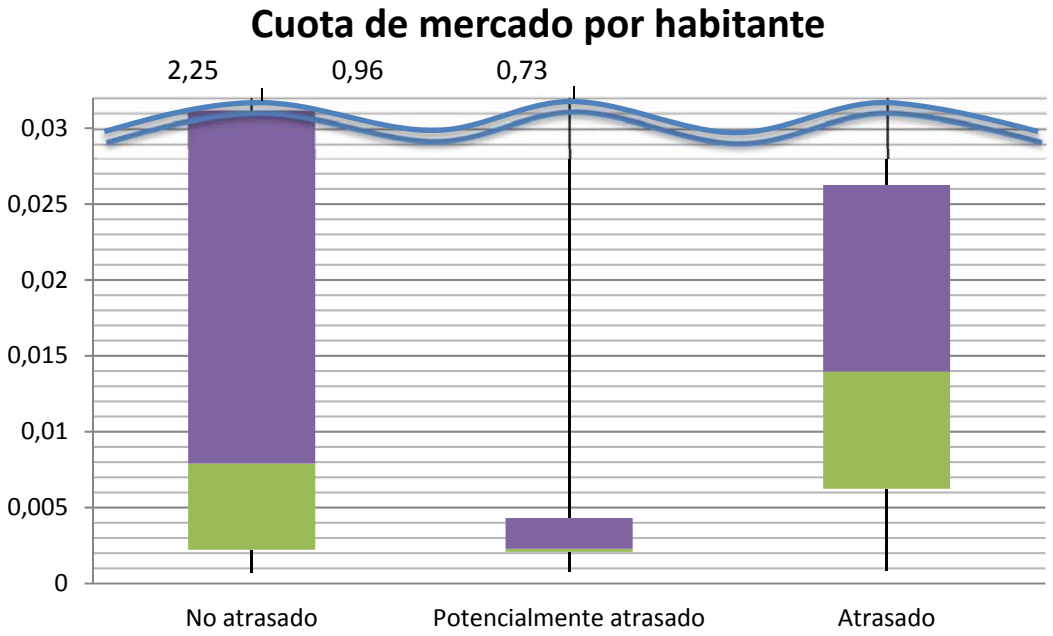
Así, mediante la interpretación del diagrama de cajas se pueden determinar tres aspectos fundamentales de la distribución de la variable analizada: la tendencia central, la dispersión y la simetría de los datos de estudio. La tendencia central determinada por la posición de la mediana en el diagrama de cajas, siendo más central la tendencia de los datos cuanto más centrada se encuentre situada la mediana en línea delimitada por el valor máximo y mínimo. Asimismo, se puede conocer la dispersión de los datos, siendo mayor cuanto mayor es la diferencia entre el valor máximo y mínimo. Por otra parte, este tipo de gráfico nos proporciona información respecto a la simetría o asimetría de la distribución de la variable, pues si la mediana está en el centro de la caja o cerca de él, constituye un indicio de simetría de los datos. Por el contrario, si la mediana está considerablemente más cerca del primer cuartil indica que los datos son positivamente asimétricos, concentrándose más información en los valores inferiores, y si está más cerca del tercer cuartil, señala que los datos son negativamente asimétricos, concentrándose más información en los valores más altos. (Peña, 1991).

Figura 48: Diagrama de cajas de la variable población. Fuente: Autor



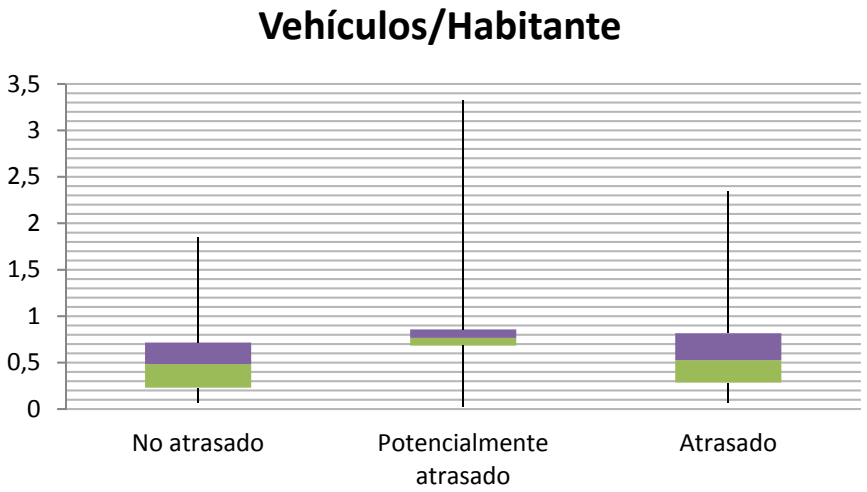
La Figura 48 muestra que todas las distribuciones son asimétricas positivas, pues la distribución de la población tiende a concentrarse en la parte inferior de cada una de las cajas. Entonces, existe mayor número de valores de población cuyo valor está por debajo de la mediana que por encima de esta. Precisamente, donde aparece la distribución de los valores por encima de la mediana, se aprecia que los bigotes superiores son tremendamente largos, mostrándose una enorme dispersión de los datos referidos a la variable población para aquellos valores superiores a la mediana. Tal es la enorme longitud de los bigotes superiores que hace que se presentan acortados, pues de otra forma sería imposible representar los diagramas de cajas convenientemente. No obstante, señalar que los valores máximos de población para municipios no atrasados, potencialmente atrasados y atrasados, respectivamente son 3.231.076, 88.453 y 82.542 habitantes. Esto indica que los valores máximos de población corresponden a los municipios no atrasados, siendo los valores máximos de las otras dos clases de municipios restantes muy similares. Además, destaca la gran diferencia entre el valor máximo de población de municipios no atrasados, respecto a los demás. Por tanto, se puede afirmar que existe una gran dispersión de la variable población. No obstante, ese grado de dispersión es mayor para aquellos municipios peninsulares no atrasados, cuya población máxima registrada es mucho mayor que en el resto.

Figura 49: Diagrama de cajas de la variable cuota de mercado. Fuente: Autor



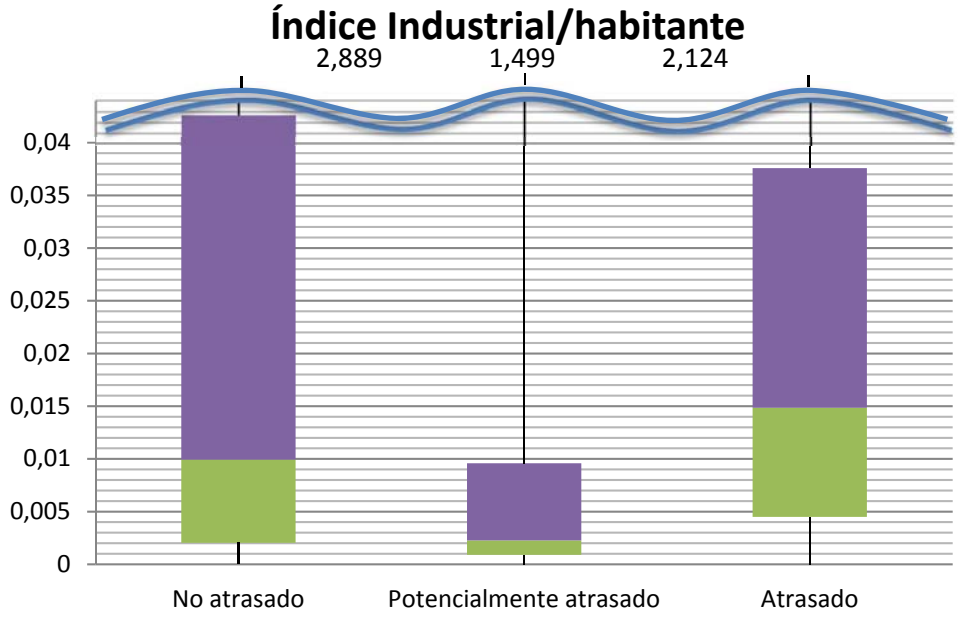
La Figura 49 representa la distribución de la variable cuota de mercado por habitante. Esta figura muestra como todas las distribuciones son asimétricas positivas, ya que se concentran la mayoría de los valores en la parte inferior de la distribución de los datos. Del mismo modo, al igual que antes con la variable población, los tres bigotes superiores son de gran longitud, contrastando con la pequeña longitud de los bigotes inferiores, revelando una enorme dispersión de los valores superiores a la mediana y una gran contracción de los valores inferiores a esta, siendo toda la distribución de valores desequilibrada. De hecho, la enorme longitud de los bigotes superiores se acortó para la adecuada representación en los diagramas de cajas, siendo los valores máximos 2,25, 0,96 y 0,73 de los municipios no atrasados, potencialmente atrasados y atrasados. Precisamente, estos valores máximos indican que los municipios no atrasados son los que acogen mayores valores de cuota de mercado por habitante. Incluso, el valor máximo de estos municipios (2,25) es superior al doble del valor máximo correspondiente a los municipios potencialmente atrasados (0,96) y atrasados (0,73).

Figura 50: Diagrama de cajas de la variable vehículos/habitante. Fuente: Autor



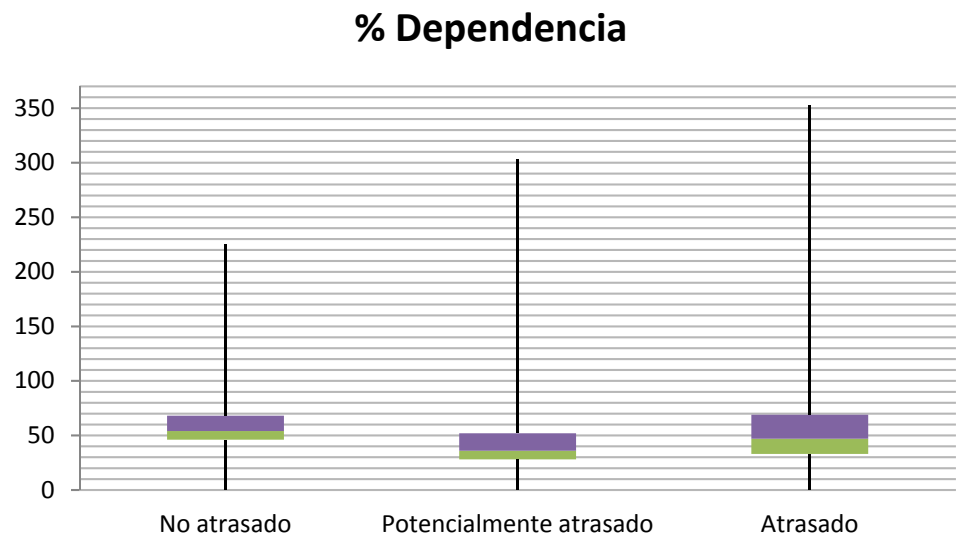
La Figura 50 representa la distribución de la variable vehículos por habitante. Esta figura muestra cómo en cada una de las tres clases de municipios se distingue una distribución diferente, pues las cajas muestran simetrías distintas. De ese modo, los municipios no atrasados presentan una distribución casi simétrica pero ligeramente concentrada hacia la parte superior de la distribución, siendo por tanto asimétrica negativa. Por el contrario, en los municipios atrasados la concentración de los datos está ligeramente sesgada hacia la parte inferior de la muestra, siendo entonces asimétrica positiva y mostrándose una distribución totalmente simétrica en los municipios potencialmente atrasados. Entonces, la distribución de la variable vehículos por habitante, depende de la categoría de atraso socioeconómico del municipio. Del mismo modo, se aprecia que los bigotes superiores son siempre mayores que los inferiores en cada una de las tres clases de municipios. Por tanto, la distribución de valores de la variable vehículos por habitante, está muy concentrada en los valores inferiores a la mediana, y es muy dispersa en los valores superiores, produciéndose el mayor contraste en los municipios potencialmente atrasados. Además, la pequeña dimensión de las cajas contrasta con las grandes longitudes de los bigotes superiores, pone de manifiesto el desequilibrio de toda la muestra. De nuevo, este hecho es más patente en la clase de municipios potencialmente atrasados donde el valor máximo (3,5) es muy superior al resto. Por tanto, la distribución muestra que en la clase potencialmente atrasados se encuentran algunos municipios cuyos valores máximos de vehículos por habitante, son superiores incluso a los registrados en los municipios no atrasados o atrasados.

Figura 51: Diagrama de cajas de la variable índice industrial/habitante. Fuente: Autor



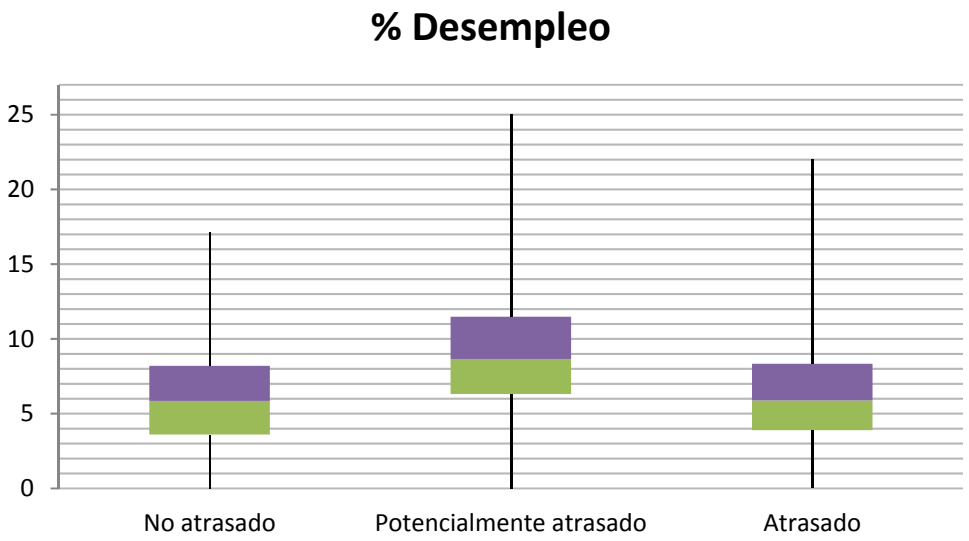
La simetría de todas las distribuciones de los valores de la variable índice industrial por habitante representadas en la Figura 51 es siempre positiva, concentrándose los valores en la parte inferior de cada una de las tres cajas. Asimismo, nuevamente la alargada longitud de los bigotes superiores obliga a acortar la representación de los diagramas de cajas, siendo los valores para las clases municipios no atrasado, potencialmente atrasado y atrasado, respectivamente de los valores máximos 2,889, 1,499 y 2,124. El mayor valor se corresponde con los municipios no atrasados. No obstante, los valores máximos entre los municipios potencialmente atrasados o atrasados no son similares en este caso. Por otra parte, la amplia longitud de los bigotes indica que los valores por encima de la mediana se encuentran muy dispersos, lo cual contrasta con la enorme concentración de valores inferiores a la mediana. Así, cada una de las tres muestras en su conjunto, por la enorme longitud de los bigotes superiores, en comparación con el pequeño tamaño de las cajas presenta una situación de desequilibrio.

Figura 52: Diagrama de cajas de la variable % dependencia. Fuente: Autor



Las tres clases en la Figura 52 muestran una distribución de valores de la variable porcentaje de dependencia asimétrica positiva, concentrándose los valores hacia la parte inferior de la distribución. Por tanto, la simetría de la distribución de valores no depende del grado de desarrollo socioeconómico del municipio. Asimismo, de nuevo los enormes bigotes superiores indican que se produce una dispersión de los datos mayor que en los cortos bigotes inferiores, donde existe una mayor concentración de valores de la variable porcentaje de dependencia. También, al igual que en el estudio de distribución de otras variables, la dimensión de la caja es muy inferior a las líneas superiores. Como consecuencia, este contraste indica que la distribución de valores es desequilibrada existiendo valores extremos en la parte superior de la muestra.

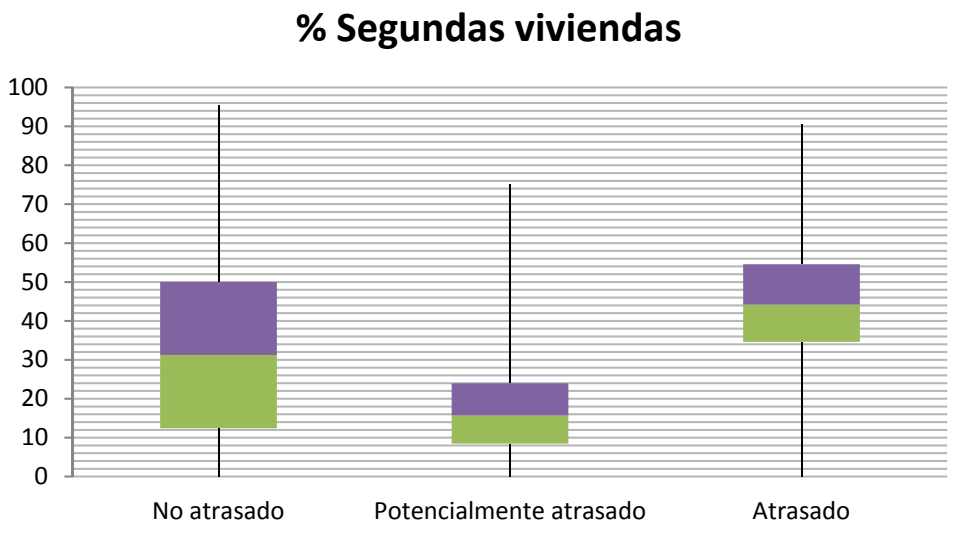
Figura 53: Diagrama de cajas de la variable % desempleo. Fuente: Autor



La Figura 53 muestra tres diagramas de cajas muy similares, en cuanto a la anchura de las cajas, la posición de la mediana en estas, así como en la ubicación de los bigotes más largos en la parte superior y los más cortos en la parte inferior. En primer lugar, las dimensiones de las cajas son muy parecidas, indicando que los tres tipos de municipios presentan prácticamente la misma dispersión en la distribución de la variable, porcentaje

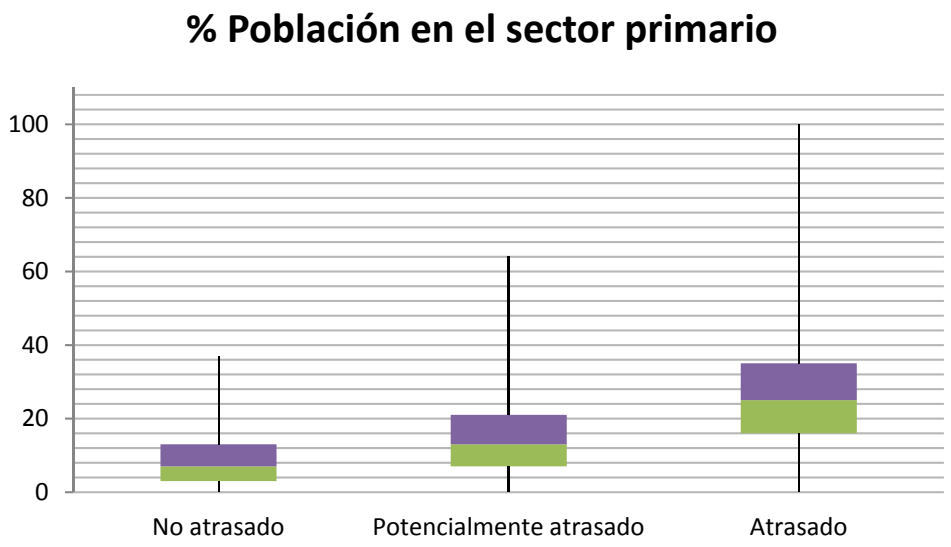
de desempleo. En segundo lugar, la mediana en el interior de cada una de las cajas está prácticamente en el centro de las mismas, determinando que la distribución de la variable, porcentaje de desempleo es simétrica, en las tres clases de municipios. En tercer lugar y finalmente, la mayor longitud de los bigotes superiores que los inferiores, muestra una mayor dispersión de los valores superiores que los inferiores. Además, en los municipios potencialmente atrasados los bigotes tanto superiores como inferiores son de mayor longitud que los bigotes de las otras dos clases de municipios. Como consecuencia, en los municipios potencialmente atrasados existe una mayor dispersión de los datos, que en las otras dos clases de municipios.

Figura 54: Diagrama de cajas de la variable segundas viviendas. Fuente: Autor



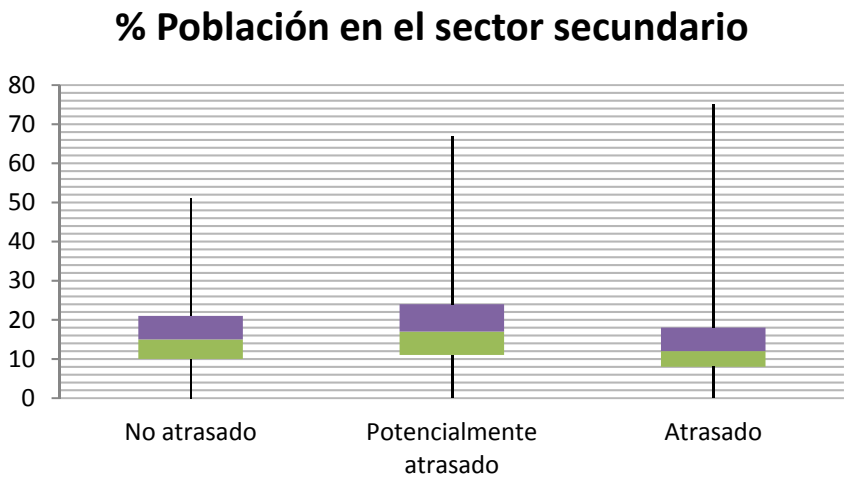
La Figura 54 muestra cómo la distribución de la variable porcentaje de segundas viviendas, es igual en las tres clases de municipios, pues en todas ellas se observa una distribución simétrica de los datos. La media, la mediana y la moda de cada una de las tres distribuciones coinciden. No sucede lo mismo con el tamaño de los bigotes inferior y superior, pues los superiores siempre son mayores. En las clases de municipios no atrasados o potencialmente atrasados, la distribución de valores de porcentaje de segundas viviendas es mucho más dispersa que los valores por debajo de la media. En los municipios no atrasados esta diferencia es menor y la dispersión del porcentaje de segundas viviendas en los valores superiores e inferiores es prácticamente la misma. Respecto al tamaño de las cajas de cada una de las clases también es muy diferente. De hecho, contrasta la enorme caja de la clase municipios no atrasados en comparación con las cajas de los municipios potencialmente atrasados o atrasados. Este hecho indica que en los municipios no atrasados la dispersión de los valores es mucho mayor que en los restantes municipios y que la dispersión de los valores de los municipios potencialmente atrasados o atrasados es similar.

Figura 55: Diagrama de cajas de la variable % población en sector primario. Fuente: Autor



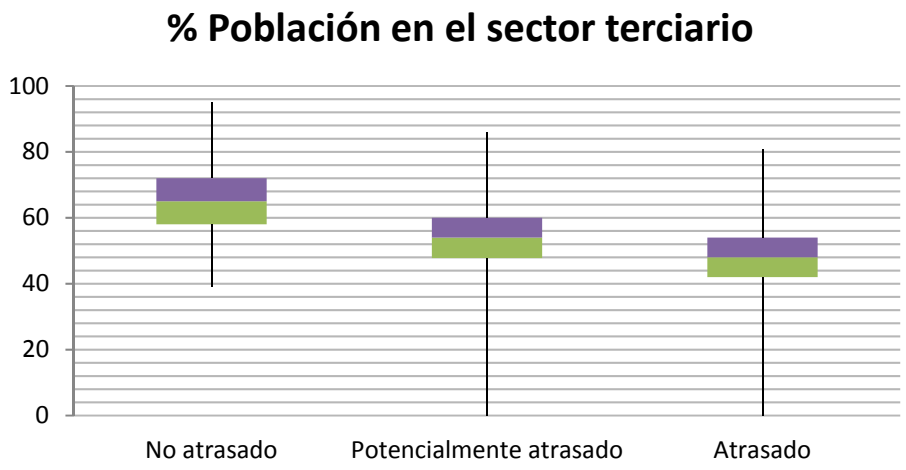
La Figura 55 permite observar que la distribución de los datos de la variable porcentaje de población dedicada al sector primario es siempre simétrica, en las clases de municipios no atrasados y atrasados. Sin embargo, no lo es en los municipios potencialmente atrasados donde es ligeramente positiva, concentrándose valores en la parte inferior de la muestra. En cuanto a la dispersión de la variable, la disposición de los bigotes es siempre similar. Los bigotes superiores siempre son más largos que los inferiores. No obstante, comparando el tamaño de los bigotes tanto superiores como inferiores, entre cada una de las clases de municipios, se aprecia la diferencia de tamaño entre estos. De hecho, la gráfica muestra cómo los mayores bigotes tanto superiores como inferiores, corresponden a los municipios atrasados, los intermedios a los potencialmente atrasados y los de menor tamaño a los no atrasados. De este modo, la mayor dispersión de los datos corresponde a los municipios atrasados, los potencialmente atrasados poseen una dispersión media y los no atrasados presentan la mínima dispersión de la variable, respectivamente.

Figura 56: Diagrama de cajas de la variable % población en el sector secundario. Fuente: Autor



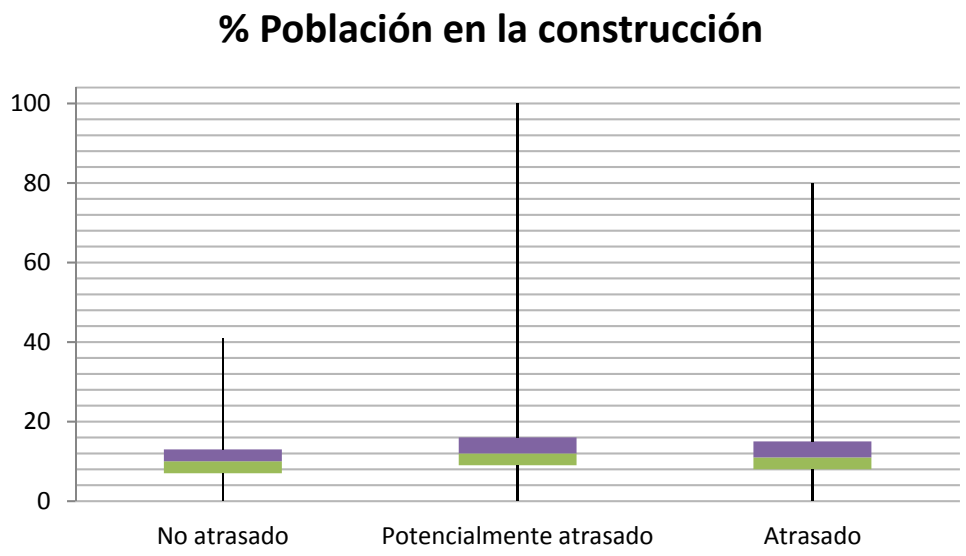
La Figura 56 muestra como para el caso de la variable porcentaje de población dedicada a alguna actividad encuadrada dentro del sector secundario, la distribución de la muestra es simétrica para los municipios no atrasados y potencialmente atrasados, estando sesgada ligeramente hacia la parte inferior en el caso de los municipios atrasados. Por tanto, la distribución de valores es igual al 50% tanto por encima como por debajo de la media para los municipios no atrasados o potencialmente atrasados y concentrada ligeramente en la parte inferior de la muestra para los municipios atrasados. Respecto a la dispersión de los datos, los bigotes más largos son siempre mayores a los inferiores, para cada una de las clases de municipios. Así, el más largo corresponde a los municipios atrasados, el mediano a los municipios potencialmente atrasado y el más pequeño el de los municipios no atrasados. Los valores son más dispersos y presentan mayor cantidad de valores extremos para la variable porcentaje de población dedicada en el sector secundario, en los municipios atrasados y por el contrario, la muestra es menos dispersa en los municipios no atrasados. Por tanto, el grado de desarrollo socioeconómico de los municipios influye en la dispersión de los valores por encima de la media. La longitud de los bigotes superiores es siempre mayor que la dimensión de las cajas, por ello la dispersión de los valores de la variable % de población en el sector secundario es siempre desequilibrada, por los valores extremos.

Figura 57: Diagrama de cajas de la variable % población en el sector terciario. Fuente: Autor



La Figura 57 desprende mediante la representación de las cajas como la simetría de la distribución de la variable % de población dentro del sector terciario en cada una de las categorías de los municipios es siempre simétrica. Por tanto, el tipo de municipio no influye en la distribución de la variable. Aunque si en la disposición de los bigotes. De hecho, para los municipios no atrasados el bigote inferior es mucho menor que en las otras dos restantes clases de municipios. Entonces, la dispersión de los datos inferiores a la media en los municipios no atrasados, es mucho menor que en la de los municipios potencialmente atrasados o atrasados. Respecto a los bigotes superiores, estos presentan un tamaño muy similar en las tres clases, no estando la dispersión de los valores por encima de la media. Incluso, destaca que en los municipios potencialmente atrasados y atrasados el bigote inferior sea de longitud mayor que el bigote superior, mostrándose de ese modo que la distribución de la variable para valores inferiores a la mediana es mucho más dispersa que la de los valores superiores. Respecto al equilibrio global de la muestra, la dimensión de las cajas en comparación con la longitud de los bigotes indica que en los municipios no atrasados se produce una situación de equilibrio, existiendo pocos valores extremos y todo lo contrario, sucede en los municipios potencialmente atrasados o atrasados.

Figura 58: Diagrama de cajas de la variable % población en la construcción. Fuente: Autor



El análisis de la distribución de valores correspondientes a la variable % de población dedicada al sector de la construcción, muestra que el tipo de municipio no influye en la simetría de la distribución de los datos. Todo lo contrario sucede en los patrones de distribución de los datos analizados, ya que según el tipo de municipio la dispersión de los datos es mayor. Los municipios potencialmente atrasados son los que presentan mayor dispersión, siendo el bigote superior el mayor. Asimismo, la pequeña dimensión de las cajas respecto a la longitud de los bigotes, muestra que la distribución las variables son desequilibradas en las tres clases de municipios. No obstante, la distribución de los datos en los municipios no atrasados es la menos desequilibrada.

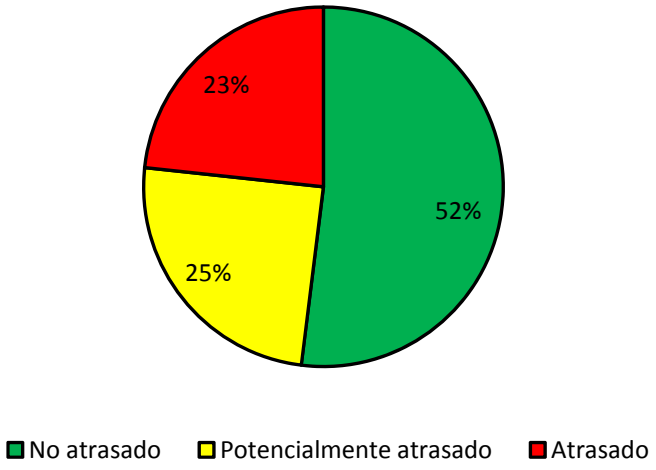
6.1.1. Atraso estructural

Una vez caracterizados los municipios en función de su grado de desarrollo, se analiza la proporción de cada uno de ellos dentro de las tres clases consideradas. A este respecto, el número de municipios según su grado de desarrollo socioeconómico es el siguiente (Tabla 34 y Fig. 5.9):

Tabla 34: Número de municipios y % según su grado de desarrollo socioeconómico. Fuente: Autor

	Municipio según su grado de desarrollo socioeconómico		
	No atrasado	**Potencialmente atrasado**	**Atrasado**
Número de municipios	4134	1968	1853
Porcentaje de municipios	51,97%	24,74%	23,29%

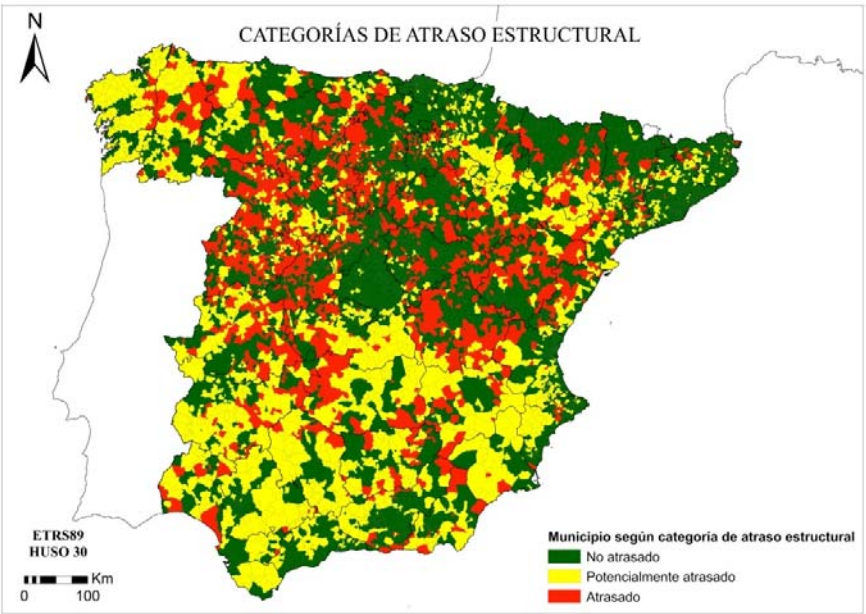
Figura 59: Distribución de municipios según su grado de desarrollo socioeconómico. Fuente: Autor



A tenor de los resultados obtenidos, se observa una dualidad entre municipios económicamente no atrasados que alcanzan un 51,97%, y el conjunto de municipios formados por aquellos potencialmente atrasados y atrasados que suman en total el 48,03%. Por tanto, la España peninsular está dividida aproximadamente a la mitad entre municipios atrasados y aquellos que no lo son. Incluso, entre los municipios potencialmente atrasados y atrasados, también existe una dualidad, pues el porcentaje de estos respectivamente 24,74% y 23,26%, es muy similar.

Sin embargo, los resultados numéricos no muestran el patrón de distribución espacial de cada uno de los municipios según su grado de desarrollo socioeconómico, para ello se necesita obtener la cartografía temática que los representa en su verdadera posición en el territorio. De esta forma, se obtiene el mapa temático peninsular español de los municipios según su categoría de atraso estructural.

Figura 60: Categorización estructural de los municipios en 2012. Fuente: Autor



A partir del mapa temático obtenido (Figura 60), se observa cómo los diferentes municipios según su atraso estructural siguiendo una pauta de distribución, ya que puede apreciarse que en la mitad norte hay muchos más municipios no atrasados y la mitad sur se caracteriza por la existencia de municipios potencialmente atrasados. En cuanto a los municipios no atrasados, estos parecen corresponderse con las capitales provinciales y ciudades con mayor entidad poblacional de las diferentes regiones, así como los términos que componen las principales áreas metropolitanas del país (Figura 31): Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Zaragoza y Bilbao.

6.1.2. Nivel de accesibilidad

Posteriormente, se analizan las deficiencias de accesibilidad actualmente existentes para cada uno de los municipios peninsulares españoles. De este modo, se analiza si en los lugares centrales o en aquellos que cuentan con mayor accesibilidad, se produce un incremento de ésta por encima de los lugares periféricos, ya que en ese caso se produciría un nuevo fortalecimiento económico.

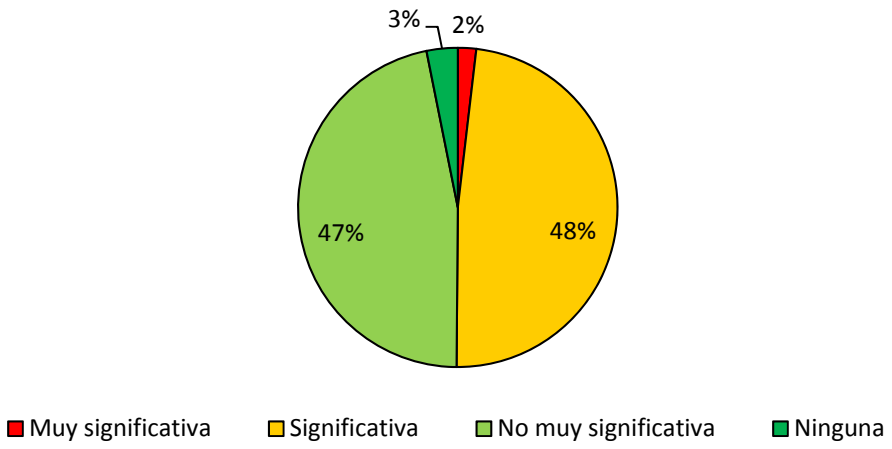
A este respecto, la entidad gráfica que se utiliza para calcular el indicador de accesibilidad potencial fue un conjunto de puntos que evocan las capitales municipales, tal y como se ha visto en la metodología (*PPro*). Como consecuencia, para calcular este indicador se determina la posibilidad potencial que tienen todos los residentes de un municipio de desplazarse a todas las demás capitales municipales (medida en minutos de acceso), teniendo en cuenta el escenario actual.

De este modo, a partir de los resultados obtenidos los municipios son clasificados en cuatro categorías según sus valores de accesibilidad (Tabla 32) en municipios con deficiencias de accesibilidad: muy significativa, significativa, no muy significativa y ninguna deficiencia de accesibilidad. A continuación se clasifican porcentualmente los municipios españoles en función de sus deficiencias de accesibilidad (Figura 61).

Tabla 35: Número de municipios y % según su grado de accesibilidad. Fuente: Autor

	Muy significativa	Significativa	No muy significativa	Ninguna
Número de municipios	148	3839	3718	250
Porcentaje de municipios	1,86%	48,26%	46,74%	3,14%

Figura 61: Clasificación de los municipios en función de su deficiencia de accesibilidad en 2012. Fuente: Autor



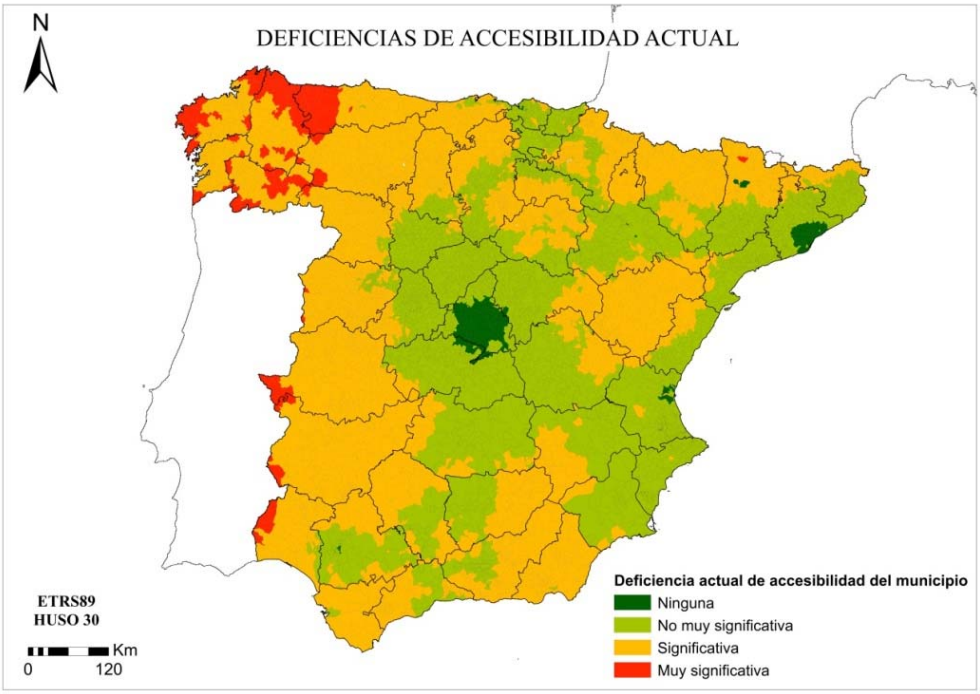
La Figura 61 junto a la Tabla 35, ponen de manifiesto que el valor más bajo de deficiencia de accesibilidad (1,86%) corresponde a los municipios en los que es muy significativa, evidenciando que son los municipios más desfavorecidos son los menos numerosos.

También se aprecia que el segundo valor (3,14%) pertenece a los municipios cuya deficiencia de accesibilidad es nula, es decir, aquellos que no tienen ninguna deficiencia de accesibilidad. De este modo, al igual que antes sucedía con los municipios con deficiencia muy significativas, se evidencia que un reducido número de municipios no tienen ningún problema de accesibilidad.

Por el contrario, si bien el porcentaje del conjunto de municipios cuyas deficiencias de accesibilidad son inexistentes o muy significativas es escaso (5%); el porcentaje de municipios con deficiencias significativas y no muy significativas, es mucho mayor (95%). De este modo, se pone de manifiesto que la mayoría de los municipios disponen de niveles de accesibilidad medios, siendo escasos los que disponen de niveles de accesibilidad extremos. Asimismo, el porcentaje de municipios cuya deficiencia de accesibilidad es significativa (48,26%) o no muy significativa (46,74%), es muy similar. De ese modo, se acusa una enorme dualidad entre los municipios con deficiencias de accesibilidad significativa o no muy significativa.

Para el análisis de estos datos se realiza el mapa temático donde se ubican cada uno de los municipios y se clasifican según sus deficiencias de accesibilidad (Figura 61).

Figura 62: Categorización de accesibilidad sin las nuevas líneas de AVE de los municipios. Fuente: Autor



Se pone de manifiesto como la parte más occidental peninsular presenta los mayores déficits de accesibilidad, pues la componen los municipios que presentan las mayores deficiencias de accesibilidad, es decir, municipios con deficiencias de accesibilidad muy significativa, y asimismo, los municipios con deficiencias de accesibilidad significativa. Además, la mayoría de ellos son periféricos, situándose en el borde; o bien de la península ibérica, o del territorio transfronterizo con Portugal. Por el contrario, la parte más oriental de la península acoge a municipios con déficits de accesibilidad inexistentes, no muy significativos o significativos, pero en ningún caso muy significativo.

Además, la Figura 62 evidencia como en los municipios que conforman el área metropolitana de Madrid, Barcelona y Valencia no existe ninguna deficiencia de accesibilidad, debido a que concentran el mayor volumen de población y cuentan con la mayor dotación en infraestructuras de transporte. Del mismo modo se aprecia la existencia de tres modelos de distribución centro-periferia alimentados por la existencia de una red nacional infraestructural de tipo radial, cuyo centro se ubica en el núcleo principal de las metrópolis ya mencionadas. Asimismo, los municipios que se encuentran en los corredores viarios que unen estas tres grandes poblaciones muestran no muy significativas deficiencias de accesibilidad, provocando que la parte más oriental peninsular muestre menores déficits de accesibilidad.

La situación geográfica central de Madrid hace que su influencia se extienda tanto al este como al oeste. Por el contrario, la ubicación periférica de Barcelona y Valencia provoca que su área de influencia se extienda solamente hacia el oeste. De este modo, el centro que mayor influencia ejerce en términos de accesibilidad en la península ibérica española es Madrid.

A este respecto, se observa como los municipios por donde ya discurre una línea de alta velocidad que está conectada a Madrid como Madrid-Valladolid, Madrid-Zaragoza-Huesca, Madrid-Zaragoza-Tarragona-Barcelona, Madrid-Alcázar de San Juan-Albacete, Madrid- Alcázar de San Juan-Alicante, Madrid-Puertollano-Córdoba-Sevilla y Madrid-Puertollano-Córdoba-Málaga, forman zonas donde la accesibilidad no es muy significativa. Por el contrario, no sucede así para las líneas de alta velocidad ya construidas, pero que no están conectadas a la capital política y administrativa del país, como se evidencia en Galicia.

Asimismo, la influencia del carácter radial de las infraestructuras viarias terrestres también se manifiesta hacia el norte de Madrid, ya que los dos corredores que confluyen en Miranda de Ebro, entre las ciudades de Valladolid-Burgos-Miranda de Ebro y Zaragoza-Logroño-Miranda de Ebro, prolongándose después desde Miranda de Ebro hasta el norte alcanzando a Bilbao, Vitoria y San Sebastián presentan déficits de accesibilidad no muy significativos.

En general comparando la Figura 62 con la 60, se puede detectar una dualidad entre los municipios con deficiencias de accesibilidad significativa (48%) localizados en los espacios ya comentados en el mapa anterior, y los municipios con deficiencias de accesibilidad no muy significativas (47%) ubicados en las inmediaciones o área de influencia de la infraestructura de AVE ya existentes y en las zonas centro-sur y nordeste peninsulares. Por otro lado, la proporción de municipios con ninguna deficiencia de accesibilidad (3%) o muy significativas deficiencias de accesibilidad (2%) carecen de significación estadística, aunque su ubicación en el mapa.

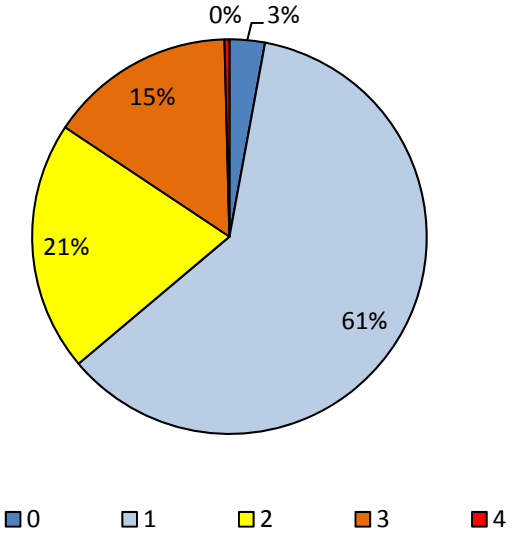
6.1.3. Factor de ponderación

A continuación, se calcula el factor de ponderación de cada municipio (ϕ_r) en función de la relación existente entre el nivel de retraso estructural y las deficiencias de accesibilidad. De este modo, se obtiene el número de municipios según su valor de ponderación en el cálculo y el porcentaje de cada uno de ellos correspondientes al valor de ponderación alcanzado respecto al número total de municipios. De esta forma, los resultados se pueden observar en la Tabla 36:

Tabla 36: Factor de ponderación de los municipios. Fuente: Autor

Factor de ponderación	0	1	2	3	4
Número de municipios	230	4850	1630	1213	32
Porcentaje de municipios	2,89%	60,97%	20,49%	15,25%	0,40%

Figura 63: Proporción de municipios según su factor de ponderación. Fuente: Autor

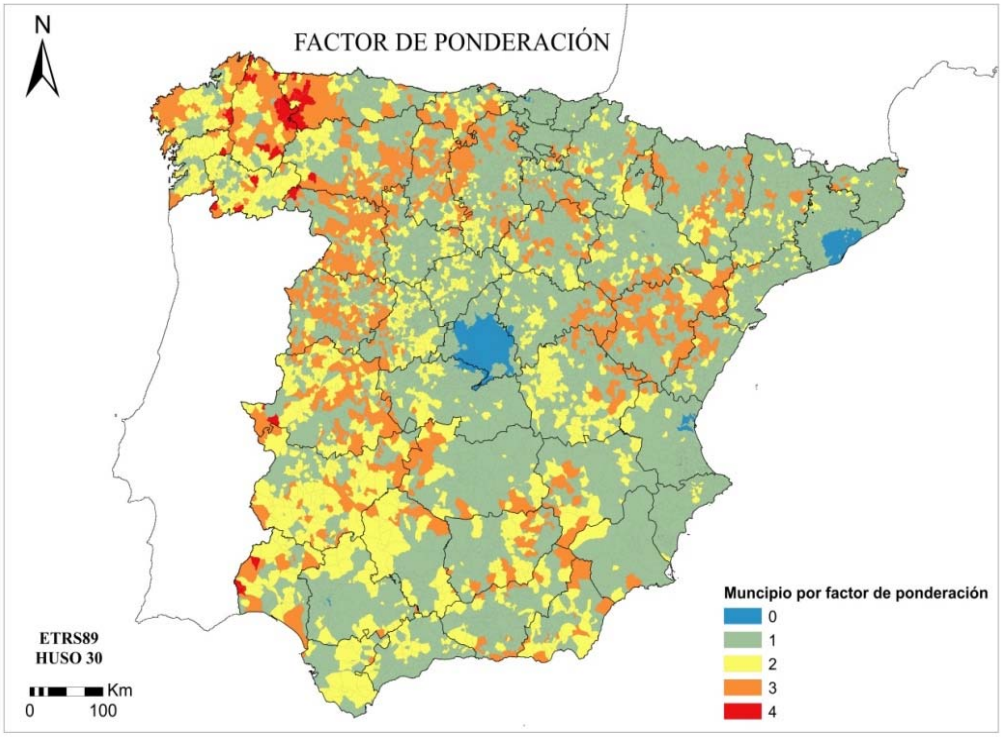


La Tabla 36 y la Figura 63 muestran que el tipo de municipios cuyo factor de ponderación es 4 pertenece al menor número (0,40%). Este tipo de municipios son los más desfavorecidos, pues se corresponden a los más atrasados socioeconómicamente y con los mayores déficits de accesibilidad. Del mismo modo, se evidencia que aquellos con factor de ponderación 0 son los segundos en número (2,89%). Este tipo de municipios son los más privilegiados, ya que no tienen ninguna deficiencia de accesibilidad y son los más evolucionados socioeconómicamente. De ese modo, el conjunto de municipios que poseen valores extremos del factor de ponderación 0 o 4, son los más escasos (3,29%) en el conjunto total de municipios.

Por el contrario, la mayoría de los municipios (96,71%) obtiene valores intermedios del factor de ponderación 1, 2, o 3. El mayor número (60,97%) corresponde a los de factor de ponderación cuyo valor es 1, triplicando el número de los municipios cuyo valor es 2 (20,49%) o 3 (15,25%). Por consiguiente, el mayor número se corresponde con: 1) municipios potencialmente atrasados o atrasados, con nula deficiencia de accesibilidad; 2) municipios no atrasados o potencialmente atrasados con deficiencias de accesibilidad no muy significativa 3) municipios no atrasados con significativa deficiencia de accesibilidad. Así, el mayor número de municipios corresponde a aquellos que sin llegar a ser sus deficiencias de accesibilidad muy significativas, pueden ser regiones no atrasadas, potencialmente atrasadas o atrasadas. Por otra parte, los municipios con factor de ponderación 2, junto a los municipios con factor de ponderación 3, suman conjuntamente (35,74%) equivalente al tercer grupo más numeroso de municipios. En este caso, los únicos municipios que no son considerados en este agrupamiento son aquellos sin ninguna deficiencia de accesibilidad. A este respecto los municipios con factor de ponderación 2 se compone de 3 tipos de municipios según su grado de desarrollo socioeconómico y deficiencias de accesibilidad: atrasados y con no muy significativas deficiencias de accesibilidad; potencialmente atrasados y con significativas deficiencias de accesibilidad; y atrasados con muy significativas deficiencias de accesibilidad. Del mismo modo, los municipios con factor de ponderación 3 corresponden a: atrasados y con significativas deficiencias de accesibilidad; y potencialmente atrasados y con muy significativas deficiencias de accesibilidad.

Para poder evaluar la relevancia territorial del conjunto de municipios en función de su factor de ponderación es necesario obtener el mapa temático que los represente (Figura 64).

Figura 64: Factor de ponderación. Fuente: Autor



Así, se vuelve a poner de manifiesto el contraste entre municipios atrasados y no atrasados estructuralmente y se observan diferencias entre la zona centro y la periferia peninsular. Se aprecia un marcado contraste entre la zona periférica del oeste peninsular y el resto del territorio. En esta zona, la implantación del AVE apenas ha influido en el desarrollo económico.

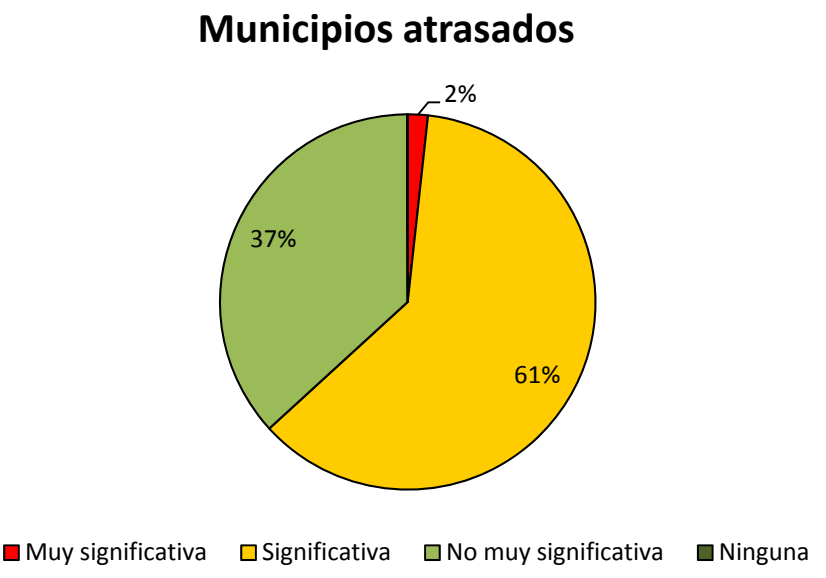
El siguiente paso es determinar cuáles son las zonas más atrasadas económicamente y con menor accesibilidad; y cuáles son las áreas, que, aun siendo avanzadas económicamente, tienen alta accesibilidad. Por este motivo, para concluir el análisis de la situación actual de las infraestructuras ferroviarias y su relación con la estructura socioeconómica de los municipios peninsulares, se muestran los resultados obtenidos en el cálculo generado para determinar el grado de cohesión social existente entre cada uno de los municipios peninsulares españoles (Tabla 37). Al igual que a la hora de caracterizar la situación estructural, se clasifican los municipios en atrasados, potencialmente atrasados y no atrasados. Además, dentro de cada una de estas categorías de atraso estructural, se contabiliza el número de municipios en lo que a cohesión social se refiere. Esta variable relaciona los resultados del análisis sobre deficiencias de accesibilidad y atraso estructural.

Tabla 37: Porcentaje de municipios según su atraso estructural y deficiencia de accesibilidad para el escenario actual. Fuente: Autor

Porcentaje de municipios según su atraso estructural y deficiencia de accesibilidad para el escenario actual				
	Deficiencia en accesibilidad	Número Municipios	% por municipio de atraso	% del total de municipios
Municipios atrasados	Muy significativa	32	1,73%	0,40%
	Significativa	1140	61,49%	14,33%
	No muy significativa	681	36,73%	8,56%
	Ninguna	1	0,05%	0,01%
Municipios potencialmente atrasadas	Muy significativa	73	3,71%	0,92%
	Significativa	906	46,06%	11,39%
	No muy significativa	968	49,21%	12,17%
	Ninguna	20	1,02%	0,25%
Municipios no atrasadas	Muy significativa	44	1,06%	0,55%
	Significativa	1791	43,32%	22,51%
	No muy significativa	2068	50,02%	26,00%
	Ninguna	231	5,59%	2,90%

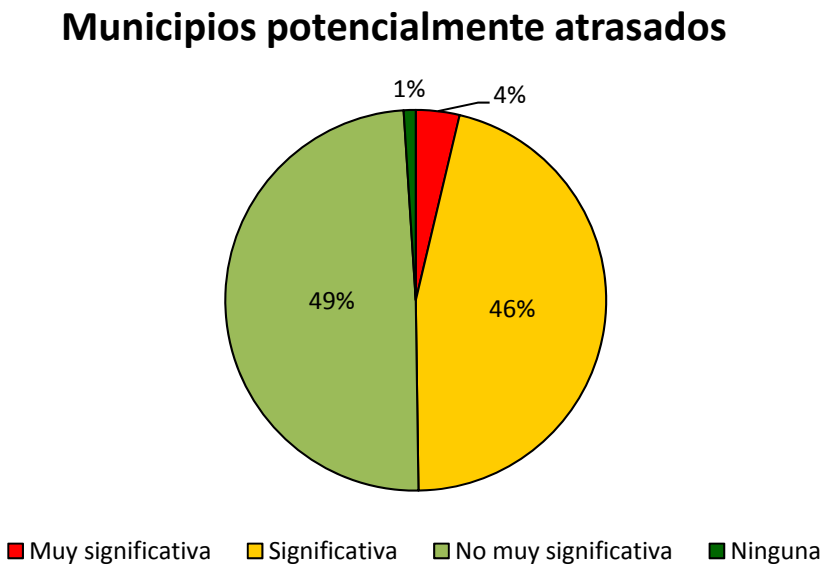
La Tabla 37 anterior muestra, cómo los municipios no atrasados y con bajas o escasas deficiencias de accesibilidad son los más numerosos (26%). Por el contrario, los municipios atrasados y sin ninguna deficiencia de accesibilidad son casi inexistentes (0,01%). El primer dato que llama la atención es que el 23,3% de los municipios españoles se encuentran en una situación de claro atraso económico.

Figura 65: Proporción de municipios atrasados según sus deficiencias de accesibilidad en 2012. Fuente: Autor



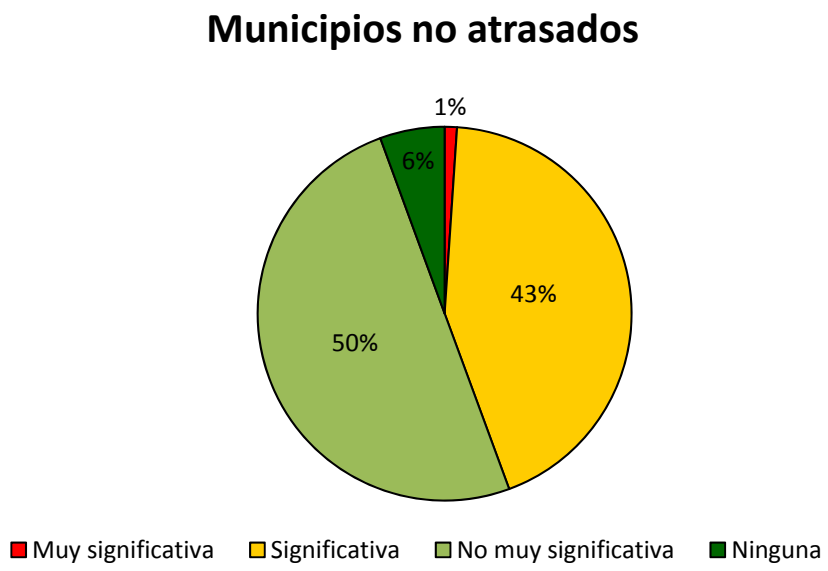
Como se aprecia en la Figura 64, más de la mitad (63,2%) tienen además problemas de accesibilidad. Este resulta ser el grupo más desfavorecido y sobre el que más habría que incidir en la implantación de medidas correctoras. A este grupo se le une un 12,3% más de todos los municipios españoles que son potencialmente atrasados y de los cuales la mitad presentan también deficiencias de accesibilidad. Frente a este grupo de municipios problemáticos se encuentra casi un 9% de los municipios españoles atrasados económicamente que además disponen de una buena accesibilidad a las infraestructuras de AVE (la mitad de los municipios sin atrasos económicos presenta estos niveles de acceso al servicio).

Figura 66: Proporción de municipios potencialmente atrasados según sus deficiencias de accesibilidad en 2012. Fuente: Autor



En los municipios potencialmente atrasados (Figura 66), la mayoría poseen una deficiencia de accesibilidad no muy significativa (49,21%), y prácticamente en el mismo porcentaje que aquellos con significativas deficiencias de accesibilidad (46,06%).

Figura 67: Proporción de municipios no atrasados según sus deficiencias de accesibilidad en 2012. Fuente: Autor



Lo mismo sucede en los municipios no atrasados (Figura 67), donde la mayoría tienen deficiencias de accesibilidad no muy significativas (50,02%), pero casi en el mismo porcentaje que aquellos que presentan deficiencias significativas (43,32%).

De este modo, se puede afirmar que en cada una de las tres clases de municipios y según su atraso estructural, se repite la misma tendencia: predominan los municipios en las tres categorías de atraso estructural que disponen de significativas y no muy significativas y por el contrario existe una escasa proporción de municipios con una muy significativa o ninguna deficiencia de accesibilidad.

6.2. SITUACIÓN FERROVIARIA FUTURA

Analizando la situación futura con la implantación de las nuevas infraestructuras de AVE propuestas por el PITVI, se obtienen resultados que permiten evaluar el grado de mejora que dichas infraestructuras provocarían en el territorio objeto de estudio. De todos estos análisis, se exponen a continuación aquellos que son más relevantes.

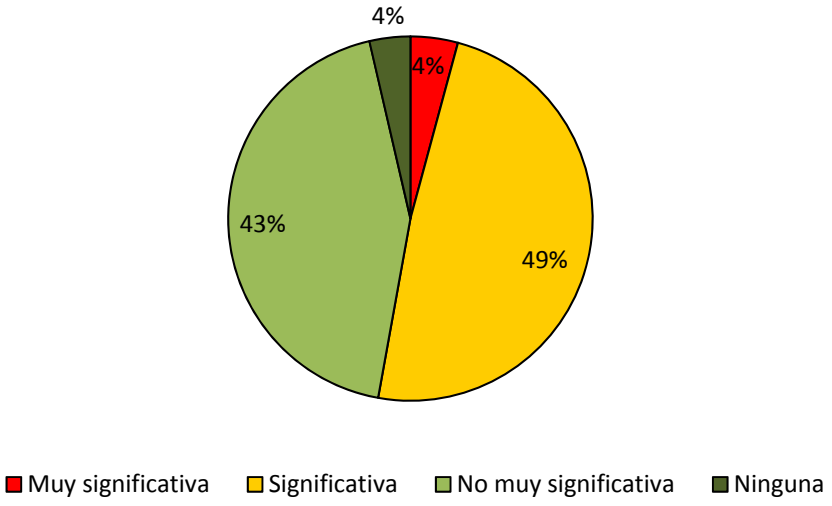
6.2.1. Nivel de accesibilidad

Inicialmente se contabiliza el número de municipios según sus deficiencias de accesibilidad, obteniendo la Tabla 38 y generando la Figura 67.

Tabla 38: proporción de municipios según sus deficiencias de accesibilidad en 2024. Fuente: Autor

	Muy significativa	Significativa	No muy significativa	Ninguna
Número de municipios	334	3869	3464	288
Porcentaje de municipios	4,20%	48,64%	43,54%	3,62%

Figura 68: Proporción de municipios según sus deficiencias de accesibilidad en 2012. Fuente: Autor



El menor porcentaje de municipios son aquellos que en el futuro los municipios no tendrán déficits de accesibilidad (3,62%). El segundo conjunto que dispone de muy significativas deficiencias de accesibilidad (4,20%). Contrariamente, el porcentaje de

municipios formado por aquellos cuyas deficiencias de accesibilidad son significativas o no muy significativas (92,18%), es mucho mayor abarcando prácticamente el conjunto total de municipios peninsulares españoles. Se observa que en el futuro, con la nueva construcción de los corredores ferroviarios de alta velocidad, la mayoría de los municipios disponen de niveles de accesibilidad medios, siendo escasos los que disponen de niveles de accesibilidad extremos.

Se evidencia la tremenda dualidad en términos de accesibilidad que se dará en el futuro en España. De hecho, aproximadamente la mitad de municipios dispondrán de deficiencias de accesibilidad significativa (48,64%) y prácticamente la otra mitad (43,54%) dispondrán de deficiencias de accesibilidad no muy significativa.

A continuación, se comparan los niveles de accesibilidad existentes en 2012 y los previsiblemente se producirán por la implantación de las nuevas líneas de TAV en 2024.

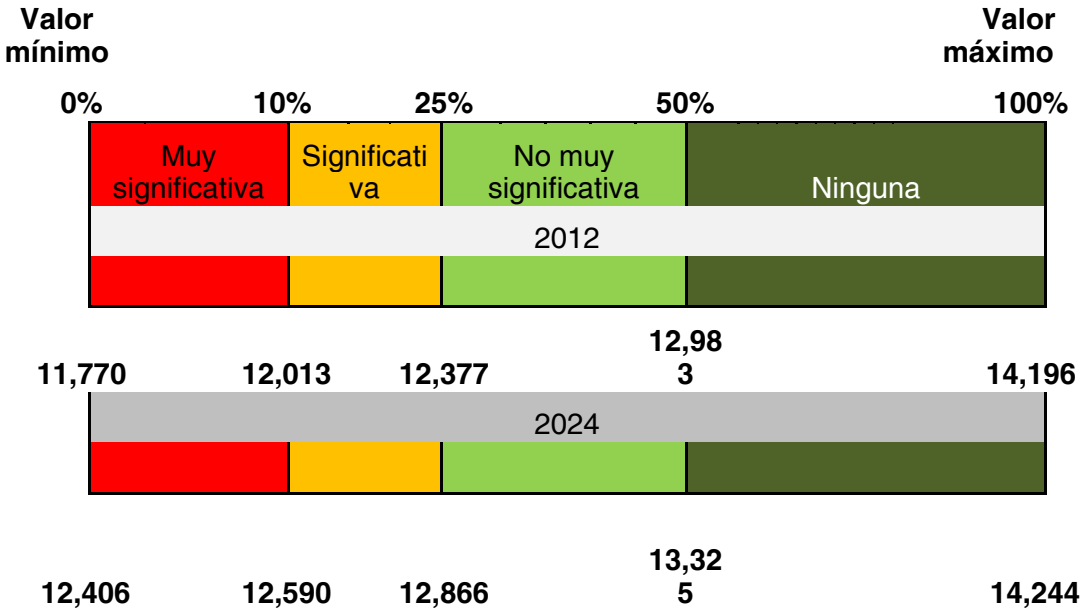
Tabla 39: Relación de municipios según sus deficiencias de accesibilidad en 2012 y 2024. Fuente: Autor

	Municipios según su deficiencia de accesibilidad			
	Muy significativa	**Significativa**	**No muy significativa**	**Ninguna**
Deficiencias de accesibilidad en 2012	148	3839	3718	250
Deficiencias de accesibilidad en 2024	334	3869	3464	288
Diferencia	186	30	-254	38
Porcentaje del total de municipios	2,34%	0,38%	-3,19%	0,48%

De este modo, mediante la Tabla 39 se obtiene la diferencia de municipios que cambiarán su categoría en función de su deficiencia de accesibilidad. Como puede observarse la mayor variación corresponde al descenso de municipios con no muy significativas deficiencias de accesibilidad (254), que pasan a ser municipios con muy significativa (186), significativa (30) o ninguna deficiencia de accesibilidad (38). No obstante, el porcentaje de municipios que dejan de tener no muy significativas deficiencias de accesibilidad, respecto al total de municipios existentes (3,19%) es muy pequeño. Por este motivo, se observa que después de la implantación de nuevas infraestructuras ferroviarias de alta velocidad, en el conjunto global de los municipios peninsulares españoles, se mantienen similares niveles de accesibilidad.

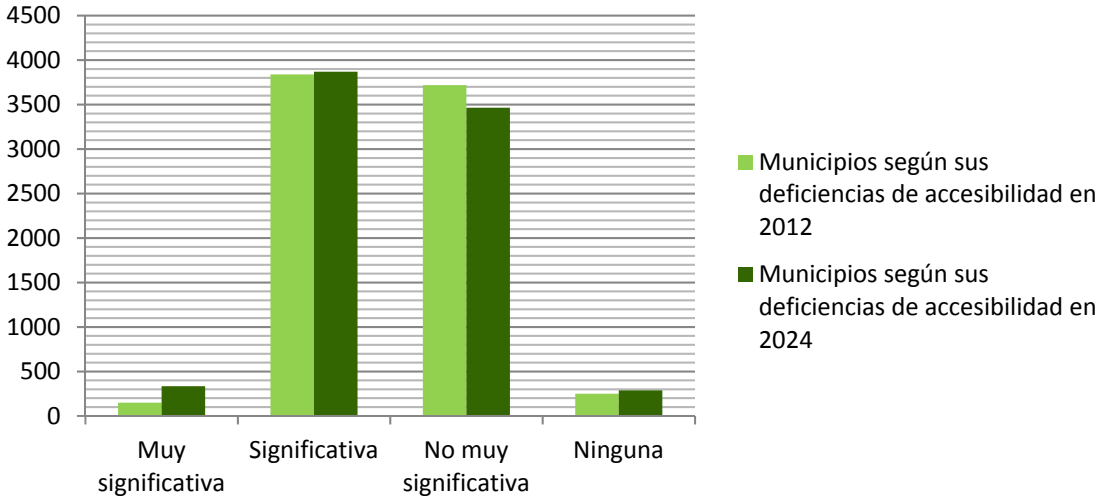
Por otra parte, se compara la proporción de municipios con deficiencias de accesibilidad muy significativa, significativa, no muy significativa o sin ninguna deficiencia de accesibilidad, antes y después de la aplicación del PITVI. No obstante, como se aprecia en la gráfica 69 los valores de accesibilidad que permiten clasificar a los municipios en cuatro categorías ha variado para del año 2012 al 2024 (véase sección 5.4, página 195). Si bien en 2012 un municipio se clasificada con muy significativa deficiencia de accesibilidad si su valor de accesibilidad se encontraba entre el mínimo 11,770 a 12,013, en 2024 tendrá muy significativa deficiencia de accesibilidad si su valor se encuentra entre 12,406 y 12,590. Del mismo modo, sucede con las tres restantes categorías.

Figura 69: Rango de valores e intervalos de clasificación de municipios según sus deficiencias de accesibilidad en 2012 y 2024. Fuente: Autor



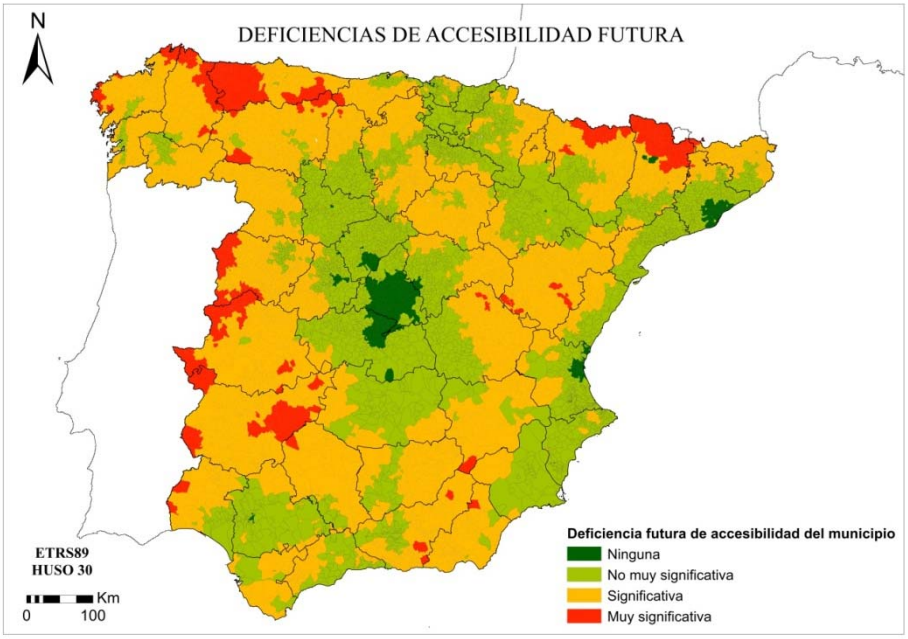
De esa forma, se observa (Figura 70) que la proporción de municipios con valores extremos de deficiencia accesibilidad (muy significativa y ninguna) e intermedios (significativa y no muy significativa) permanece prácticamente constante.

Figura 70: Relación de municipios según sus deficiencias de accesibilidad en 2012 y 2024. Fuente: Autor



El análisis numérico no proporciona la relevancia territorial de la nueva accesibilidad obtenida por la construcción de nuevas infraestructuras. La Figura 71 muestra el nivel de deficiencias en accesibilidad del territorio español, una vez implantadas todas las infraestructuras AVE previstas por el PITVI. Los colores rojo, amarillo, verde claro y verde oscuro representan respectivamente a los municipios cuya deficiencia de accesibilidad es muy significativa, significativa, no muy significativa o ninguna. Si se compara este escenario con el presente (Figura 61), se observa que el incremento de dichas infraestructuras supone un grado de mejora significativo únicamente en el centro peninsular (Madrid). Para el resto del territorio español estas nuevas dotaciones causan un impacto negativo, ya que se ve claramente cómo se incrementan las deficiencias de accesibilidad en el norte y oeste, junto al corredor formado por las regiones orientales de Castilla León, Castilla La Mancha y Andalucía y el suroeste aragonés. El resto del territorio no sufre cambios en este sentido.

Figura 71: Categorización de accesibilidad con las nuevas líneas de AVE de los municipios. Fuente: Autor



Al igual que anteriormente en la Tabla 37, en la Tabla 40 se clasifican los municipios en función del nivel de deficiencia en la accesibilidad y de las distintas categorías de atraso estructural. Las agrupaciones de ambas variables son idénticas a las planteadas en los resultados expuestos para el escenario actual. La Tabla 40 muestra como de nuevo los municipios no atrasados y con escasas deficiencias de accesibilidad son los más numerosos (24%) abarcando aproximadamente una cuarta parte de la totalidad, mientras que los atrasados sin ninguna deficiencia de accesibilidad son casi inexistentes (0,05%).

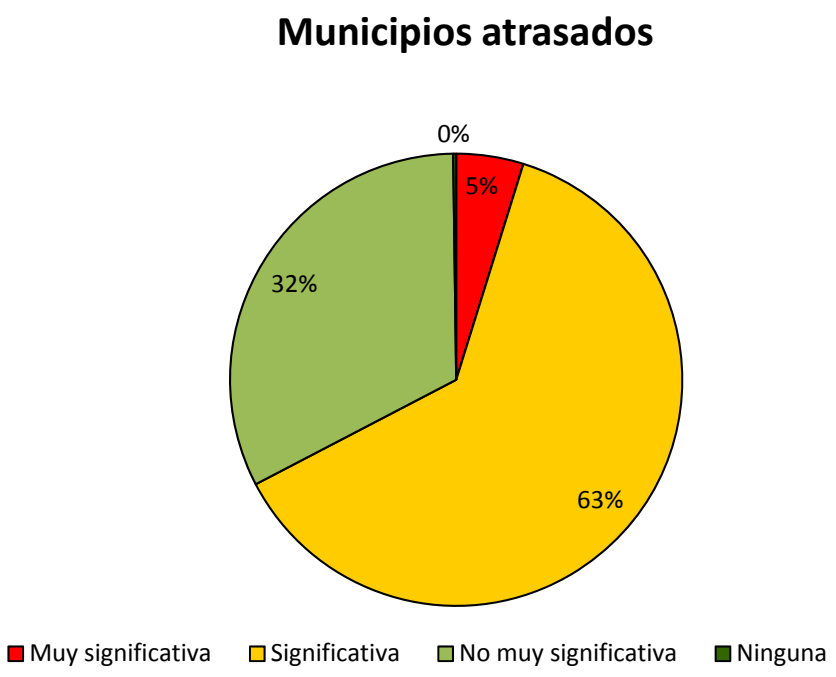
Tabla 40: Porcentaje de municipios según su atraso estructural y deficiencia de accesibilidad para el escenario futuro. Fuente: Autor

Porcentaje de municipios según su atraso estructural y deficiencia de accesibilidad para el escenario actual				
	Deficiencia en accesibilidad	Número Municipios	% por municipio de atraso	% del total de municipios
Municipios atrasados	Muy significativa	89	4,80%	1,11%
	Significativa	1159	62,55%	14,57%
	No muy significativa	601	32,43%	7,55%
	Ninguna	4	0,22%	0,05%
Municipios potencialmente atrasadas	Muy significativa	90	4,58%	1,13%
	Significativa	914	46,47%	11,49%
	No muy significativa	929	47,23%	11,68%
	Ninguna	34	1,73%	0,43%
Municipios no atrasadas	Muy significativa	155	3,75%	1,95%
	Significativa	1796	43,43%	22,58%
	No muy significativa	1933	46,75%	24,30%
	Ninguna	251	6,07%	3,16%

Además, se observa en dicha tabla comparativa que el 23,3% del total de los municipios son atrasados y presentan problemas importantes de accesibilidad aún con la implantación de las nuevas dotaciones previstas en el PITVI. Por el contrario, tan sólo el 27,4% carecen de atraso económico y presentan un buen nivel de accesibilidad. Asimismo, los municipios con muy significativas o ninguna deficiencia de accesibilidad son los de menor relevancia dentro de cada categoría. Por consiguiente, esto verifica que el patrón de accesibilidad en el escenario futuro no variará para aquellos municipios clasificados según su atraso estructural.

Posteriormente, dentro de cada categoría se analiza la distribución de éstos según los niveles de accesibilidad de cada uno de ellos.

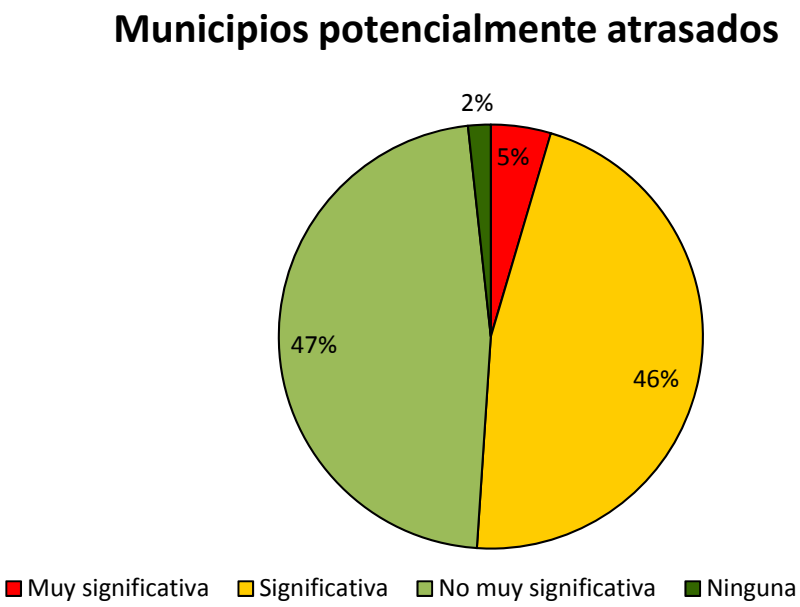
Figura 72: Proporción de municipios atrasados según sus niveles de accesibilidad en 2024. Fuente: Autor



De ese modo, se puede observar en la Figura 72 que la proporción de municipios atrasados cuya deficiencia de accesibilidad es muy significativa (1,11%) o sin ningún déficit de accesibilidad prácticamente es inapreciable (0,05%), en comparación con los de deficiencias de accesibilidad significativa (62,55%) o no muy significativa (32,43%). Los escasos municipios atrasados y con mayores deficiencias de accesibilidad, pone de manifiesto los enormes problemas para poder desarrollarse socioeconómicamente.

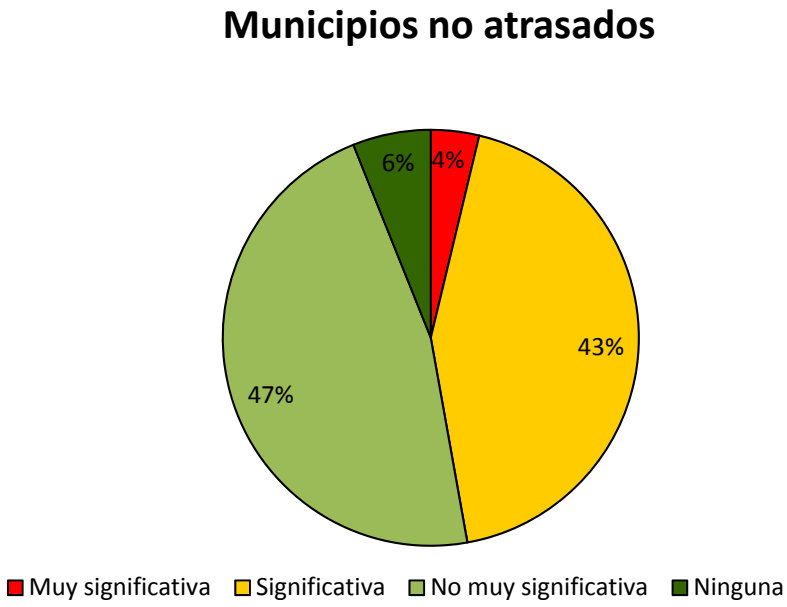
Por otra parte, es significativo como el porcentaje de municipios con deficiencias de accesibilidad significativa (62,55%) duplica a aquellos con deficiencias de accesibilidad no muy significativa (32,43%), a pesar de la nueva construcción de nuevos corredores ferroviarios de alta velocidad. Por tanto, sería conveniente plantearse en estos municipios infraestructuras regionales viarias, tanto por carretera como ferroviarias para aumentar su accesibilidad, pues las infraestructuras ferroviarias de alta velocidad no lo consiguen.

Figura 73: Proporción de municipios potencialmente atrasados según sus deficiencias de accesibilidad en 2024. Fuente: Autor



La Figura 73 nuevamente muestra como la menor cantidad de municipios son aquellos con ningún déficit de accesibilidad (1,73%) o bien con muy significativas deficiencias de accesibilidad (4,58%). No obstante, al contrario que sucede con los municipios atrasados, en los potencialmente atrasados existe una dualidad entre la distribución de municipios con deficiencias de accesibilidad significativa (46,47%) y no muy significativa (47,23%).

Figura 74: Proporción de municipios no atrasados según sus deficiencias de accesibilidad en 2024. Fuente: Autor



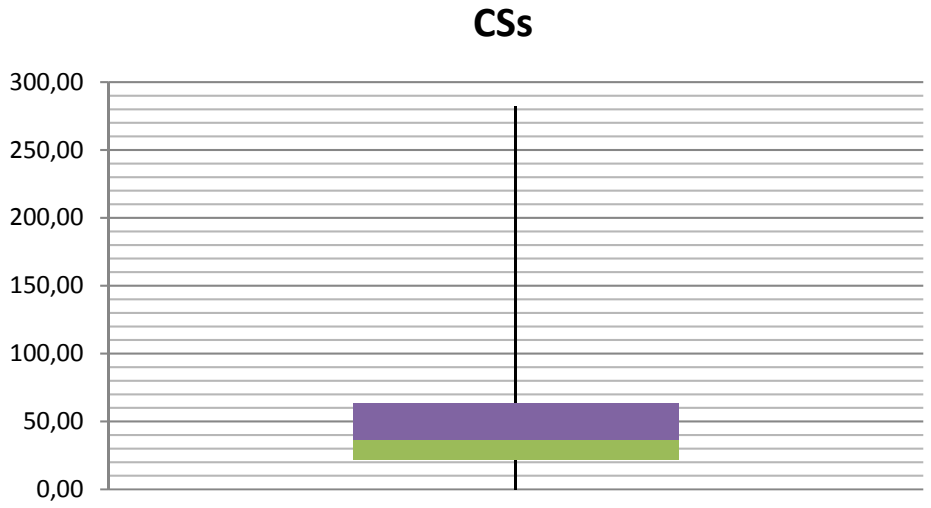
Después de observar esta Figura 74 y comparándola con las anteriores 72 y 73, se puede afirmar que la distribución de municipios es prácticamente la misma que para los municipios potencialmente atrasados. Si bien, la proporción de municipios cuyas

deficiencias de accesibilidad son inexistentes son mayores (6,07%) o muy significativas (3,75%), contrariamente la proporción es mucho mayor para los municipios con deficiencias de accesibilidad significativa (43,43%) o no muy significativa (46,75%). Asimismo, entre estos dos últimos municipios se produce una dualidad, pues el porcentaje entre ellos es muy similar.

6.2.2. Grado de cohesión social

Finalmente, se calcula el valor del indicador de cohesión social para cada uno de los 7955 municipios peninsulares españoles analizados. A partir de estos valores se representa su distribución mediante el diagrama de cajas en la Figura 75.

Figura 75: Distribución de los valores del indicador de cohesión social en la península ibérica. Fuente: Autor



La distribución es asimétrica positiva, pues los valores tienden a concentrarse en la parte inferior. Se observa que el bigote superior es de gran longitud por lo que hay gran cantidad de valores extremos. También, se advierte que el bigote inferior es de pequeña longitud.

Los valores de cohesión social obtenidos son más similares entre sí, cuando estos son inferiores a la mediana (36,74%). De hecho, los valores comprendidos en este rango son el valor mínimo 0 hasta la mediana 36,74, correspondientes al 47,73% del conjunto total

Por otra parte, la diferencia entre la mediana y la media (46,72%) equivale a un 9,98% por lo que la media y la mediana son muy similares en el conjunto de todos los datos calculados. Por este motivo, se determina también el número de municipios cuyo valor se encuentra, tanto por encima como por debajo de la media; el 60,86% de municipios tienen un valor obtenido de cohesión social por debajo de la media. Como consecuencia, se aprecia que la implantación de infraestructuras de transporte ferroviario de alta velocidad, aumentará el valor de la cohesión social por encima de la media en más de la mitad de municipios.

Sin embargo, dada la distribución espacial de las variables seleccionadas para determinar las 3 clases de atraso estructural, un efecto positivo desde el punto de vista de la cohesión social tendría lugar si: 1) el valor de dicho indicador propuesto es superior a la media (46,72%), para aquellos municipios que sean atrasados económicamente, o potencialmente atrasados 2) el valor del indicador de cohesión social es inferior a esta media, pero para municipios no atrasados. Por el contrario, un efecto negativo se produciría si: 3) el valor del indicador es superior a la media, en municipios no atrasados,

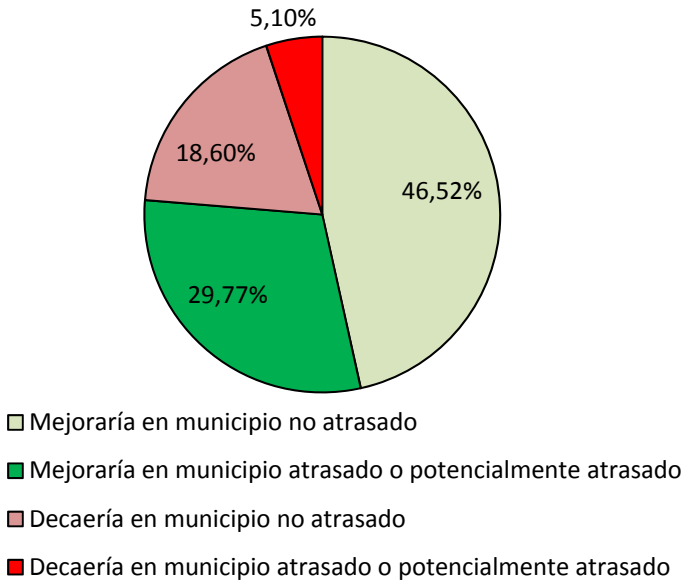
o 4) el valor es inferior a la media, pero para municipios atrasados. Esta afirmación tiene su justificación en el hecho de que las regiones atrasadas o potencialmente son las que requieren mayores oportunidades de desarrollo socioeconómico, las cuales llegarían a través de la implantación de las nuevas infraestructuras AVE propuestas por el PITVI. Este incremento de oportunidades conllevaría un mayor grado de cohesión social entre todos los municipios del territorio. Por el contrario, aquellas regiones más desarrolladas económicamente no deben acoger mayores oportunidades que las regiones menos evolucionadas, pues en ese caso se aumenta la brecha socioeconómica entre las diferentes regiones, convirtiéndose las zonas más evolucionadas socioeconómicamente en verdaderos polos de atracción para la generación de actividades económicas y la implantación de servicios.

A continuación se obtiene el número de municipios en función de su grado de atraso socioeconómico sobre los cuales habrá un efecto positivo o negativo para la cohesión social, es decir, cuántos son los municipios donde mejoraría o decaería la cohesión social.

Tabla 41: Cuantificación de municipios según su mejoría o descenso de cohesión social. Fuente: Autor

Mejoraría la cohesión social en:	**Número de municipios**	**Porcentaje**	**Porcentaje total**
Municipio no atrasado	3701	46,52%	76,29%
Municipio atrasado o potencialmente atrasado	2368	29,77%	
Decaería la cohesión social en:	**Número de municipios**	**Porcentaje**	**Porcentaje total**
Municipio no atrasado	1480	18,60%	23,71%
Municipio atrasado o potencialmente atrasado	406	5,10%	

Figura 76: Proporción de municipios según su mejoría o descenso de cohesión social. Fuente: Autor



La Tabla 41 y la Figura 76 muestran que considerando solamente si en un municipio mejoraría o decaería la cohesión social, sin tener en cuenta si este es atrasado, potencialmente atrasado o no atrasado, en tres cuartas partes de los municipios

españoles peninsulares (76,29%) mejoraría la cohesión social. Por el contrario, en una tercera parte de estos (23,71%) decaería.

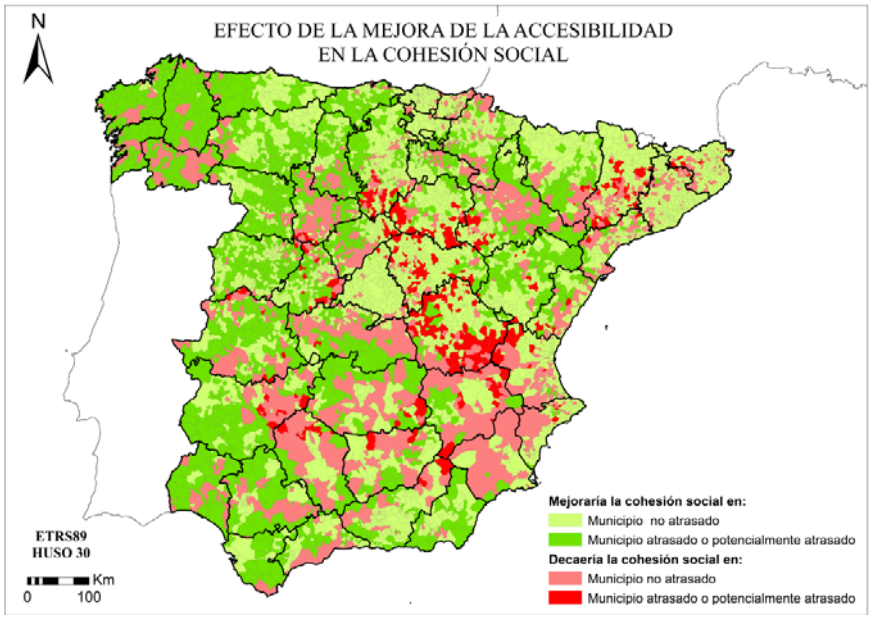
Del mismo modo, si además del grado de desarrollo socioeconómico de cada uno de los municipios, se tiene en cuenta también si mejoraría o decaería la cohesión social por la llegada de las nuevas infraestructuras. El mayor número de municipios (46,52%) de municipios no atrasados donde mejoraría la cohesión social. De ese modo, se evidencia que el mayor impacto que producirán las nuevas infraestructuras ferroviarias de alta velocidad se producirá en municipios evolucionados económicamente que recibirán menos oportunidades desarrollo socioeconómico, producida por el incremento de la accesibilidad de las líneas de alta velocidad ferroviaria, en comparación con los restantes municipios.

La Figura 76 muestra como el 18,60% recibirán mayores oportunidades de desarrollo socioeconómico, produciéndose un efecto negativo de cara a la cohesión social. Como consecuencia, existirá la posibilidad que algunos de estos municipios se conviertan en verdaderos polos de atracción de actividad económica.

Igualmente, en los municipios considerados atrasados, el mayor porcentaje (29,77%) recae en aquellos donde se producirá un efecto positivo para la cohesión social. Así mejoraría la cohesión social en la mayor parte de municipios atrasados, ya que reciben mayores oportunidades de desarrollo por la mejora de la accesibilidad provocada. Aunque es escaso el número de municipios atrasados o potencialmente atrasados, donde decaería la cohesión social (5,10%) es necesario actuar sobre ellos prioritariamente para aumentar su desarrollo socioeconómico después de la implantación de las nuevas infraestructuras. En caso contrario, alguno de estos municipios correrá el riesgo de quedar aislados o en zonas de sombra y no podrán desarrollarse socioeconómicamente.

Al igual que en las variables anteriores, el análisis numérico de la cohesión social no permite identificar geográficamente los municipios para poder analizar la relevancia territorial. Por ese motivo, se expone una representación cartográfica en la que se muestran los resultados a los que este estudio llega, acerca de cómo influye la mejora de la accesibilidad potencial en la cohesión social (Figura 77). Se utilizan los dos tonos del color verde para los municipios donde la mejora de la accesibilidad provocará efectos positivos en la cohesión social y los dos tonos del color rojo para los términos en los que esta mejora de accesibilidad resultará negativa.

Figura 77: Efectos de la mejora de la accesibilidad por la implantación de nuevas líneas AVE. Fuente: Autor



Al contrario de lo que sucedía al clasificar los municipios según su grado de desarrollo socioeconómico (Figura 59), donde en la mitad norte se agrupaban los municipios más desarrollados económicamente y en la mitad sur los de mayores desventajas económicas. La implantación de las futuras infraestructuras AVE no produce en la mejora o empeoramiento de la cohesión social un patrón tan definido.

Se aprecia como los municipios no atrasados cuyo efecto es positivo para la cohesión social, al ser los más numerosos, abarcan la mayor extensión. De hecho, se observa cómo en la Comunidad Autónoma de Madrid se produce una zona definida por el agrupamiento de municipios no atrasados donde mejoraría la cohesión social.

Por otra parte, en aquellos cuyo efecto es negativo se ubican en municipios que ya disponen o acogerán en el futuro una estación del TAV: A Coruña, Santiago de Compostela, Pontevedra, Ferrol, Lugo, Monforte de Lemos, Ourense y Vigo, Santander, San Sebastián, Irún, Huesca, Zaragoza, Segovia, Valladolid, Medina del Campo, Zamora, Cáceres, Talavera de la Reina, Toledo, Alcázar de San Juan, Puertollano, Huelva, Sevilla, Algeciras, Málaga. En algunos de estos municipios se forman extensas zonas formadas por el agrupamiento de diversos municipios no atrasados donde decaería la cohesión social (Valladolid y Zaragoza). Además, dentro de este tipo de municipios en algunos casos se produce un agrupamiento formado por los municipios que se encuentran en los corredores ferroviarios de alta velocidad entre Toledo-Alcázar de San Juan-Albacete-Murcia, Toledo-Alcázar de San Juan-Albacete-Alicante y Toledo-Cuenca-Valencia, este último incluso está formado por municipios atrasados o potencialmente atrasados donde empeoraría la cohesión social.

Respecto a la disposición territorial de los municipios atrasados donde mejoraría la cohesión social, se observa que la mayoría de ellos se encuentran alrededor de los anteriores municipios no atrasados situados en las estaciones de TAV donde no mejoraría la cohesión social. De ese modo, se evidencia que aquellos municipios que no dispondrán de estación, pero si se encuentran cercanos a esos otros, se verán beneficiados de grandes oportunidades para su desarrollo socioeconómico.

Del mismo modo, se observa que los municipios que son atrasados o potencialmente atrasados y que además el efecto de las nuevas infraestructuras ferroviarias es negativo, presentan una posición periférica en el territorio. Como consecuencia, se puede aprovechar su posición para dotarles de mayor accesibilidad y lograr que pasen a ser municipios no atrasados. En caso contrario, estos municipios quedarán aislados, y como consecuencia, empeorará aún más su cohesión social respecto al resto de municipios.

7. CONCLUSIONES

Después de los análisis efectuados en esta Tesis Doctoral, se exponen a lo largo de este capítulo aquellas conclusiones más destacadas al respecto. Estas, responden a las diversas cuestiones de investigación planteadas inicialmente y a los objetivos marcados (apartado 1.3).

En cuanto a la clasificación socioeconómica de los municipios según su atraso estructural (Figura 60) se puede afirmar que el trazado del TAV en España está totalmente vinculado a la organización socioeconómica del espacio peninsular español. De hecho, si bien en 2012 la red ferroviaria de alta velocidad, conecta las áreas con mayor densidad poblacional y más evolucionada económicamente (Figura 41), en 2024 conectará también poblaciones de densidad poblacional y desarrollo económico medio, posiblemente para tratar de mejorar su cohesión social.

Asimismo, si se tiene en cuenta la cantidad de municipios según su grado de desarrollo socioeconómico, existe una gran dualidad entre la mitad de los municipios que aglutinan los mayores niveles de riqueza y el resto que se encuentran en una situación potencial de ser atrasados e incluso aquellos que ya son atrasados. A este respecto, la proporción entre estos dos últimos tipos de municipios es muy parecida. De ese modo, la cuarta parte de los municipios son atrasados económicamente. Por tanto, existe una desigualdad socioeconómica entre la gran concentración de la riqueza en la mitad de los municipios españoles, que contrasta con la otra mitad que sufre menores niveles de desarrollo socioeconómico. Incluso, una cuarta parte del territorio se encuentra estructuralmente atrasado.

Además, el agrupamiento en la mitad norte peninsular de la mayoría de los municipios no atrasados y en la mitad sur de los atrasados o potencialmente atrasados, evidencia la histórica hegemonía económica del norte respecto al sur. No obstante, la implantación de los nuevos corredores ferroviarios de alta velocidad puede acabar con esta hegemonía, siempre y cuando los territorios situados en la mitad sur peninsular sean capaces de aprovechar las oportunidades de dinamismo económico suministradas por estas nuevas infraestructuras ferroviarias de alta velocidad.

Por otra parte, respecto a las deficiencias de accesibilidad observadas para los municipios en 2012 (Figura 61), se puede afirmar que, aunque es escaso, existen municipios que presentan deficiencias de accesibilidad enormes. Por tanto, en el contexto peninsular español existen municipios que se encuentran aislados del resto y, como consecuencia, tendrán importantes problemas para desarrollarse socioeconómicamente.

De la misma forma, el número de municipios que no tienen ninguna deficiencia de accesibilidad también es muy reducido. Por tanto, si se intenta lograr una mayor cohesión social, estos no deberían acoger ninguna mejora de accesibilidad por la implantación de las nuevas infraestructuras. En caso contrario, podría aumentar su desarrollo socioeconómico muy por encima de los restantes municipios y, se transformarían en verdaderos polos de atracción socioeconómica.

El modelo de accesibilidad en 2012 mayoritariamente lo forman municipios con deficiencias de accesibilidad media, siendo escasos los municipios que presentan niveles extremos. En este caso, también existe una enorme dualidad entre aquellos que disponen de deficiencias de accesibilidad significativa o por el contrario, no muy significativa.

Esta dualidad territorialmente se manifiesta entre los municipios situados en la mitad occidental y oriental de la península (Figura 62). Así, en la mitad occidental se localizan

municipios con deficiencias de accesibilidad muy significativa y además son periféricos, y con significativas deficiencias de accesibilidad.

Por el contrario, en la mitad oriental predominan los municipios con no muy significativa deficiencia de accesibilidad, junto a los menos numerosos municipios con ninguna deficiencia de accesibilidad. Ciertamente, en la parte más oriental de la península ibérica española existen tres modelos centro-periferia. Cada uno de ellos, centrados en Madrid, Barcelona y Valencia, cuyos corredores Madrid-Barcelona, Barcelona-Valencia y Valencia-Madrid están formados por municipios con escasas deficiencias de accesibilidad. Este hecho influye notablemente para que la parte más oriental de la península presente menores déficits de accesibilidad.

Madrid es el centro de mayor influencia de los tres, por su posición geográfica central en la península ibérica, que le permite extender en mayor grado su área de influencia por vías de transporte de gran capacidad (autovías o TAV). Este hecho constata la enorme influencia del carácter radial de las infraestructuras de transporte en España centrado en la capital económica y administrativa del país, pues los municipios situados al este de la capital cuentan con una dotación en infraestructuras superior a la mitad oeste y disponen de menores déficits de accesibilidad. De ese modo, se puede establecer que la influencia del carácter radial centralizado en Madrid es enormemente positiva para la parte oriental peninsular, siendo algo más negativa en términos comparativos para la parte más oriental. Incluso, considerando la existencia de Portugal en el oeste que puede ser un foco de atracción para relaciones comerciales y el desarrollo de la Península Ibérica Española.

Precisamente el nivel de accesibilidad de cada municipio se relaciona con su nivel de desarrollo socioeconómico mediante el factor de ponderación. De esta forma, se determina que el conjunto de municipios que poseen valores extremos del factor de ponderación (Figura 63) son los más escasos del conjunto total de municipios, ya que aquellos que disponen de valores intermedios son los más numerosos. Del mismo modo, sucede respecto a los niveles de accesibilidad y de atraso estructural, pues en los conjuntos de valores extremos se acogía también el menor número de municipios. Como consecuencia, los valores de accesibilidad y desarrollo socioeconómico están claramente relacionados. Por tanto, en este caso se establece una clara relación entre el grado de accesibilidad y el nivel de desarrollo socioeconómico de cada municipio.

La distribución peninsular de los municipios según diferentes valores de ponderación (Figura 64) vuelve a poner de manifiesto el contraste entre municipios atrasados situados en la zona periférica peninsular o transfronteriza con Portugal, y los municipios no atrasados situados en la zona centro. De ese modo, se evidencia que en la escasa implantación del AVE en el oeste apenas ha influido en el desarrollo socioeconómico de la región periférica occidental.

A este respecto, la relación entre las deficiencias de accesibilidad y el nivel de atraso estructural de cada municipio (Tabla 37), permite afirmar que el mayor número de municipios se corresponde con aquellos que cuentan con los mayores niveles de accesibilidad y desarrollo socioeconómico. Por tanto, los municipios que cuentan con una situación más privilegiada en términos de accesibilidad y desarrollo socioeconómico, son los más numerosos.

En cada una de las tres clases de municipios según su atraso estructural, se repite la misma tendencia (Figuras 65, 66 y 67): predominan los municipios en las tres categorías de atraso estructural que disponen de significativas y no muy significativas deficiencias de accesibilidad y, por el contrario, existe una escasa proporción de municipios con una muy significativa o ninguna deficiencia de accesibilidad. Así, la proporción de municipios según sus niveles de accesibilidad se mantiene incluso cuando estos pertenecen a diferentes categorías socioeconómicas.

Con la construcción de los nuevos corredores ferroviarios planteados en el PITVI se pretende que gran parte de estos municipios atrasados o potencialmente atrasados pasen a un nivel socioeconómico superior, incrementando su accesibilidad. De ese modo, se cambiaría el modelo de accesibilidad existente y, por tanto, la distribución de municipios según su categoría socioeconómica, logrando una mayor cohesión social en todo el territorio. En el futuro como la distancia entre estaciones del TAV será menor (Figura 42), pretendiendo ampliar la cobertura del servicio a la mayor cantidad de municipios. Como consecuencia, se puede afirmar que la red del TAV inicialmente fue planificada para establecer relaciones directas entre metrópolis distantes (Figura 42), pero posteriormente se transformará en un servicio ferroviario más regional. No obstante, en cuanto a los resultados obtenidos, tras comparar la deficiencia de accesibilidad actual, con las deficiencias de accesibilidad futuras, se comprueba que permanece un modelo centro-periferia, incluso con los mismos centros de influencia que se encuentran en la actualidad: Madrid, Barcelona y Valencia. Del mismo modo, la proporción de municipios según su déficit de accesibilidad, así como su localización geográfica prácticamente no varía. Incluso se mantiene la dualidad entre municipios con nulas y muy significativas deficiencias de accesibilidad y aquellos con no muy significativas y significativas deficiencias. Por tanto, se puede afirmar que, a pesar de la implantación de infraestructuras ferroviarias de gran calidad, estas no modifican el modelo de accesibilidad.

Teniendo en cuenta los niveles de accesibilidad de los municipios según su grado de desarrollo socioeconómico; si se compara el escenario futuro con el escenario presente (Tabla 39), un escaso porcentaje de municipios (2,34%, 0,38%, 3,19% y 0,48%) variarán de categoría. Es entonces cuando se verifica que se mantiene el modelo de accesibilidad, incluso para aquellos municipios clasificados según su atraso estructural.

Si se compara el escenario futuro (Figura 71) con el escenario presente (Figura 62), se determina que el incremento de accesibilidad proveniente de las nuevas líneas del TAV conlleva un grado de mejora significativo únicamente en el centro peninsular (Madrid). Por tanto, se mantiene el modelo centro-periferia de la capital política y administrativa del país.

Para algunas zonas las nuevas dotaciones causarán un impacto negativo (Figura 71), al incrementar las deficiencias de accesibilidad en el norte y oeste, y en el corredor de Castilla León, Castilla La Mancha, Andalucía y el suroeste aragonés, respecto al resto del territorio. Las nuevas infraestructuras, no sólo no cambiarán el modelo de accesibilidad, sino que además en algunas regiones provocarán mayores déficits. Por este motivo, se propone que estas zonas sean dotadas de nuevas infraestructuras para contrarrestar la inaccesibilidad que produce el TAV.

Con todo ello, a partir de los niveles de accesibilidad tanto actuales y futuros; y el nivel de desarrollo socioeconómico, se determina que en las tres cuartas partes (76,29%) de los municipios mejoraría la cohesión social (Tabla 41). Por tanto, se puede afirmar que la construcción la construcción del TAV mejorará notablemente la cohesión social en el territorio. Por el contrario, la cohesión social disminuirá en aproximadamente la cuarta parte del territorio.

Respecto al desarrollo socioeconómico, el impacto es muy dispar. Los porcentajes de municipios donde la cohesión social mejoraría (46,52%, 29,77%) o empeoraría (18,60%, 5,10%) según su grado de desarrollo son muy diferentes (Tabla 41).

De hecho, el mayor impacto se producirá en municipios evolucionados económicamente, ya que recibirán menos oportunidades desarrollo socioeconómico (46,52%), por el incremento de la accesibilidad de las nuevas infraestructuras, en comparación con los restantes municipios. Por este motivo, la planificación de nuevas infraestructuras ha buscado mejorar sobre todo la accesibilidad de aquellos municipios

más retrasados socioeconómicamente, evitando favorecer a los municipios más evolucionados (que se convertirían en polos de atracción económica).

El segundo mayor número de municipios (29,77%) son atrasados o potencialmente atrasados que verán mejoradas sus condiciones socioeconómicas, pudiendo pasar a ser municipios no atrasados en el contexto global peninsular. Además, su disposición territorial (Figura 77) es alrededor de municipios no atrasados donde hay o habrá una estación TAV. Aquellos municipios que no dispondrán de estación, pero se encuentran cercanos a esos otros, se verán beneficiados de grandes oportunidades para su desarrollo socioeconómico. Así se evidencia que, lo importante no es la posición absoluta de un municipio en el contexto nacional, sino su posición relativa respecto a la futura red de transporte de alta velocidad. El TAV actuará como elemento articulador de un conjunto de conexiones espaciales que tiene a la población como su actor y al territorio como el escenario de referencia. En este nuevo territorio, los esquemas de la futura movilidad serán organizados mediante las estaciones ferroviarias que actuarán como focos de atracción para el desarrollo de actividades económicas. Este medio de transporte podrá ejercer un papel fundamental en los patrones de movilidad de la población creando nuevos trayectos óptimos para realizar viajes diarios al trabajo, de aquellos residentes que se encuentran cercanos a una estación del TAV.

No obstante, también habrá un amplio porcentaje de municipios donde decaerá la cohesión social (18,60%) pues, siendo evolucionados económicamente, recibirán mayores oportunidades de desarrollo que el resto de municipios. Destacan los que disponen o dispondrán de estación de TAV pudiendo convertirse en grandes polos de atracción económica. Un ejemplo de ello son Valladolid y Zaragoza (Figura 77), que cuentan con una gran área de influencia. Además, debido a que son municipios con gran dinamismo demográfico y económico, y con claras ventajas geográficas por su ubicación, pudiendo erigirse como dos nuevos centros de influencia en el modelo centro-periferia existente.

Por el contrario, existirá un escaso número de municipios (5,10%) que, siendo atrasados, sufrirán un descenso de su cohesión social. Este grupo de municipios son los más vulnerables en el impacto que producirán las nuevas infraestructuras, pues, si bien ya antes de la implantación de las mismas eran desfavorecidos económicamente pueden perpetuarse en esta situación si no se toman medidas correctoras sobre ellos. Por ese motivo, se debe actuar en los municipios atrasados donde descenderá la cohesión social para evitar el riesgo de que puedan quedar aislados o en zonas de sombra y como consecuencia, no puedan prosperar socioeconómicamente.

La futura implantación de las líneas de AVE contempladas en el PITVI, reduce las diferencias de accesibilidad entre algunos municipios, mientras que en otros provoca el efecto contrario. De ese modo, se generarán espacios preferentes que acogerán mayor actividad económica y como consecuencia, en ellos habrá un mayor crecimiento poblacional. Por consiguiente, el PITVI cumple solo parcialmente su objetivo fundamental en lo referente a la cohesión social, ya que, como se demuestra este estudio, existen municipios en los que la implantación de las nuevas líneas ferroviarias empeorará su situación. De hecho, la interrelación entre la red ferroviaria de alta velocidad y los centros de población, muestra los desequilibrios y las segregaciones espaciales centro-periferia. Este hecho puede provocar en el futuro con la implantación de las nuevas líneas de AVE, la concentración de municipios por un lado y contrariamente, procesos de segmentación de territorios.

Se aprecia (Figura 77) en el centro-sur peninsular cierta predominancia de municipios en donde la implantación de infraestructuras provoca efectos negativos en la cohesión social (sudeste de Extremadura, Castilla La Mancha, Murcia y Alicante). Si se les dotara de mayores infraestructuras viarias y, a su vez, estos aprovecharan las nuevas oportunidades de desarrollo, pasarían a ser municipios no atrasados. En caso contrario,

el TAV probablemente desencadenará o intensificará procesos de polarización socioeconómica a favor de los núcleos conectados por la infraestructura férrea de alta velocidad. Este desarrollo exacerbará las desigualdades sociales y la accesibilidad espacial, profundizando en las rupturas socio-espaciales. No obstante, no hay que olvidar que también existen otros municipios donde la implantación de las infraestructuras resulta muy positiva, aumentando las oportunidades para realizar viajes de forma más rápida y establecer nuevas relaciones espaciales con otros territorios.

Precisamente la disparidad que tiene la implantación de las infraestructuras ferroviarias de alta velocidad sobre la cohesión social (Figura 77), frente a lo que sucedía en la clasificación de los municipios según su grado de desarrollo socioeconómico (Figura 60) (donde la mitad norte de la península acogía a municipios desarrollados económicamente y la mitad sur a los de mayores desventajas económicas), hace que la implantación de nuevas infraestructuras pueda provocar nuevas dinámicas socioeconómicas. Así, se lograría que zonas del sur peninsular fueran más dinámicas económicamente y, como consecuencia, se rompería la histórica hegemonía económica del norte, respecto al sur.

8. PROPUESTAS

La propuesta metodológica presentada en este trabajo puede servir para futuros estudios que además de analizar el transporte ferroviario, aborden también otros modos de transporte como el avión. Asimismo, el hecho de aplicar esta metodología con anterioridad a la ejecución de las infraestructuras, incrementa su capacidad de detectar grandes cambios a priori, su utilidad por parte de los gestores políticos y su aplicación en planes de infraestructuras futuros.

Una vez analizados todos los resultados de la investigación y extraídas las conclusiones más destacadas, se muestran algunas propuestas que ayuden a mejorar la cohesión social en el territorio tras la implantación del TAV. De esta forma, se pretende que las oportunidades de desarrollo ofrecidas por la alta velocidad ferroviaria también lleguen a las zonas más alejadas de las estaciones. En caso contrario, el TAV sólo se materializará en el territorio en puntos concretos, las estaciones y los municipios periféricos a ellas. De hecho, las oportunidades de desarrollo solamente se ceñirán alrededor de los nodos ferroviarios formados por las estaciones y no llegará a regiones más periféricas que podrían aprovechar la nueva accesibilidad ofrecida por la alta velocidad ferroviaria.

Así se propone actuar sobre cuatro de los factores de la accesibilidad alrededor de las estaciones del TAV.

Por un lado, se debe procurar que existan redes de transporte que permitan un acceso adecuado de los residentes en cada uno de los municipios menos desarrollados, a las estaciones del TAV: es conveniente mejorar tanto las carreteras (regionales y locales), cómo los ferrocarriles. Asimismo, hay que mejorar las comunicaciones entre los corredores ferroviarios y los polos de atracción económica (Madrid, Barcelona y Valencia). De ese modo, se rompería en cierta medida con la enorme influencia del carácter radial de las infraestructuras de transporte españolas centradas en Madrid.

Por otro lado, se debe intentar lograr una intermodalidad real y efectiva, entre el nodo que equivale a la estación ferroviaria y los restantes sistemas de transportes. Para ello se propone la creación de espacios seguros para aparcamientos en las estaciones, coordinar los horarios de los trenes convencionales y autobuses interurbanos en intervalos regulares para facilitar su uso e incluso que las estaciones de autobús estén junto a las estaciones del TAV. De esa forma, se generará una red jerárquica de estaciones y polos de intercambio que garantizarán la accesibilidad al territorio. En caso contrario como se demuestra en el estudio realizado, los territorios de menor densidad poblacional y más atrasados económicamente quedarán aislados del resto del territorio y no conseguirían resolver sus deficiencias de accesibilidad a las estaciones del TAV. Éste déficit pone de manifiesto los problemas para poder desarrollarse socioeconómicamente. Por tanto, es necesario actuar de forma prioritaria sobre ellos, pues si ya son atrasados con la llegada de las nuevas infraestructuras aumentará su aislamiento.

En segundo lugar, se evidencia en el trabajo realizado la existencia de diversos modelos centro-periferia y se verifica la enorme influencia de los mayores centros de actividad económica sobre los municipios periféricos. Para aprovechar esta influencia y la conexión mediante TAV, se propone adecuar el servicio ferroviario a la población residente en cada municipio, adecuando el tiempo de viaje, la frecuencia del servicio y las tarifas (que son los tres parámetros claves necesarios para comprender el uso de los servicios del TAV), a las necesidades reales de los usuarios. Por consiguiente, se propone aumentar la frecuencia del servicio y el establecimiento de horarios adecuados que permitan al TAV convertirse en un modo de transporte para que los residentes de

los municipios menos desarrollados viajen a otros más desarrollados y puedan volver a su origen diariamente.

Por otro lado, el objetivo inicial de la alta velocidad ferroviaria era facilitar contactos entre las metrópolis que estaban separadas 500 y 700 km (dos o tres horas de viaje), reduciendo la dependencia del transporte aéreo. Sin embargo, este estudio evidencia como las presiones de las comunidades locales para establecer estaciones en ciudades más pequeñas sobre distancias más cortas, abrió nuevas perspectivas materializadas en la menor distancia entre estaciones planificas para su construcción en 2024 que las ya ejecutadas en 2012. Por este motivo, se propone una regionalización del servicio ferroviario de alta velocidad, explotando los trenes regionales con alta velocidad, incrementando los usuarios regionales y tratando de romper la imagen de larga distancia del modelo inicial asociado con la alta velocidad ferroviaria.

En tercer lugar, los territorios menos desarrollados y más aislados de los corredores ferroviarios, dispondrán de menos oportunidades de desarrollo. Como consecuencia, se propone que sobre estos municipios se lleven a cabo acciones para dinamizar el territorio que no dependan del TAV.

En cuarto lugar, el TAV es percibido como un potente instrumento para el desarrollo económico local y regional. Sin embargo, solamente es un medio de transporte capaz de revolucionar la accesibilidad. Como tal, solamente tiene repercusiones en las actividades que son sensibles al aumento de esa accesibilidad. Por tanto, esta infraestructura no trae automáticamente por si misma efectos de desarrollo, si no que se debe realizar una política de dinamización local y regional, que se ajuste a los procesos socioeconómicos y culturales derivados de la infraestructura.

A este respecto, estas medidas de acompañamiento son cruciales, pues a pesar de que la nueva infraestructura amplía los mercados, tiene dificultades para atraer actividades que no estén vinculadas a la movilidad. Por este motivo, las políticas y estrategias que se desarrollen son esenciales en las ciudades de tamaño pequeño y mediano en espacios rurales intermedios entre estaciones, que como se ha cuantificado en este estudio son numerosos. De ese modo se logrará el aprovechamiento de las sinergias de los modos de transporte rápido que se materializará en el crecimiento de los centros urbanos. De hecho, el acompañamiento con medidas de dinamización puede contribuir a la ampliación del mercado laboral por el aumento de la movilidad y por la conexión con espacios territoriales más amplios.

9. BIBLIOGRAFÍA

Aglietta, M., 2000. A theory of capitalist regulation: the US experience. Verso.

Aguilera, M., Borderías, P., González, P., Santos, J., 2005. Cambios en las ciudades de la línea Madrid–Sevilla desde su implantación. Cuadernos Geográficos, 36, 527-547.

Agyemang-Duah, K., Hall, F.L., 1997. Spatial transferability of an ordered response model of trip generation. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 31(5), 389-402.

Albalate, D., Bel, G., 2012. The economics and politics of high-speed rail: lessons from experiences abroad. Lexington Books.

Allen, W.B., Liu, D., Singer, S., 1993. Accesibility measures of US metropolitan areas. *Transportation Research Part B: Methodological*, 27(6), 439-449.

Allen, W.G., Perincherry, V., 1996. Two-stage vehicle availability model. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1556(1), 16-21.

Amin, A., Robins, K., 1990. The re-emergence of regional economies? The mythical geography of flexible accumulation. *Environment and Planning D: Society and Space*, 8(1), 7-34.

Andersson, Å., 1986. The four logistical revolutions. *Regional Science*, 59(1), 1-12.

Arendt, H., 2013. The human condition. University of Chicago Press.

Aschauer, D.A., 1989. Infrastructure enhances national competitiveness. *Constructor*, 71(11).

Atkins, 2010. High Speed Rail, In: Atkins, W. (Ed.). WS Atkins, London, p. 10.

Auphan, E., 2002. Le TGV Méditerranée: un pas décisif dans l'évolution du modèle français à grande vitesse. *Méditerranée*, 98(1-2), 19-26.

Auphan, E., 2006. Reflexions sur la pertinence du concept d'intermodalité dans le transport de personnes. *Tst: Transportes, Servicios y Telecomunicaciones*, 10, 208-217.

Aznar, F.C., 1989. Técnicas de investigación social: los indicadores sociales y psicosociales: teoría y práctica. Promociones y Publicaciones Universitarias, PPU.

Banister, D., 2008. The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73-80.

Banister, D., Berechman, J., 2000. Transport investment and economic development. Psychology Press.

Banister, D., Berechman, J., 2001. Transport investment and the promotion of economic growth. *Journal of Transport Geography*, 9(3), 209-218.

Banister, D., Thurstain-Goodwin, M., 2011. Quantification of the non-transport benefits resulting from rail investment. *Journal of Transport Geography*, 19(2), 212-223.

Baradaran, S., Ramjerdi, F., 2001. Performance of accessibility measures in Europe. *Journal of Transportation and Statistics*, 4(2/3), 31-48.

Barcet, A., Bonamy, J., Mayere, A., 1984. Les services aux entreprises: problémes théoriques et méthodologiques. *Recherches Économiques et Sociales*, 9, 32.

Bauer, R.A., 1966. Social indicators and sample surveys. *Public Opinion Quarterly*, 30(3), 339-352.

Bauman, Z., 2000. Liquid Modernity 2000. Polity, Cambridge.

Baxter, M., 1982. Similarities in methods of estimating spatial interaction models. *Geographical Analysis*, 14(3), 267-272.

Bell, D., 1980. The social framework of information society. *The Microelectronics Revolution*, 545.

Bell, M.E., 1997. Macroeconomic analysis of the linkages between transportation investments and economic performance. Transportation Research Board.

Bellet, C., 2013. Transporte y desarrollo territorial. El estudio de los efectos asociados a la implantación del alta velocidad ferroviaria a través del caso español. *Transporte y Territorio*, 8, 117-137.

Bellet, C., Casellas, A., Logroño, M., 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*, 52, 143-163.

Ben-Akiva, M., Lerman, S.R., 1979. Disaggregate travel and mobility choice models and measures of accessibility. *Behavioural Travel Modelling*, 654-679.

Berger-Schmitt, R., 2000. Social cohesion as an aspect of the quality of societies: concept and measurement. ZUMA.

Bertolini, L., le Clercq, F., Kapoen, L., 2005. Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. *Transport Policy*, 12(3), 207-220.

Bhat, C., Carini, J., Misra, R., 1999. Modeling the Generation and Organization of Household Activity Stops. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1676(1), 153-161.

Bhat, C., Handy, S., Kockelman, K., Mahmassani, H., Gopal, A., Srour, I., Weston, L., 2002. Development of an urban accessibility index: formulations, aggregation, and application. *Work*, 4938(4).

Bhat, C.R., Handy, S., Kockelman, K.M., Mahmassani, H.S., Chen, Q., Weston, L., 2000. Accessibility Measures: Formulation Considerations and Current Applications, In: 7-4938-2, R. (Ed.). Texas Department of Transportation, Texas.

Biehl, D., 1986. The contribution of infrastructure to regional development: final report. European Communities.

Biggiero, L., 2006. Industrial and knowledge relocation strategies under the challenges of globalization and digitalization: the move of small and medium enterprises among territorial systems. *Entrepreneurship and Regional Development*, 18(6), 443-471.

Black, J., Kuranami, C., Rimmer, P., 1982. Macroaccessibility and mesoaccessibility: a case study of Sapporo, Japan. *Environment and Planning A*, 14(10), 1355-1376.

Blainey, S.P., Preston, J.M., 2010. Modelling local rail demand in South Wales. *Transportation Planning and Technology*, 33(1), 55-73.

Blum, U., Haynes, K.E., Karlsson, C., 1997. Introduction to the special issue The regional and urban effects of high-speed trains. *The Annals of Regional Science*, 31(1), 1-20.

Bonnafous, A., 1987. The regional impact of the TGV. *Transportation*, 14(2), 127-137.

Borzacchiello, M.T., Nijkamp, P., Koomen, E., 2010. Accessibility and urban development: a grid-based comparative statistical analysis of Dutch cities. *Environment and Planning. B, Planning & Design*, 37(1), 148.

Bosque, J., 1992. Geografía y geógrafos en la España contemporánea. Universidad de Granada.

Bourdieu, P., 1986. The Form of capital. Handbook of theory and research for the sociology of education. JG Richardson. New York, Greenwood Press.

Box,G.E.P., Cox, D.R., 1964. An Analysis of Transformations. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B(Methodologycal),* 26(2), 211-252.

Boyer, R., Mistral, J., 1983. Accumulation, Inflation, Crises. Presses Universitaires de France: Paris.

Breheny, M.J., 1978. The measurement of spatial opportunity in strategic planning. *Regional Studies*, 12(4), 463-479.

Brocard, M., 2009. Transport et Territoires. Enjeux et Débats. Ellipses: Paris.

Bröcker, J., Capello, R., Lundqvist, L., Meyer, J., Rouwendal, J., Schneekloth, N., Spairani, A., Spangenberg, M., Spiekermann, K., Van Vuuren, D., 2004. Final Report of Action 2.1. 1. of the European Spatial Planning Observatory Network (ESPON) 2000-2006. Christian-Albreschts-Universität Kiel, Kiel.

Bröcker, J., Korzhenevych, A., Schürmann, C., 2010. Assessing spatial equity and efficiency impacts of transport infrastructure projects. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(7), 795-811.

Bruinsma, F., Rietveld, P., 1998. The accessibility of European cities: theoretical framework and comparison of approaches. *Environment and Planning A*, 30(3), 499-521.

Brunello, L.R., 2011. Investigation to enhance High Speed Rail Accessibility, School of Urban Development. University of Technology, Queensland, p. 264.

Brunello, L.R., Bunker, J.M., Ferreira, L., 2008. Continuous railway systems: an innovative Approach to improve high speed rail sustainability.

Brunton, P., Richardson, A., 1998. A Cautionary Note on Zonal Aggregation and Accessibility, 77th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.

Buehler, R., Pucher, J., Kunert, U., 2009. Making transportation sustainable: insights from Germany. Metropolitan Policy Program at Brookings Washington DC.

Burns, L.D., 1979. Transportation, Temporal and Spatial Components of Accessibility. LexingtonBooks: Toronto.

Burckhart, K., Martí, J., 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. *Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 12, 42.

Burns, L.D., Golob, T.F., 1976. The role of accessibility in basic transportation choice behavior. *Transportation*, 5(2), 175-198.

Burton, I., 1987. Report on Reports: Our Common Future: The World Commission on Environment and Development. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 29(5), 25-29.

Byrne, D., 2005. Social exclusion. McGraw-Hill International.

Calvo, J., 1998. Las llegadas del ferrocarril y ferrocarril de alta velocidad a las ciudades. *OP, Monográfico Ferrocarril y Ciudad*, 45, 14-21.

Campos, J., 2009. La financiación de la alta velocidad ferroviaria en España desde la perspectiva del análisis económico, Paradojas de la alta velocidad. Evaluacion Económica de Proyectos de Transporte, Córdoba, p. 22.

Campos, J., de Rus, G., Barron, I., 2007. A review of HSR experiences around the world.

Cao, J., Liu, X.C., Wang, Y., Li, Q., 2013. Accessibility impacts of China's high-speed rail network. *Journal of Transport Geography*, 28, 12-21.

Capel, H., 2007. Ferrocarril, territorio y ciudades. *Biblio 3w: Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 12.

Capello, R., Gillespie, A., 1993. Transport, communications and spatial organisation: future trends and conceptual frameworks. G. Giannopoulos y A. Gillespie edits. Transport and communications innovations in Europe. Belhaven Press, Londres, 24-56.

Carmona, J., 1977. Los indicadores sociales hoy. CIS, col. Monografías. Madrid.
Carpiano, R.M., 2006. Toward a neighborhood resource-based theory of social capital for health: Can Bourdieu and sociology help? *Social Science & Medicine*, 62(1), 165-175.
Carpiano, R.M., 2007. Neighborhood social capital and adult health: an empirical test of a Bourdieu-based model. *Health & Place*, 13(3), 639-655.

Carrothers, G.A.P., 1956. An Historial Review of the Gravity and Potential Concepts of the Human Interaction. *Journal of the American Institute of Planners*, 3(8).

Castells, M., 1995. La ciudad informacional: tecnologías de la información, reestructuración económica y el proceso urbano-regional, Alianza Editorial, Madrid, 504 p. Introducción y Capítulo 1.

Cervero, R., 2006. Alternative approaches to modeling the travel-demand impacts of smart growth. *Journal of the American Planning Association*, 72(3), 285-295.

Cervero, R., Rood, T., Appleyard, B., 1999. Tracking accessibility: employment and housing opportunities in the San Francisco Bay Area. *Environment and Planning A*, 31(7), 1259-1278.

Clark, W.A., Onaka, J.L., 1985. An empirical test of a joint model of residential mobility and housing choice. *Environment and Planning A*, 17(7), 915-930.

Cliff, A., Martin, R.L., Ord, J., 1974. Evaluating the friction of distance parameter in gravity models. *Regional Studies: The Journal of the Regional Studies Association*, 8(3-4), 281-286.

Codorniu, J.M., 2009. La «tercera vía de financiación»: la contribución económica del usuario. *Presupuesto y Gasto Público*, 56(127-143).

Coffey, W.J., Bailly, A.S., 1992. Producer services and systems of flexible production. *Urban Studies*, 29(6), 857-868.

Cohen, G.A., 1990. Equality of what? On welfare, goods and capabilities. *Recherches Économiques de Louvain/Louvain Economic Review*, 357-382.

Cohen, J., Kamga, C., 2013. Financing high speed rail in the United States and France: The evolution of public-private partnerships. *Research in Transportation Business & Management*, 6, 62-70.

Combes, P., Mayer, T., Thisse, J., 2008. Economic geography: The integration of regions and nations. Princeton University Press.

Comisión Europea, 1999. ESDP European Spatial Development Perspective, In: Development, C.o.S. (Ed.). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Comisión Europea 2004. A new partnership for cohesion: convergence competitiveness cooperation. Third report on economic and social cohesion.

Commisión Europea 2006. Community Strategic Guidelines on Cohesion. Second report on economic and social cohesion 2006/702/EC.

Comisión Europea 2008. Libro Verde sobre la cohesión territorial. Convertir la diversidad territorial en un punto fuerte.

Cook, I.R., Swygedouw, E. 2012. Cities, social cohesion and the environment: towards a future research agenda. *Urban Studies,* 49(9), 1959-1979.

Condeço-Melhorado, A., Gutiérrez, J., García-Palomares, J.C., 2011. Spatial impacts of road pricing: Accessibility, regional spillovers and territorial cohesion. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(3), 185-203.

Condeço-Melhorado, A., Gutiérrez, J., López, E., Monzón, A., 2010. El valor añadido europeo de los proyectos transnacionales (TEN-T): una propuesta metodológica basada en los efectos de desbordamiento, accesibilidad y SIG, La información geográfica al

servicio de los ciudadanos [Recurso electrónico]: de lo global a lo local. Secretariado de Publicaciones, pp. 420-438.

Consejo Económico y Social, 2012. Servicios sociales y cohesión Social, En: Centro de Documentación, (Ed.). Consejo Económico y Social, Madrid, pp. 1189-1206.

Crafts, N., Leunig, T., 2006. The historical significance of transport for economic growth and productivity. Evidence submission to the Eddington Transport Study, Department for Transport, 20.

Curry, L., 1972. A spatial analysis of gravity flows. *Regional Studies*, 6(2), 131-147.

Curry, L., Griffith, D.A., Sheppard, E.S., 1975. Those gravity parameters again. *Regional Studies*, 9(3), 289-296.

Curtis, C., Scheurer, J., 2010. Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making. *Progress in Planning*, 74(2), 53-106.

Curtis, C., Scheurer, J., 2012. Benchmarking public transport accessibility in Australasian cities, Australasian Transport Research Forum (ATRF), 35th, 2012, Perth, Western Australia, Australia.

Chapman, K., 1979. People, pattern and process: an introduction to human geography. Edward Arnold.

Chen, C.L., 2012. Reshaping Chinese space-economy through high-speed trains: opportunities and challenges. *Journal of Transport Geography*, 22, 312-316.

Chen, X.J., Zhang, M., 2010. High-speed rail project development processes in the United States and China. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board,* 2159(1), 9-17.

Cheng, J., Bertolini, L., 2013. Measuring urban job accessibility with distance decay, competition and diversity. *Journal of Transport Geography*, 30, 100-109.

Chinitz, B., 1961. Contrasts in agglomeration: New york and pittsburgh. *The American Economic Review*, 279-289.

Dahrendorf, R., 1995. Report on wealth creation and social cohesion in a free society. Commission on Wealth Creation & Social Cohesion London.

Dalvi, M.Q., Martin, K., 1976. The measurement of accessibility: some preliminary results. *Transportation*, 5(1), 17-42.

Daly, A., 1982. Estimating choice models containing attraction variables. *Transportation Research Part B: Methodological*, 16(1), 5-15.

Dall'erba, S., Le Gallo, J., 2008. Regional convergence and the impact of European structural funds over 1989–1999: A spatial econometric analysis. *Papers in Regional Science*, 87(2), 219-244.

Daniels, P.W., 1985. The geography of services. *Progress in Physical Geography*, 9(3), 443-451.

Daniels, P.W., 1993. The Geography of Services. London. Fran Cass.

Daniels, P.W., 2002. Services and metropolitan development: international perspectives. Routledge.

Davidson, K.B., 1977. Accessibility in transport/land-use modelling and assessment. *Environment and Planning A*, 9(12), 1401-1416.

Davidson, K.B., Davidson, P., 1995. Accessibility and isolation in transport network evaluation, 7th World Conference on Transport Research, pp. 8-10.

De Rus, G., 2008. The economic effects of high speed rail investment.

De Rus, G., Inglada, V., 1993. Análisis coste-beneficio del tren de alta velocidad en España. *Revista de Economía Aplicada*, 1(3), 27-48.

De Rus, G., Román, C., 2006. Análisis económico de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona. *Revista de Economía Aplicada*, 42, 35-79.

De Rus, G., 2012. Economic analysis of high speed rail in Europe. Fundacion BBVA.

De Swaan, A., 1998. A political sociology of the world language system (1): The dynamics of language spread. *Language Problems & Language Planning*, 22(1), 63-75.

Dixon, J.A., Scura, L.F., Carpenter, R.A., Sherman, P.B., de Desarrollo, B.A., Mundial, B., 1994. Análisis económico de impactos ambientales. Banco Asiático de Desarrollo.

Dollfus, O., 1995. Mondialisation, compétitivités, territoires et marché mondiaux. *Espace Géographique*, 24(3), 270-280.

Domínguez, A., Díaz y Pérez De Lastra, J.M., 2007. Las infraestructuras terrestres: instrumento para la integración de las áreas periféricas en el resto del territorio, En: Asociación de Ingeniero de Caminos, C.y.P. (Ed.), V Congreso Nacional de la Ingeniería Civil. Colegio de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Sevilla.

Dukes, T., Musterd, S., 2012. Towards social cohesion: bridging national integration rhetoric and local practice: the case of the Netherlands. *Urban Studies*, 49(9), 1981-1997.

Dupuy, G., Stransky, V., 1996. Cities and highway networks in Europe. *Journal of Transport Geography*, 4(2), 107-121.

Duranton, G., Puga, D., 2005. From sectoral to functional urban specialisation. *Journal of urban Economics*, 57(2), 343-370.

Dworkin, R., 1981a. What is equality? Part 1: Equality of welfare. Philosophy and Pubic Affairs 10, 185-246.

Dworkin, R., 1981b. What is equality? Part 2: Equality of resources. Philosophy and Public Affairs 10, 283-345.

Eizaguirre, S., Pradel, M., Terrones, A., Martinez-Celorrio, X., García, M., 2012. Multilevel governance and social cohesion: Bringing back conflict in citizenship practices. *Urban Studies*, 49(9), 1999-2016.

Escolano, S., 2012. Territory and High-Speed Rail: A Conceptual Framework. In: de Ureña, J.M. (Ed.). Territorial Implications of High Speed Rail: A Spanish Perspective. Ashgate Publising Company: Farnham (England), pp. 33-54.

Euler, L., 1741. Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis. *Commentarii academiae scientiarum Petropolitanae*, 8, 128-140.

Fainstein, S.S., 2001. Competitiveness, cohesion, and governance: their implications for social justice. *International Journal of Urban and Regional Research*, 25(4), 884-888.

Faust, M., Voskamp, U., Wittke, V., 2004. European industrial restructuring in a global economy: fragmentation and relocation of value chains. SOFI Goettingen.

Fernández, A., Pedregal, B., Rodríguez, J.C., Pita, M.F., Zoido, F. 2009. El concepto de cohesión territorial. Escalas de aplicación, sistemas de medición y políticas derivadas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles,* 50, 157-172

Fitzpatrick, K., LaGory, M., 2004. Unhealthy places: The ecology of risk in the urban landscape. Routledge.

Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M.K., Buhl, S.L., 2003. How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 23(1), 71-88.

Forrest, R., Kearns, A., 2001. Social cohesion, social capital and the neighbourhood. *Urban Studies*, 38(12), 2125-2143.

Forslund, U.M., Johansson, B., 1995. Assessing road investments: accessibility changes, cost benefit and production effects. *The Annals of Regional Science*, 29(2), 155-174.

Fotheringham, A.S., 1983. A new set of spatial-interaction models: the theory of competing destinations. *Environment and Planning A*, 15(1), 15-36.

Fotheringham, A.S., O'Kelly, M.E., 1989. Spatial interaction models: formulations and applications. Kluwer Academic Dordrecht.

Fotheringham, A.S., Pitts, T.C., 1995. Directional variation in distance decay. *Environment and Planning A*, 27(5), 715-729.

Fotheringham, A.S., Webber, M.J., 1980. Spatial structure and the parameters of spatial interaction models. *Geographical Analysis*, 12(1), 33-46.

Frank, A.I., Mironowicz, I., Lourenço, J., Franchini, T., Ache, P., Finka, M., Scholl, B., Grams, A., 2014. Educating planners in Europe: A review of 21st century study programmes. *Progress in Planning*, 91, 30-94.

Fröidh, O., 2003. Introduction of regional high speed trains: A study of the effects of the Svealand line on the travel market, travel behaviour and accessibility.

Fujita, M., Thisse, J.-F., 2013. Economics of Agglomeration: Cities, Industrial Location, and Globalization. Cambridge university press.

Garmendia, M., Ureña, J.M., Coronado, J.M., 2011. Cambios en la estructura territorial debidos a nuevas conexiones de alta velocidad en territorios aislados: la provincia de Ciudad Real en España. *EURE (Santiago)*, 37(110), 89-115.

Garmendia, M., de Ureña, J.M., Ribalaygua, C., Leal, J., Coronado, J.M., 2008. Urban residential development in isolated small cities that are partially integrated in metropolitan areas by high speed train. *European Urban and Regional Studies*, 15(3), 249-264.

Garmendia, M., Ureña, J.M., Coronado, J., 2011. Long-distance trips in a sparsely populated region: The impact of high-speed infrastructures. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 537-551.

Garmendia, M., Ureña, J.M., 2007. Difusión del transporte de alta velocidad en el territorio: la alta velocidad ferroviaria, Competitividad, cohesión y desarrollo regional sostenible: XXXIII Reunión de Estudios Regionales, León 15 y 16 de noviembre de 2007. Asociación Española de Ciencia Regional, p. 89.

Geertman, S.C., Ritsem, J.R., 1995. GIS and models of accessibility potential: an application in planning. *International Journal of Geographical Information Systems*, 9(1), 67-80.

Geppert, K., Stephan, A., 2008. Regional disparities in the European Union: Convergence and agglomeration. *Papers in Regional Science*, 87(2), 193-217.

Gershuny, J.I., Miles, I.D., Serratacó, R., 1988. La nueva economía de servicios: la transformación del empleo en las sociedades industriales. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Centro de Publicaciones.

Geurs, K., Kevin, J., Reggiani, A., 2012. Accessibility analysis and transport planning: an introduction. In: Reggiani, A. (Ed.). Accessibility Analysis and Transport Planning. Challenges for Europe and North America. Nectar: Cheltenham UK-Northampton USA, pp. 15-36.

Geurs, K., Van Eck, J.R., 2001. Accessibility measures: review and applications. National Institute of Public Health and the Environment.

Geurs, K.T., Boon, W., Van Wee, B., 2009. Social impacts of transport: literature review and the state of the practice of transport appraisal in the Netherlands and the United Kingdom. *Transport Reviews*, 29(1), 69-90.

Geurs, K.T., Van Wee, B., 2004. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127-140.

Giannopoulos, G., Boulougaris, G., 1989. Definition of accessibility for railway stations and its impact on railway passenger demand. *Transportation Planning and Technology*, 13(2), 111-120.

Givoni, M., 2006. Development and Impact of the Modern High-speed Train: A Review. *Transport Reviews*, 26(5), 593-611.

Gleave, S.D., 2004. High Speed Rail: International Comparisons: Final Report. Commission for Integrated Transport.

Gordon, C.E., 2010. Density and LRT: The Case of Canberra, Australia, Transportation Research Board 89th Annual Meeting.

Gould, P.R., 1969. Spatial Diffusion, Resource Paper No. 4.

Gourvish, T., 2010. The high speed rail revolution: history and prospects. HS2 Ltd., London.

Graham, D.J., 2007. Agglomeration, productivity and transport investment. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, 41(3), 317-343.

Gramlich, E.M., 1994. Infrastructure investment: a review essay. *Journal of Economic Literature*, 1176-1196.

Greengauge 21., 2009. Fast Forward. A High-Speed Rail Strategy for Britain. Greenguage 21, London.

Grootaert, C., 1998. Social Capital: The Missing Link. El Banco Mundial: Social Capital Initiative. Working Paper.

Gutiérrez, J., 2001. Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid–Barcelona–French border. *Journal of Transport Geography*, 9(4), 229-242.

Gutierrez, J., 2004. El tren de alta velocidad y sus efectos espaciales. *Investigaciones Regionales*, 5, 199-224.

Gutiérrez, J., Condeço-Melhorado, A., Martín, J.C., 2010. Using accessibility indicators and GIS to assess spatial spillovers of transport infrastructure investment. *Journal of Transport Geography*, 18(1), 141-152.

Gutiérrez, J., García, J.C., López, E., 2006. Análisis de los efectos de las infraestructuras de transporte sobre la accesibilidad y la cohesión regional. *Estudio de Construcción y Transportes*, 105, 25.

Gutiérrez, J., Gonzalez, R., Gomez, G., 1996. The European high-speed train network: predicted effects on accessibility patterns. *Journal of Transport Geography*, 4(4), 227-238.

Gutiérrez, J., Monzon, A., Piñero, J., 1998. Accessibility, network efficiency, and transport infrastructure planning. *Environment and Planning A*, 30(8), 1337-1350.

Gutiérrez, J., Urbano, P., 1996. Accessibility in the European Union: the impact of the trans-European road network. *Journal of Transport Geography*, 4(1), 15-25.

Gutiérrez, J., 1998. Redes, espacio y tiempo, Anales de Geografía de la Universidad Complutense, p. 65.

Guy, C.M., 1977. A method of examining and evaluating the impact of major retail developments upon existing shops and their users. *Environment and Planning A*, 9(5), 491-504.

Hägerstraand, T., 1970. What about people in regional science? *Papers in Regional Science*, 24(1), 7-24.

Haggett, P., 1972. Geography: a modern synthesis. Ardent Media.

Halbert, L., 2005. Les métropoles, moteurs de la dématérialisation du système productif urbain français: une lecture sectorielle et fonctionnelle (1982 à 1999). *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 82(3), 277-299.

Hall, P., 2009. Magic carpets and seamless webs: opportunities and constraints for high-speed trains in Europe. *Built Environment*, 35(1), 59-69.

Hall, R.W., 1983. Travel outcome and performance: the effect of uncertainty on accessibility. *Transportation Research Part B: Methodological*, 17(4), 275-290.

Handy, S.L., 1992. Regional versus local accessibility: variations in suburban form and the effects on non-work travel. University of California Transportation Center.

Handy, S.L., Niemeier, D.A., 1997. Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning A*, 29(7), 1175-1194.

Hansen, W.G., 1959. How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2), 73-76.

Hanson, S., Schwab, M., 1987. Accessibility and intraurban travel. *Environment and Planning A*, 19(6), 735-748.

Harman, D., 2006. Free radical theory of aging: an update. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1067(1), 10-21.

Harvey, D., 1987. Flexible accumulation through urbanization: reflections on 'post-modernism'in the American city. *Antipode*, 19(3), 260-286.

Harvey, D., 1989. From managerialism to entrepreneurialism: the transformation in urban governance in late capitalism. *Geografiska Annaler. Series B Human Geography*, 3-17.

Heij, C., Nijkamp, P., Rienstra, S.A., Rothenberger, D., 1997. Assessing scenarios on European transport policies by means of multicriteria analysis. Tinbergen Institute Discussion Paper.

Hensher, D.A., 1997. A practical approach to identifying the market potential for high speed rail: a case study in the Sydney-Canberra corridor. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 31(6), 431-446.

Hey, C., Nijkamp, P., Rienstra, S.A., Rothenberger., D. (1997). Assessing Scenarios on European Transport Policies.(No. 97-086/3). Tinbergen Institute Discussion Paper.

Heynen, N.C., Kaika, M., Swyngedouw, E., 2006. In the nature of cities: urban political ecology and the politics of urban metabolism. Taylor & Francis.

Hilbers, H., Verroen, E., 1993. Het beoordelen van de bereikbaarheid van lokaties. The evaluation of the accessibility of locations, 1993-1909.

Hillier, B., Hanson, J., 1984. The social logic of space. Cambridge university press.

Hine, J., 2002. A comment onThe limitations of transport policy'. *Transport Reviews*, 22(4), 499-511.

Hine, J., Grieco, M., 2003. Scatters and clusters in time and space: implications for delivering integrated and inclusive transport. *Transport Policy*, 10(4), 299-306.

Hirschman, A.O., 1958. The strategy of economic development. Yale University Press New Haven.

Horowitz, J., 1980. A utility maximizing model of the demand for multi-destination non-work travel. *Transportation Research Part B: Methodological*, 14(4), 369-386.

Hudson, R., 1997. Regional futures: industrial restructuring, new high volume production concepts and spatial development strategies in the new Europe. *Regional Studies*, 31(5), 467-478.

Illeris, S., 1989. Services and regions in Europe. Ashgate.

Ingram, D.R., 1971. The concept of accessibility: a search for an operational form. *Regional Studies*, 5(2), 101-107.

Innis, H., 1950. Empire and Communications. Clarendon: Oxford.

Janelle, D.G., 1991. Global interdependence and its consequences. Collapsing Space and Time: Geographic Aspects of Communication and Information. London, 49-81.

Jara-Diaz, S.R., 1986. On the relation between users' benefitis and the economic effects of transportation activities. *Journal of Regional Science*, 26(2), 379-391.

Jenson, J., famille, R.c.d.r.e.p.p.R.d.l., 1998. Mapping social cohesion: The state of Canadian research. Family Network, CPRN.

Johnston, R.A., De La Barra, T., 2000. Comprehensive regional modeling for long-range planning: linking integrated urban models and geographic information systems. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 34(2), 125-136.

Joseph, A.E., Bantock, P.R., 1982. Measuring potential physical accessibility to general practitioners in rural areas: a method and case study. *Social Science & Medicine*, 16(1), 85-90.

Kasarda, J.D., Janowitz, M., 1974. Community attachment in mass society. *American Sociological Review*, 328-339.

Kirby, H.R., 1976. Accessibility indices for abstract road networks. *Regional Studies*, 10(4), 479-482.

Kitamura, R., Kermanshah, M., 1984. Sequential model of interdependent activity and destination choices.

Kiyoshi, K., Makoto, O., 1997. The growth of city systems with high-speed railway systems. *The Annals of Regional Science*, 31(1), 39-56.

Klein, O., 1992. Les espaces de la grande vitesse. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, 25, 117-128.

Klein, O., 1998. Le TGV-Atlantique et les évolutions de la mobilité: entre crise et concurrence. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, 32, pp. 57-83.

Knowles, R.D., 2006. Transport shaping space: differential collapse in time–space. *Journal of Transport Geography*, 14(6), 407-425.

Knox, P.L., 1978. The intraurban ecology of primary medical care: patterns of accessibility and their policy implications. *Environment and Planning A*, 10(4), 415-435.

Kockelman, K.M., 1997. Travel behavior as function of accessibility, land use mixing, and land use balance: evidence from San Francisco Bay Area. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1607(1), 116-125.

Koenig, J.G., 1980. Indicators of urban accessibility: theory and application. *Transportation*, 9(2), 145-172.

Krugman, P.R., 1991. Geography and trade. MIT press.

Kwan, M.P., 1998. Space-time and integral measures of individual accessibility: a comparative analysis using a point-based framework. *Geographical Analysis*, 30(3), 191-216.

Lambregts, B., Kloosterman, R., Van der Werff, M., Röling, R., Kapoen, L., Hall, P., Pain, K., 2006. Randstad Holland: Multiple faces of a polycentric role model. *The polycentric metropolis. Learning from Mega-City regions in Europe*, 137-145.

Lane, B.W., 2012. On the utility and challenges of high-speed rail in the United States. *Journal of Transport Geography*, 22, 282-284.

Leake, G., Huzayyin, A., 1980. Importance of accessibility measures in trip production models. *Transportation Planning and Technology*, 6(1), 9-20.

Lee, M.-S., Goulias, K.G., 1997. Accessibility indicators for transportation planning using GIS. Transportation Research Board.

Levinson, D.M., 1998. Accessibility and the journey to work. *Journal of Transport Geography*, 6(1), 11-21.

Levinson, D.M., 2012. Accessibility impacts of high-speed rail. *Journal of Transport Geography*, 22, 288-291.

Levinson, D.M., Kumar, A., 1994. The rational locator: why travel times have remained stable. *Journal of the American Planning Association*, 60(3), 319-332.

Linneker, B.J., Spence, N.A., 1992. Accessibility measures compared in an analysis of the impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain. *Environment and Planning A*, 24(8), 1137-1154.

Lipietz, A., 1986. New tendencies in the international division of labor: regimes of accumulation and modes of regulation. *Production, Work, Territory: the Geographical Anatomy of Industrial Capitalism*, 16-40.

Litman, T., 2003. Transportation cost and benefit analysis: techniques, estimates and implications.

Lo, L., 1991. Spatial structure and spatial interaction: a simulation approach. *Environment and Planning A*, 23(9), 1279-1300.

López, E., Gutiérrez, J., Gómez, G., 2008. Measuring regional cohesion effects of large-scale transport infrastructure investments: an accessibility approach. *European Planning Studies* 16(2), 277-301.

López, E., Monzón, A., 2010. Integration of Sustainability Issues in Strategic Transportation Planning: A Multi-criteria Model for the Assessment of Transport Infrastructure Plans. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 25(6), 440-451.

López, E., 2007. Assessment of transport infrastructure plans: a strategic approach integrating efficiency, cohesion and environmental aspects. Caminos.

Lucas, K., 2011. Transport and social exclusion. Where are we now?.

Lykogianni, R., 2008. Tracing multicultural cities from the perspective of women's everyday lives. *European Urban and Regional Studies*, 15(2), 133-143.

Lynch, T., 2002. Florida High Speed Ground Transportation Economic Benefit and Cost Impact Restudy & Public Transportation Financing.

Maillat, D., Bailly, A.S., 1989. Servicios a las empresas y desarollo regional. *Ekonomiaz: Revista Vasca de Economía*, 13, 128-137.

Maloutas, T., Pantelidou, M., 2004. The glass menagerie of urban governance and social cohesion: concepts and stakes/concepts as stakes. *International Journal of Urban and Regional Research*, 28(2), 449-465.

Mandel, B., Gaudry, M., Rothengatter, W., 1997. A disaggregate Box-Cox Logit mode choice model of intercity passenger travel in Germany and its implications for high-speed rail demand forecasts. *The Annals of Regional Science*, 31(2), 99-120.

Mandeville, T., 1983. The spatial effects of information technology: Some literature. *Futures*, 15(1), 65-72.

Marquet, O., Miralles, C., 2015. The Walkable city and the importance of the proximity environments for Barcelona's everyday mobility. *Cities*, 42, 258-266.

Marshall, T.H., 1950. Citizenship and social class. Cambridge.

Martens, K., Golub, A., 2012. A justice-theoretic exploration of accessibility measures. In: Geurs, K.T. (Ed.). Accessibility Analysis and Transport Planning: Challenges for Europe and North America. Nectar: Cheltenham. UK - Norhampton, USA.

Martens, K., Golub, A., Robinson, G., 2012. A justice-theoretic approach to the distribution of transportation benefits: Implications for transportation planning practice in the United States. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(4), 684-695.

Martens, K., Golub, A., 2014. Using principles of justice to assess the modal equity of regional transportation plans. *Journal of Transport Geography,* 41, 10-20.

Martí-Henneberg, J., 2013. European integration and national models for railway networks (1840–2010). *Journal of Transport Geography*, 26, 126-138.

MartÍn, J.C., Gutiérrez, J., Román, C., 2004. Data envelopment analysis (DEA) index to measure the accessibility impacts of new infrastructure investments: The case of the high-speed train corridor Madrid-Barcelona-French border. *Regional Studies*, 38(6), 697-712.

Martín, J.C., Reggiani, A., 2007. Recent methodological developments to measure spatial interaction: synthetic accessibility indices applied to high-speed train investments. *Transport Reviews*, 27(5), 551-571.

Martínez, H., 2012. La accesibilidad regional y el efecto territorial de las infraestrcturas de transporte. Aplicación en Castilla-La Mancha. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 59, 30.

Martínez, H.S., 2010. La estructura del transporte y sus implicaciones territoriales en Castilla-La Mancha. Toledo: Consejo Económico y Social de Castilla-La Mancha.Tesis Doctoral.

Martínez, H.S.M., Givoni, M., 2012. The accessibility impact of a new High-Speed Rail line in the UK–a preliminary analysis of winners and losers. *Journal of Transport Geography*, 25, 105-114.

Martínez, L.M., Viegas, J.M., 2013. A new approach to modelling distance-decay functions for accessibility assessment in transport studies. *Journal of Transport Geography*, 26, 87-96.

Mill, J.S., Bentham, A.R., 1987. Utilitarianism and other essays.

McKenzie, K., Whitley, R., Weich, S., 2002. Social capital and mental health. *The British Journal of Psychiatry*, 181(4), 280-283.

McKenzie, R., 1900. The measurement of accessibility to employment.

Menéndez, J.M., Coronado, J.M., Rivas, A., 2002a. El AVE en Ciudad Real y Puertollano: Notas sobre su incidencia en la movilidad y el territorio. *Cuadernos de Ingeniería y Territorio*, 2.

Menéndez, J.M., Coronado, J.M., Rivas, A., 2002b. Incidencias socioeconómicas y territoriales derivadas de la construcción y explotación de la línea ferroviaria de alta velocidad en ciudades de tamaño pequeño. El caso de Ciudad Real y de Puertollano. *Estudios de Construcción y Transportes*, 94, 29-54.

Menéndez, J.M., Guirao, B., Coronado, J.M., Rivas, A., Rodríguez, F.J., Ribalaygua, C., Ureña, J.M., 2002. New high-speed rail lines and small cities: locating the station. The 590 Sustainable City II: Urban Regeneration and Sustainability.

Menéndez, J.M., Coronado, J.M., Rivas, A., 2004. Les effects des navettes TGV sur les villes moyennes. Le cas de Ciudad Real et Puertollano en Espagne. *Transports Urbains*, 106.

Menéndez, J.M., Coronado, J.M., Guirao, B., Ribalaygua, C., Rodríguez, J., Rivas, A., Ureña, J.M. 2006. Diseño, dimensión óptima y emplazamiento de estaciones de alta velocidad en ciudades de tamaño pequeño. *Cuadernos de Ingeniería y Territorio, 7.*

Menéndez, J.M. y Rivas, A. 2010. Caracterización de la movilidad de alta velocidad en relaciones de media distancia. Capítulo 6, en Informe Final del Proyecto de Investigación Alta Velocidad Ferroviaria, Intermodalidad y Territorio: Evaluación de las Oportunidades asociadas a su Implantación. España. Ministerio de Fomento.

Mérenne-Schoumaker, B., 2008. La localisation des industries. Enjeux et dynamiques. PUR (Presses universitaires de Rennes).

Merlin, P., 1997. Géographie humaine. Presses universitaires de France.

Miller, D., 1979. Social justice. Oxford University Press.

Miller, H.J., 1999. Measuring space-time accessibility benefits within transportation networks: basic theory and computational procedures. *Geographical Analysis*, 31(1), 1-26.

Ministerio de Fomento, 2005. Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes, 2005-2020 En: Secretaría de Estado de Infraestructuras y Planificación. (Ed.). Ministerio de Fomento, Madridd, p. 158.

Ministerio de Fomento, 2013. Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, 2012-2024, En: Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y.Vivivienda. (Ed.). Ministerio de Fomento, Madridd, p. 383.

Miralles, C., 2002. Transporte y territorio urbano: del paradigma de la causalidad al de la dialéctica. *Documents d'Anàlisis Geográfica*, 41(13).

Miralles, C., Cebollada, À., 2009. Movilidad cotidiana y sostenibilidad, una interpretación desde la geografía humana. *Boletín de la AGE*, 50, 193-216.

Monzón, A., Gutiérrez, J., López, E., Madrigal, E., Gómez, G., 2005. Infraestructuras de transporte terrestre y su influencia en los niveles de accesibilidad de la España peninsular. *Estudios de Construcción y Transportes*, 103, 97-112.

Monzón, A., Ortega, E., López, E., 2013. Efficiency and spatial equity impacts of high-speed rail extensions in urban areas. *Cities*, 30, 18-30.

Monzón de Cáceres, A., 1988. Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte: aplicaciones en la Comunidad de Madrid. Caminos.

Morandi, C., 1989. Trasporti e trasformazioni diffuse nell'area urbana milanese. Trasformazioni territoriali e infrastrutture di trasporto. Alcuni casi studio nell'area milanese. Milán: CLUP, 45-77.

Moreno, A., Escolano, S., 1992. Los servicios y el territorio. *Espacios y Sociedades*, 19.

Morris, J.M., Dumble, P., Wigan, M.R., 1979. Accessibility indicators for transport planning. *Transportation Research Part A: General*, 13(2), 91-109.

Moss, M.L., 1998. Technology and cities. *Cityscape*, 107-127.

Mowforth, M., 1989. Trends in accessibility to employment in greater London, 1971–1981. *Transportation Planning and Technology*, 13(2), 85-110.

Mulligan, G., 1998. Functional form and spatial interaction models. *Environment and Planning A*, 30, 1497-1507.

Munnell, A., 1993. An assessment of trends and economic impacts of infrastructure investment. Organisation for Economic Co-operation and Development.

Muraco, W.A., 1972. Intraurban accessibility. *Economic Geography*, 388-405.

Murakami, J., Cervero, R., 2012. High-speed rail and economic development: business agglomerations and policy implications. Citeseer.

Murayama, Y., 1994. The impact of railways on accessibility in the Japanese urban system. *Journal of Transport Geography*, 2(2), 87-100.

Murray, A.T., Davis, R., 2001. Equity in regional service provision. *Journal of Regional Science*, 41(4), 557-600.

Næss, P., 2006. Cost-Benefit Analyses of Transportation Investments. *Journal of Critical Realism*, 5(1), 32-60.

Narayan Parker, D., 1999. Bonds and bridges: social capital and poverty. World Bank Publications.

Nash, C.A., 1991. The case for high speed rail. Institute for Transport Studies, The University of Leeds, Working Paper, 323.

Nasch, C.A., 2004. Rail Policy and Planning in Europe. *International Journal of Transport Management, 2, 1-3.*

Nash, C.A., 2009. When to invest in high-speed rail links and networks? OECD/ITF Joint Transport Research Centre Discussion Paper.

Neuburger, H., 1971. User benefit in the evaluation of transport and land use plans. *Journal of Transport Economics and Policy*, 52-75.

Nice, D.C., 1989. Consideration of high-speed rail service in the United States. *Transportation Research Part A: General*, 23(5), 359-365.

Niemeier, D.A., 1997. Accessibility: an evaluation using consumer welfare. *Transportation*, 24(4), 377-396.

Novy, A., Grosser, S., 2007. Entwicklung gestalten. *Journal für Entwicklungspolitik*, 23, 3.

Novy, A., Hammer, E., Leubolt, B., 2009. Social innovation and governance of scale in Austria. *Social Innovation and Territorial Development*, 131-148.

Novy, A., Swiatek, D.C., Moulaert, F., 2012. Social cohesion: a conceptual and political elucidation. *Urban Studies*, 49(9), 1873-1889.

Nystuen, J.D., 1963. Identification of some fundamental spatial concepts. *Michigan Academy of Science, Arts, and Letters*, 48, 373-384.

O'Conor, A., 1998. The cultural logic of gender in college: Heterosexism, homophobia and sexism in campus peer groups. University of Colorado.

O´Sullivan, D., Morrison, A., Shearer, J., 2000. Using desktop GIS for the investigaton o accessibility by public transport: an isochrone approach. *Journal Geographical Information Science*, 14(1), 19.

Ogryczak, W., 2009. Inequality measures and equitable locations. *Ann Oper Res*, 167(1), 61-86.

Ono, Y., 1993. Japan's sustainable transport policy towards the 21st century. *Transport Policy*, 1(1), 32-42.

Ortega, E., López, E., Monzón, A., 2012. Territorial cohesion impacts of high-speed rail at different planning levels. *Journal of Transport Geography*, 24, 130-141.

Pellegrini, P.A., Fotheringham, A.S., 2002. Modelling spatial choice: a review and synthesis in a migration context. *Progress in Human Geography*, 26(4), 487-510.

Pereira, A.M., Roca-Sagalés, O., 2003. Spillover effects of public capital formation: evidence from the Spanish regions. *Journal of Urban Economics*, 53(2), 238-256.

Perl, A., 2012. Assessing the recent reformulation of United States passenger rail policy. *Journal of Transport Geography*, 22, 271-281.

Perrons, D., Skyers, S., 2003. Empowerment through participation? Conceptual explorations and a case study. *International Journal of Urban and Regional Research*, 27(2), 265-285.

Pirie, G.H., 1979. Measuring accessibility: a review and proposal. *Environment and Planning A*, 11(3), 299-312.

Plassard, F., 1988. Le réseau TGV et l'espace régional, Annales de la recherche urbaine. Editor no identificado, pp. 112-116.

Plassard, F., 1991. Le train à grande vitesse et le réseau des villes. *Transports* 345, 14-23.

Plassard, F., 1992. L'impact territorial des transports a grande vitesse. *Espace et dynamiques territoriales, Paris, Economica*, 243-322.

Plassard, F., 1997. Les effets des infrastructures de transport, modèles et paradigmes. *Infrastructures de Transport et Territoire*, 39-54.

Plassard, F., Cointet-Pinell, O., 1986. Effets socio-économiques du TGV en Bourgogne et Rhône-Alpes. DATAR, INRETS, LET, Lyon.

Pooler, J.A., 1995. The use of spatial separation in the measurement of transportation accessibility. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 29(6), 421-427.

Porta, S., Crucitti, P., Latora, V., 2006a. The network analysis of urban streets: A dual approach. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 369(2), 853-866.

Porta, S., Crucitti, P., Latora, V., 2006a. The network analysis of urban streets: A primal approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33(2), 705-725.

Porta, S., Crucitti, P., Latora, V., 2008. Multiple centrality assessment in Parma: a network analysis of paths and open spaces. *urban design International*, 13(1), 41-50.

Porta, S., Latora, V., Wang, F., Strano, E., Cardillo, A., Scellato, S., Iacoviello, V., Messora, R., 2009. Street centrality and densities of retail and services in Bologna, Italy. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36(3), 450-465.

Porta, S., Scheurer, J., 2006. Centrality and connectivity in public transport networks and their significance for transport sustainability in cities, World Planning Schools Congress, Global Planning Association Education Network.

Potrykowski, M., Taylor, Z., 1984. Geografía del transporte. Ariel.

Preciado, J.M.S., 2007. 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, pp. 147-165.

Preston, J., 2010. The Case for High Speed Rail. *RAC Foundation*.

Preston, J., Armstrong, J., Docherty, I., 2009. The economic case for high speed rail: the case of Glasgow-Edinburgh.

Preston, J., Rajé, F., 2007. Accessibility, mobility and transport-related social exclusion. *Journal of Transport Geography*, 15(3), 151-160.

Preston, J., Wall, G., 2008. The ex-ante and ex-post economic and social impacts of the introduction of high-speed trains in South East England. *Planning, Practice & Research*, 23(3), 403-422.

Puga, D., 2002. European regional policies in light of recent location theories. *Journal of economic geography*, 2(4), 373-406.

Pulugurtha, S.S., Agurla, M., 2012. Bus-Stop Level Transit Ridership using Spatial Modeling Methods. *Journal of Public Transportation*, 15(1).

Quan, H., Si-Ming, L., 2011. Transport infrastructure development and changing spatial accessibility in the Greater Pearl River Delta, China, 1990-2020. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1350-1360.

Rada, J.F., 1989. Tecnología de la información y servicios. *Ekonomiaz*, 13.

Randall, D.R., Frittelli, J., Mallett, W.J., 2009. High Speed Rail (HSR) in the United States. DTIC Document.

Rawls, J., 1971. A Theory of Justice. Harvard University Press, Cambridge, MA.

Reques, P., De Cos, O., Marañón, M., 2012. Demographic and Socio-economic Contexto of Spatial. In: Ureña, J.M. (Ed.). Territorial Implications of High Speed Rail: A Spanish Perspective. Ashgate: Surrey, England, pp. 55-83.

Ribalaygua, C., 2005. Nuevas estaciones periféricas de alta velocidad ferroviaria: estrategias para su incorporación a las ciudades españolas. *Colección Cuadernos de Ingeniería y Territorio*, 5.

Richardson, A.J., Young, W., 1982. A measure of linked-trip accessibility. *Transportation Planning and Technology*, 7(2), 73-82.

Rietveld, P., Nijkamp, P., 1993. European Transport Economics: Chapter 6. Transport and Regional Developments. *European Transport Economics*.

Rodrigue, J.P., Comtois, C., Slack, B., 2013. The Geography of Transport Systems. Routledge, London.

Rodríguez Gutiérrez, F., Menéndez Fernández, R., 2012. Geoestrategia del noroeste Ibérico. Castilla y León en su relación con el espacio Atlántico Europeo. *Polígonos. Revista de Geografía*, 19, 31-57.

Roth, R., Polino, M.N., 2003. The city and the railway in Europe. Gower Publishing, Ltd.

Rothengatter, W., 2000. Evaluation of infrastructure investments in Germany. *Transport Policy*, 7(1), 17-25.

Rothengatter, W., 2005. Motorways and motorway finance in Germany and Austria. *Research in Transportation Economics*, 15, 75-91.

Sakakibara, Y., 2012. Social change and future transport policy in the Japanese context. *IATSS research*, 35(2), 56-61.

Salas, R., García, S.Á., Rodríguez, J.P., 2002. Movilidad social y desigualdad económica. *Papeles de trabajo del Instituto de Estudios Fiscales. Serie economía*, 7, 7-32.

Sampson, R.J., 1988. Local friendship ties and community attachment in mass society: A multilevel systemic model. *American Sociological Review*, 766-779.

Sasaki, K., Ohashi, T., Ando, A., 1997. High-speed rail transit impact on regional systems: does the Shinkansen contribute to dispersion? *The Annals of Regional Science*, 31(1), 77-98.

Savigear, F., 1967. A quantitative measure of accessibility. *Town Planning Review*, 38(1), 64.

Scott, A.J., 1988. New industrial spaces: Flexible production organization and regional development in North America and Western Europe. Pion Ltd.

Schäfer, A., Victor, D.G., 2000. The future mobility of the world population. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 34(3), 171-205.

Schürmann, C., Spiekermann, K., Wegener, M., 1997. Accessibility indicators. *Berichte aus dem Institut für Raumplanung*, 39.

Segado, F., García, A., Rosique, C., 1996. Ordenación del Territorio. Universidad de Murcia.

Sen, A. K., 2011. Equality of what?. Tanner Lectures on Human Values, Cambridge University Press.

Seguí, J.Y., Petrus, J., 1991. Geografía de las Redes de Transporte. Espacio y Sociedad, Ediciones Síntesis, Madrid.

Seguí, J.Y., Martínez, M.R., 2004. Geografía de los Transportes. Palma de Mallorca, Universidad Islas Baleares

Seoane, J., 2004. Rebellion, dignity, autonomy and democracy: Shared voices from the South. *Antipode*, 36(3), 383-391.

Serrano, R., Garmendia, M., Coronado, J.M., Pillet, F., Ureña, J.M., 2006. Análisis de las consecuencias territoriales del AVE en ciudades pequeñas: Ciudad Real y Puertollano. *Estudios Geográficos*, 67(260), 199-229.

Sheller, M., Urry, J., 2006. The new mobilities paradigm. *Environment and Planning A*, 38(2), 207-226.

Shen, Q., 1998. Spatial technologies, accessibility, and the social construction of urban space. *Computers, Environment and Urban Systems*, 22(5), 447-464.

Sherman, L., Barber, B., Kondo, W., 1974. Method for evaluating metropolitan accessibility. *Transportation Research Record*, 499.

Skov-Petersen, H., 2001. Estimation of distance-decay parameters: GIS-based indicators of recreational accessibility, ScanGIS, pp. 237-258.

Spiekermann, K., Wegener, M., 1994. The shrinking continent: new time-space maps of Europe. *Environment and planning B*, 21, 653-653.

Spiekermann, K., Wegener, M., 2006. Accessibility and spatial development in Europe. *Science Regionali*, 5(2), 31.

Stanke, B., 2009. High Speed Rail's Effect on Population Distribution in Secondary Urban Areas. San José State University.

Straatemeier, T., 2008. How to plan for regional accessibility? *Transport Policy*, 15(2), 127-137.

Talen, E., 2001. School, community, and spatial equity: An empirical investigation of access to elementary schools in West Virginia. *Annals of the Association of American Geographers*, 91(3), 465-486.

Tamagawa, H., 2012. The implications of using a gravity model to determine territory in a circular domain. *Environment and Planning-Part B*, 39(6), 978.

Tanner, J.C., 1962. A theoretical analysis of delays at an uncontrolled intersection. *Biometrika,* 163-170.

Taylor, P.J., 1971. Distance transformation and distance decay functions. *Geographical Analysis*, 3(3), 221-238.

Timmermans, H., van der Waerden, P., Alves, M., Polak, J., Ellis, S., Harvey, A.S., Kurose, S., Zandee, R., 2003. Spatial context and the complexity of daily travel patterns: an international comparison. *Journal of Transport Geography*, 11(1), 37-46.

Tira, M., Tiboni, M., Badiani, B., 2002. High Speed/high Capacity Railway and Regional Development: Evaluation of Effects on Spatial Accessibility. From Industry to advanced Services., XLII ERSA Congress: European Regional Science Association. Perspective of European Science Regions, Dortmunt, pp. 27-31.

Tobler, W.R., 1970. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic geography*, 234-240.

Troin, J.-F., 1997. Les gares TGV et le territoire: débat et enjeux, *Annales de Géographie. JSTOR*, pp. 34-50.

Tsamboulas, D.A., Dimitropoulos, I., 1999. Appraisal of investments in European nodal centres for goods–freight villages: A comparative analysis. *Transportation*, 26(4), 381-398.

Ureña, J.M., 2012. Territorial implications of high speed rail: a Spanish perspective. Ashgate Publishing, Ltd.

Ureña, J.M., Coronado, J., Garmendia, M., Romero, V., Ureña, J., 2012. Territorial implications at national and regional scales of high-speed rail. *Territorial Implication of High Speed Rail: A Spanish Perspective*, 204-243.

Ureña, J.M., Menerault, P., Garmendia, M., 2009. The high-speed rail challenge for big intermediate cities: A national, regional and local perspective. *Cities*, 26(5), 266-279.

Urry, J., 2007. Mobilities. Polity: Oxford.

Van den Berg, L., Pol, P., 1998. The European high-speed train and urban development.

Van Wee, B., 2002. Land use and transport: research and policy challenges. *Journal of Transport Geography*, 10(4), 259-271.

Van Wee, B., Hagoort, M., Annema, J.A., 2001. Accessibility measures with competition. *Journal of Transport Geography*, 9(3), 199-208.

Venables, A.J., 2007. Evaluating urban transport improvements: cost-benefit analysis in the presence of agglomeration and income taxation. *Journal of Transport Economics and Policy*, 173-188.

Vickerman, R., 1997. High-speed rail in Europe: experience and issues for future development. *The Annals of Regional Science*, 31(1), 21-38.

Vickerman, R., 2002. The role of infrastructure for expansion and integration. Regional Development Reconsidered. Springer, pp. 137-147.

Vickerman, R., 2008. Provision of public transport under conflicting regulatory regimes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(9), 1176-1182.

Vickerman, R., Spiekermann, K., Wegener, M., 1999. Accessibility and economic development in Europe. *Regional Studies*, 33(1), 1-15.

Vickerman, R., Ulied, A., 2006. Indirect and wider economic impacts of high speed rail. *Economic analysis of High Speed Rail in Europe*, 89-118.

Vickerman, R., 1987. The Channel Tunnel and regional development: a critique of an infra-structure-led growth project. *Project Appraisal*, 2(1), 31-40.

Vickerman, R., 1992. The Single European Market: prospects for economic integration. Harvester Wheatsheaf.

Vlek, C., Steg, L., 1996. Societal reasons, conditions and policy strategies for reducing the use of motor vehicles: a behavioural-science perspective and some empirical data in OECD. *Towards Sustainable Transportation*.

Voges, E., Naude, A., 1983. Accessibility in urban areas: an overview of different indicators.

Wachs, M., Kumagai, T.G., 1973. Physical accessibility as a social indicator. *Socio-Economic Planning Sciences*, 7(5), 437-456.

Wang, D., Timmermans, H., 1996. Accessibility: Activity-based measures of accessibility for transportation policy analysis, 24th European Transport Conference (PTRC), Proceedings of Seminar D+ E Part.

Wang, L., 2011. Research framework of high-speed railway impact on urban space. *Planners*, 27(7), 13-19.

Wegener, M., Fürst, F., 1999. Land-use transport interaction: state of the art. Deliverable D2a of the project TRANSLAND (Integration of Transport and Land use Planning). *Berichte aus den Insititut für Raumplanung*, 46.

Weibull, J.W., 1976. An axiomatic approach to the measurement of accessibility. *Regional Science and Urban Economics*, 6(4), 357-379.

Whitelegg, J., Holzapfel, H., 1993. The impact of high speed trains on society. In: Puffert, D.J. (Ed.). High-Speed Trains: Fast Tracks to the Future. Leading Edge, pp. 203-211.

Wickstrom, G.V., 1971. Defining balanced transportation-a question of opportunity. *Traffic Quarterly*, 25(3).

Wilson, A.G., 1971. A family of spatial interaction models, and associated developments. *Environment and Planning*, 3(1), 1-32.

Willigers, J., Floor, H., Van Wee, B., 2007. Accessibility indicators for location choices of offices: an application to the intraregional distributive effects of high-speed rail in the Netherlands. *Environment and Planning A*, 39(9), 2086.

Willigers, J., Van Wee, B., 2011. High-speed rail and office location choices. A stated choice experiment for the Netherlands. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 745-754.

Woolley, F., 1998. Social cohesion and voluntary activity: making connections, CSLS Conference on the State of Living Standards and the Quality of Life in Canada, October, pp. 30-31.

Xiberras, M., 1993. Les théories d l'exclusion: pour une construction de l'imaginaire de la déviance. Klincksieck.

Yago, G., 1984. The decline of transit: urban transportation in German and US cities, 1900-1970. Cambridge University Press.

Yuan, G., Daidai, L., 2010. Notice of Retraction A study on labor market impacts of high-speed rail investment in China, Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 2010 International Conference on IEEE, pp. 2731-2734.

Zakaria, T., 1974. Urban transportation accessibility measures: modifications and uses. *Traffic Quarterly*, 28(3).

Zhang, J., Hong, L., Wang, S., Xu, X., 2011. Reliability assessments of Chinese high speed railway network, Service Operations, Logistics, and Informatics (SOLI), 2011 IEEE International Conference on IEEE, pp. 413-418.

Zhang, M., Shen, Q., Sussman, J., 1998. Job accessibility in the San Juan metropolitan region: Implications for rail transit benefit analysis. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1618(1), 22-31.

Zipf, G.K., 1946. The P1 P2/D hypothesis: On the intercity movement of persons. *American Sociological Review*, 677-686.

FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES