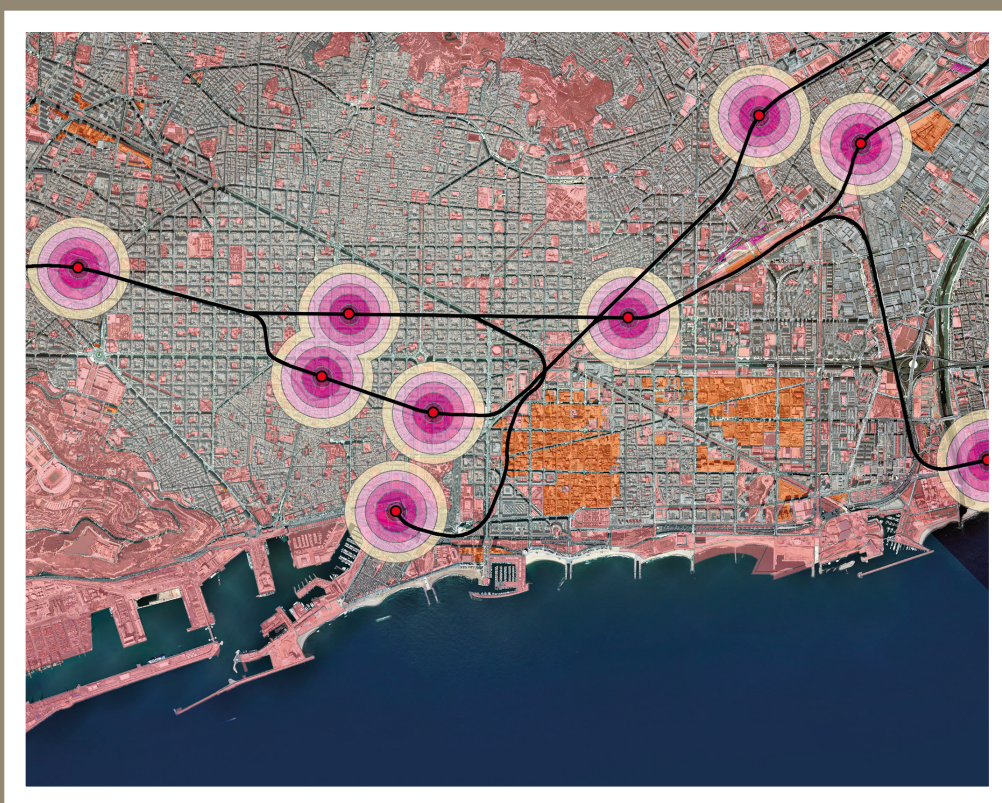


FERRO-CARRILES EN BARCELONA

Enrique Viana Suberviola



1ª edición, 2017

HUMANIDADES

Ferro-carriles en Barcelona

Enrique Viana Suberviola

Fundación de los Ferrocarriles Españoles



2017



COLECCIÓN MONOGRAFÍAS DEL FERROCARRIL

Ferro-carriles en Barcelona

Ilustración de cubierta: Área de influencia de las estaciones ferroviarias de Barcelona. Enrique Viana Suberviola

1ª edición, septiembre de 2017

© Enrique Viana Suberviola

© Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Coordinación editorial y maquetación: Lourdes Orozco Torres

Diseño de cubiertas: Belén Romeo

ISBN: 978-84-947477-1-7

Depósito Legal: M-27193-2017

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN Y AGRADECIMIENTOS.....	5
Introducción.....	5
Agradecimientos	6
1. OBJETIVOS, METODOLOGÍA Y ÁMBITO TERRITORIAL	7
1.1. Objetivos	7
1.2. Metodología, fuentes y ámbito territorial.....	7
1.2.1. Fuentes bibliográficas	7
1.2.2. Fuentes gráficas y estadísticas.....	8
1.2.3. Ámbito territorial.....	14
1.3. Características técnicas de los sistemas ferro-viarios urbanos	15
2. FERRO-CARRILES Y TRANSFORMACIÓN URBANA EN BARCELONA	21
2.1. Antecedentes.....	21
2.2. La evolución ferro-viaria y urbana de Barcelona	22
2.3. Características y evolución de los medios de transporte ferro-viarios de Barcelona	28
2.3.1. Características y evolución del ferrocarril de Barcelona.....	28
2.3.2. Características y evolución del tranvía de Barcelona.....	32
2.3.3. Características y evolución del funicular de Barcelona.....	35
2.3.4. Características y evolución del metro de Barcelona.....	35
2.3.5. Características y evolución del metro ligero de Barcelona.....	40
2.3.6. Características y evolución del AVE en Barcelona.....	42
2.3.7. Características y evolución del sistema ferro-viario conjunto de Barcelona.....	42
2.3.8. Características técnicas de la red ferro-viaria de Barcelona	45
2.4. Análisis empírico de la relación entre urbe y ferro-carril.....	50
2.4.1. Distribución de los equipamientos de Barcelona	50
2.4.2. Los centroides de la red ferro-viaria y del área urbana de Barcelona	59
2.4.3. Evolución del precio de la vivienda y estructura ferro-viaria de Barcelona.....	64

3. ESTUDIO DE LOS MODELOS DE ACCESIBILIDAD FERROVIARIA EN BARCELONA	69
3.1. Isoaccesibilidad de la red ferro-viaria barcelonesa	69
3.1.1. Isoaccesibilidad e isocronas de Barcelona en horario laboral	70
3.1.2. Isoaccesibilidad e isocronas de Barcelona en horario festivo	82
3.1.3. Isoaccesibilidad e isocronas de Barcelona en horario nocturno.....	86
3.1.4. Isoaccesibilidad e isocronas de Barcelona en horario medio	89
3.2. Accesibilidad según las estaciones y los tiempos de desplazamiento.....	92
3.2.1. Diferencia entre medidas de tiempo real y tiempo teórico en la red de metro de Barcelona.....	93
3.2.2. Diferencia existente ente ámbitos de las estaciones de la red ferroviaria de Barcelona según los accesos y según los centroides	94
3.2.3. Estudio de accesibilidad de las estaciones no inauguradas de la red ferroviaria de Barcelona	95
3.3. Accesibilidad al centro de la red ferro-viaria de Barcelona.....	96
3.4. Usuarios potenciales de la red ferro-viaria de Barcelona	102
3.5. Isoaccesibilidad de la red ferro-viaria de Barcelona por líneas.....	112
4. MOVILIDAD FERRO-VIARIA EN BARCELONA	119
4.1. Movilidad según el número de pasajeros por línea y modo de transporte en Barcelona.....	119
4.1.1. Análisis de las líneas y modos de transporte en función de la afluencia de pasajeros	119
4.1.2. Análisis de las líneas y modos de transporte en función de la recaudación obtenida y el gasto de inversión	126
4.1.3. Movilidad por estación: afluencia de pasajeros y habilitación de las estaciones a personas con movilidad reducida	130
4.2. Encuestas de movilidad obligada y encuestas de movilidad cotidiana..	135
4.2.1. Encuestas de movilidad obligada.....	136
4.2.2. Encuestas de movilidad cotidiana.....	150
5. CONCLUSIONES FINALES	159
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165
Planes territoriales y encuestas de movilidad.....	168
Páginas web.....	170

INTRODUCCIÓN Y AGRADECIMIENTOS

En este apartado se procede a relatar brevemente una introducción sobre el contenido del presente libro, así como se presentan los debidos agradecimientos a las personas e instituciones que han posibilitado esta obra.

Introducción

El presente libro, basado en la Tesis Doctoral “Ferro-carriles en Barcelona. Movilidad y accesibilidad y su impacto sobre las transformaciones sociales y espaciales de la ciudad” (<http://hdl.handle.net/10803/285835>) busca profundizar en el estudio de la interacción existente entre la red ferro-viaria de un área urbana específica y sus implicaciones a nivel territorial, social y política; Otro objetivo es el de comprender los mecanismos que acciona y por los que son accionadas determinadas estrategias que determinan el impulso de una determinada área urbana frente a otras y los factores que posibilitan la distribución y conformación de los elementos existentes en un área urbana. Como finalidad última se ha analizado el fenómeno de la sinergia existente entre la red ferro-viaria y el entramado urbano, concretamente la referida al nivel de crecimiento, la forma y la expansión de la red ferro-viaria inducida por los principales centros urbanos.

El ferro-carril y especialmente el metro es el sistema urbano de transporte masivo de pasajeros por antonomasia. Es la infraestructura urbana de mayor coste y repercusión sobre el área sobre la cual se ubica. Posee un poder de transformación del tejido urbano a medio y largo plazo y configura y refleja la historia, el crecimiento y evolución y los avatares del sistema urbano sobre el que se asienta. La relación entre desarrollo urbano y desarrollo de la red de ferro-carril metropolitana es pareja y conforman un complejo puzzle donde se definen los centros neurálgicos y las periferias urbanas, los focos de gran dinamismo espacial, económica y social y las áreas relegadas al aislamiento.

El estudio de caso se centra en la ciudad de Barcelona. Hoy, Barcelona es una ciudad en etapa de consolidación, la expansión descontrolada de la periferia está en claro retroceso y el continuo urbano barcelonés ofrece la oportunidad de impulsar nuevos centros de gravedad económico y social que consoliden dicho espacio urbano. Dicha consolidación ha de pasar necesariamente por la vertebración que todo territorio dinámico reclama y necesita. El sistema ferro-viario barcelonés, en su etapa de madurez, ha transformado su estructura arborescente a una red propiamente dicha, una malla con interconexiones múltiples y un centro amplio que abarca la práctica totalidad del continuo urbano. Con la finalización de las obras de ampliación de la red ferro-viaria de Barcelona se cerrará también un capítulo en la historia del urbanismo barcelonés.

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría mostrar mi agradecimiento a toda mi familia y mis amigos por su cariño y apoyo, especialmente a mis padres, Pilar Suberviola Rada y Enrique Viana Valerio. Sin su apoyo moral y económico jamás habría podido llegar a ser doctor ni a ver publicado mi primer libro. Igualmente, gracias a la Fundación de los Ferrocarriles Españoles por acceder a publicar el presente libro basado en mi tesis doctoral.

Por otra parte, me gustaría darle un agradecimiento especial a Horacio Capel, el director de mi Tesis doctoral en la que está basada este libro. Desde que tenía 16 años he tenido la oportunidad de poder leer algunas de las obras de este gran maestro de la geografía universal y ha sido para mí un privilegio poder ser dirigido y aconsejado por él. Agradezco también a mi codirector Vicente Casals por el esfuerzo volcado en mi tesis y a mi tutora Isabel Pujadas. Debo agradecer también a Dolores Sánchez Aguilera por haber dirigido mi tesina y por haberme transmitido buenos y sabios consejos. Un agradecimiento especial quiero darles a todo el laboratorio de SIG de la Universitat de Barcelona, en donde cursé el Master en producción cartográfica y SIG, especialmente a Ernest Ruiz. Gracias también a todos los profesores que participaron en el Master en planificación territorial y gestión ambiental y que me transmitieron su conocimiento.

También me gustaría mostrarle mi agradecimiento a mis profesores de la Universidad de Cantabria por inocularme la pasión por la investigación.

Un cordial agradecimiento también a todas las personas que han colaborado conmigo y me han ayudado a obtener diversos documentos y bases estadísticas. Estas personas son Magda Unied Seguí, Josep Roza y Carlos Marmolejo Duarte de la Universitat Politècnica de Catalunya, Maria-Meroslava Borachok Prado, Luís Ramón Peláez de Loño y Marc Dargallo Estrada de Transports Metropolitans de Barcelona, Francesc Calvet, Anna Farrero y Maria Montaner i Maragall de la Autoritat de Transport Metropolità, Antoni Gras i Font y Yolanda Martínez Martínez de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya, Ricard Fernández Valentí y Ricard Riol Jurado de PTP, Jose María Carreras Quilis y Javier Alarcón Carbo de Área Metropolitana de Barcelona, Xavier Delgado Vázquez de la Generalitat de Catalunya, Rafael Salvador Ortega de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, María del Mar Ruiz Criado de Adif y Jesús Morales Castillo y Antonio Alba de RENFE.

También me gustaría agradecer a todos mis amigos y compañeros por su apoyo moral y en especial a aquellos amigos que han colaborado conmigo en la confección de la Tesis. Estas personas son Frederic Galimany, Roser Brínquez, Miguel Ángel Campos Aquino, Pablo Rivero Moreno, Nuria Conejo Martelo, Esther Lorente, Alfred Bellés y Laura Medina Sardonil. También me gustaría agradecer a Jordi Mulet Arias, Daniel Cano Rubio y a Diego García Menéndez por sus sabios consejos. Y, por último, gracias Paolo por enseñarme lo más importante.

1. OBJETIVOS, METODOLOGÍA Y ÁMBITO TERRITORIAL

Este capítulo analiza los objetivos que persigue aportar el presente libro, así como las técnicas y metodologías empleadas en el análisis.

1.1. Objetivos

Se ha de tener en cuenta que los diferentes sistemas ferro-viarios (según una denominación decimonónica, son aquellos sistemas de transporte que precisan de vías para su circulación, como el ferrocarril, el metro, el tranvía, el metro ligero, el funicular...) afectan y son afectados por el entorno en el que se implantan. La accesibilidad, la movilidad y las transformaciones espaciales y sociales son variables que se ven modificadas por estos sistemas de transporte de masas. Por ello, este libro pretende considerar y analizar todos esos procesos de forma conjunta, puesto que no es posible hablar, por ejemplo, de variaciones en los niveles de movilidad de un área sin hacer hincapié en la accesibilidad o en los cambios en las pautas sociales de desplazamiento que conlleva dicha variación. Este libro pretende comprender el impacto en todas sus variantes que se produce al integrar un sistema ferro-viario en un territorio.

Otro propósito es el de realizar un pormenorizado análisis de la evolución de la red ferro-viaria de Barcelona y su imbricación con el desarrollo urbano, industrial y social del entorno colindante. Este objetivo pretende corroborar la relación existente entre la implementación de un trazado ferro-viario urbano y el desarrollo urbano adyacente.

También se pretende analizar las principales variables que influyen o son influidas por el sistema ferro-viario y que definen y determinan la idoneidad del mismo. Estas variables son la accesibilidad, la movilidad, las transformaciones urbanas y las transformaciones sociales. Este análisis permitirá valorar de forma individual la importancia de cada una de estas variables en la configuración de la red ferro-viaria y de la urbe.

1.2. Metodología, fuentes y ámbito territorial

En este apartado se hace mención a la metodología empleada, las fuentes utilizadas y el ámbito territorial estudiado.

1.2.1. Fuentes bibliográficas

La metodología empleada es bastante amplia, teniendo en cuenta el carácter eminentemente pragmático del trabajo. Se ha trabajado con numerosas fuentes estadísticas y bibliográficas que han posibilitado la confección de la cartografía y

los documentos gráficos y estadísticos. Para el desarrollo teórico del proyecto se ha precisado de fuentes bibliográficas procedentes básicamente de la Universitat de Barcelona, la Universidad de Cantabria y la Universitat Politècnica de Catalunya. La mayoría de los artículos consultados proceden de las revistas Scripta Nova, Physica A, Transport Geography y Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, entre otras. La recopilación bibliográfica incluye Tesis y tesinas de varias universidades consultadas a través del portal www.tesisenred.net. Los planes territoriales han sido recopilados de diferente manera. Existen varios documentos presentes en línea en las páginas de Autoritat del Transport Metropolità (A.T.M.), Transport Metropolità de Barcelona (T.M.B.), y la Generalitat de Catalunya. En otros casos, los planes territoriales que no han sido digitalizados y cuyos ejemplares solo pueden consultarse en papel, han sido cedidos por las instituciones antes citadas.

1.2.2. Fuentes gráficas y estadísticas

Las fuentes estadísticas consultadas son muy diversas. Para la confección de la evolución ferro-viaria barcelonesa se han usado diversas fuentes bibliográficas, así como la información existente en las páginas web de Transport Metropolità de Barcelona, Web ferroviaria y Fòrum del Transport Català. Una parte de la red ha sido cedida en archivo digital por Transport Metropolità de Barcelona y Autoritat del Transport Metropolità y el resto ha sido digitalizada manualmente en base al Plan Director de Infraestructuras 2010-2020, que indica las futuras ampliaciones de la red ferro-viaria de Barcelona. Las bases cartográficas utilizadas han sido cedidas por Àmbit Metropolità de Barcelona y el Institut Cartogràfic de Catalunya e incluyen la evolución urbana de la aglomeración urbana de Barcelona y su división en secciones censales. Para la elaboración de los mapas de isocronas y de isoaccesibilidad, se ha tenido en cuenta los tiempos medios de viaje a través de las líneas y entre estaciones, en diferentes períodos históricos (Cuadro 1.1). Como puede observarse, no existen grandes cambios en la velocidad de las líneas a partir de 1956, por lo que no hay grandes variaciones a la hora de realizar los análisis.

Uno de los mayores problemas existentes era el de poder calcular los tiempos de desplazamiento entre estaciones. Los tiempos entre estaciones se pueden calcular sabiendo el tiempo de recorrido de cada línea, pero hay un inconveniente que afecta principalmente al sistema metro. El diseño gráfico de las redes de metro es un diseño topológico y no representa la distancia real entre estaciones. Hay que tener en cuenta que la topología es una rama de la geometría que analiza la interacción de los elementos geométricos entre sí, obviando distancia, forma y superficie para primar la jerarquía, conectividad y orden entre los elementos (los planos de metro de todo el mundo se representan en base a este criterio desde que H. C. Beck lo hiciera para el metro de Londres en 1931). El modelo topológico usado en los estudios de accesibilidad y movilidad no se suele adaptar totalmente a la realidad; En ocasiones, existe gran disparidad entre el modelo de red de transporte que se presenta al gran público y el trazado real. Esto se comprueba, por ejemplo, en la Línea 3 del metro de Barcelona, y en general, en los trazados de metro primigenios. Las distancias reales y las distancias topológicas del mapa difieren sensiblemente en algunos tramos. Esto se debe a

que las áreas centrales de la red de metro, para ser legibles en las representaciones cartográficas, se tienden a distorsionar más que las áreas más periféricas. Los tramos más antiguos, por ser los más céntricos, son los que presentan mayores diferencias en su representación topológica respecto de sus dimensiones reales.

Cuadro 1. Evolución de la velocidad comercial de las líneas ferroviarias

	1860	1885	1925	1956	1972	1985	1993	2001	2010
METRO									
L1 (El Prat-Badalona Centre)				29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8
L2 (Fira 2-Can Ruti)								27,7	27,7
L3 (Zona Universitària-Trinitat Nova)			18	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8	28,8
L4 (Trinitat Nova-Sagrera Marítima)				28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4
L5 (Cornell'a-Vall d'Hebron)					25,9	25,9	25,9	25,9	25,9
L9 (Aeroport/Polígon Pratenc - Gorg/Can Zam)									30
L11 (Trinitat Nova-Can Cuiàs)									25,3
F.G.C. Vallès									
L7 (Av. Tibidabo)				24	24	24	24	24	24
L6 (Reina Elisenda)		18	18	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1
S5 i S55 (Sant Cugat- UAB)			25	37	37	37	37	37	37
S1 (Terrassa Rambla)			25	43,81	43,81	43,81	43,8	43,81	43,8
S2 (Sabadell Rambla)			25	38,71	38,71	38,71	38,7	38,71	38,7
F.G.C. Llobregat									
R6 (Igualada)			25	37,35	37,35	37,35	37,4	37,35	37,4
L8 (Molí Nou-Ciutat Cooperativa)			18	25	25	25	25	25	25
S4 (Olesa de Montserrat)			25	39	39	39	39	39	39
F.G.C. Castelldefels-Sant Boi-Sarrià									
PDI AX								17	39
R.E.N.F.E.									
C1 (Molins de Rei-Mataró-Maçanet)	28,6	28,6	28,6	30,68	45,68	45,68	45,7	45,68	45,7
C2 (Sant Vicenç/Vilanova-Maçanet)	27,55	27,55	27,55	40,43	55,43	55,43	55,4	55,43	55,4
C3 (l'Hospitalet-Vic)			28,8	31,29	46,29	46,29	46,3	46,29	46,3
C4 (Sant Vicenç/Vilafranca-Manresa)	29,04	29,04	29,04	32,95	47,95	47,95	48	47,95	48
C7 (l'Hospitalet-UAB/Martorell)									39,5
C10 (Aeroport-Estació de França)						39,27	39,3	39,27	39,3
Tramvia									
TBX (Diagonal -Baix Llobregat)									18
TBS (Sant Martí-Besòs)									19,2

Fuente: A.T.M.; T.M.B.; R.E.N.F.E.; F.G.C.; Salmerón i Bosch, C., 1992 y 1988, R.E.N.F.E., 1977; Baulies, J., 2004; Maristany, M., 1992; Urkiola i Casas, C., 2004.

Pero a pesar de los condicionantes topológicos, se pudieron calcular los tiempos entre transectos, gracias a las propias páginas web de Transports Metropolitans de Barcelona y Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (F.G.C.), que ofrecen datos aproximativos de coste, en tiempo de transporte, por líneas y por transectos. Se creó un nuevo campo en la tabla de atributos y se ordenaron los datos por líneas, para así poder calcular qué coste en tiempo poseía cada transecto (Cuadro 1.2). Se dividió el tiempo total de línea por el total de la distancia topológica de la línea y se multiplicó por la distancia topológica del transecto en cuestión. Los cálculos se basaron en el cuadro 1.2.

Cuadro 2. Tiempos por líneas

LÍNEA	Inauguración	1ª OPERACIÓN	TIEMPO (minutos)	TIEMPO (segundos)	DISTANCIA REAL (km)	DISTANCIA TOPOLÓGICA (km)
L1	1926	1926	45	2.700	20,07	20,069
L2	1995	1959	28	1.680	13,1	11,96395
L3	1924	1924	43	2.580	18,5	18,53672
L4	1973	1926	35	2.100	16,7	16,43341
L5	1959	1959	37	2.220	19,168	16,15697
L6	1929	1863	12	720	7	5,272779
L7	1954	1863	9	540	4,1	3,982505
L8	2000	1912	21	1.260	12	11,79034
L9	2009	2009	84,405	5.064,35	*47,8	35,591
L10	2010	2010	58,195	3.491,75	*47,8	24,539
L11	2003	2003	6	360	6	2,225953

*Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B. y F.G.C. * La distancia de L9 y L10 se calculó conjuntamente.*

Se pudo comprobar, según el cuadro, que las mayores diferencias entre las distancias de las líneas se encuentran en la L5 y la L6 de la red de metro. En estas líneas, la conversión topológica ha producido un acortamiento de la distancia real. Esto significa que, en la realidad, dichas líneas no poseen un trazado tan rectilíneo como el esquema de la red propone, sino un recorrido más zigzagueante. Se consideró a las líneas 6 y 7 de F.G.C. como parte integrante de la red de metro debido a que, en 1982, se creó la categoría U6 y U7 para las líneas L6 y L7, lo que las convertía en líneas de ferrocarril de ámbito urbano. Sus frecuencias de paso se acercaron a las de las líneas de la red gestionada por T.M.B. La L8 de F.G.C., se consideró integrada en la red de metro a partir del año 2000, debido a la apertura de nuevas estaciones (como Europa|Fira), a la mejora en la frecuencia de trenes y a la integración tarifaria con T.M.B. Para las estaciones de F.G.C. y Renfe se han tenido en cuenta las estaciones ya existentes con las que interconectaban. No ha hecho falta modificar los tiempos entre

estaciones de las fechas anteriores a 2009 porque, desde 1925, se mantienen constantes. Para el metro ligero, la conexión entre las dos redes (Trambaix y Trambesós) se ha realizado mediante un solo enlace de 510 segundos de valor. A estos tiempos de recorrido entre transectos hay que añadir los tiempos medios por línea. Éstos dependen de la frecuencia de paso y ésta, a su vez, depende de la entidad operadora, ya sea T.M.B., F.G.C. o Adif-Renfe. Para el sistema metro, gestionado por T.M.B., se tuvo en cuenta que, en horario laboral, de las 5h a las 7h y de 21h a 24h, hay una frecuencia de paso de cinco minutos y medio, mientras en el resto del día hay una frecuencia de dos minutos y medio. En horario festivo hay una frecuencia de cinco minutos y medio, mientras que en horario nocturno la frecuencia es de seis minutos y medio. El horario medio resultante tiene en cuenta las horas de funcionamiento proporcional a lo largo del día, teniendo en cuenta que en la noche del viernes al sábado y en la del sábado al domingo, el metro está en funcionamiento hasta las 5h y durante toda la noche, respectivamente. Por otra parte, las líneas gestionadas por F.G.C. poseen una frecuencia de seis minutos de espera en horario laboral, de quince en horario festivo y de veinte en horario nocturno. El horario medio posee un tiempo de espera de nueve minutos y quince segundos. El resto de sistemas ferro-viarios poseen frecuencias diferentes. Por otra parte, el metro ligero tiene una frecuencia de seis minutos en horario laboral, dieciséis en horario festivo, veinte en horario nocturno y nueve minutos con 41 segundos en horario medio. Por último, los ferrocarriles de cercanías tienen una media de tres minutos de frecuencia, el funicular tiene una frecuencia de diez minutos y el tranvía de veintidós minutos y medio. Simplificado en un cuadro sería así (Cuadro 1.3):

Cuadro 3. Frecuencias de paso de los convoyes según modo y gestor ferroviario

	Metro		Metro ligero	Cercanías	Funicular	Tranvía
	T.M.B.	F.G.C.				
Horario Laboral	198	360	360	180	600	1.350
Horario Festivo	330	900	960	180	600	1.350
Horario Nocturno	390	1.200	1.200			
Horario Medio	243	555	564	180	600	1.350

Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y Adif-Renfe.

El tiempo que se tarda en desplazarse hasta la estación, es otro tiempo más a añadir y a tener en cuenta. Normalmente se considera la distancia de 500 metros alrededor de la estación, como la distancia máxima que una persona está dispuesta a recorrer, hasta alcanzar la misma. Teniendo en cuenta que, como promedio, una persona camina cuatro km a la hora, el tiempo máximo que se

tardará en alcanzar la estación será de siete minutos y medio. Pero las estaciones, frecuentemente, poseen un ámbito de influencia exclusiva o predominante bastante más reducido, debido a la cercanía de otras estaciones adyacentes que merman dicha influencia. Por lo tanto, para calcular cuánto tarda una persona desde un punto del ámbito de la estación hasta la estación misma se ha de aplicar la siguiente fórmula:

Tiempo: 7.5 minutos * área de la estación / área estación de radio 500 m.

Hay que tener en cuenta en los cálculos, que el área máxima de influencia de una estación con radio de 500 metros, es de 785.400 m². También se ha añadido el tiempo de los transbordos, que se han fijado en dos minutos y medio, incluso en aquellos que unen estaciones en las que no hay corredor y hay que subir y bajar de las estaciones. Cuando las estaciones comparten andén, como ocurre en la L6 y en L7, el tiempo de transbordo es de cero segundos. Otro tiempo más a añadir es el tiempo de espera en la estación. Se considera la cifra de tres minutos como la estándar, excepto en el metro ligero que es de seis minutos y en los tranvías que es de veinte minutos. Los tiempos entre estaciones y de espera en la estación se han obtenido en la web de T.M.B. sobre las líneas existentes (como la integración tarifaria se produjo en 2002, se analizaron los sistemas ferro-viarios conjuntamente, a partir de esa fecha. Se añadieron funiculares y tranvías para que estén representados todos los sistemas ferro-viarios, aunque no estén integrados en un mismo sistema. Los sistemas ferro-viarios considerados integrados son las redes de ferrocarril gestionadas por Renfe y F.G.C. así como el metro ligero, el metro convencional, el tranvía y los funiculares gestionados por F.G.C. y T.M.B.). Por otra parte, los tiempos entre estaciones de tramos aún no construidos, se han conseguido extrapolando las cifras de la línea a la que pertenece y la distancia topológica del nuevo tramo. Para las estaciones de metro ligero, se ha tomado en consideración la media de las estaciones construidas, que es de 529,29 metros, y, en base a eso, se ha calculado los tiempos de viaje entre las estaciones que se construirán en un futuro. Se ha tenido en cuenta la importancia de la conectividad de las estaciones de metro ligero con el metro convencional. Otro importante tiempo a analizar y a añadir tiene que ver con el tiempo que se emplea en llegar desde la entrada de la estación hasta el andén. Según David Díaz Rodríguez (2009) se puede simplificar el tiempo dependiendo de si la estación posee ascensor o no. El ascensor tarda dos metros por segundo, mientras que las escaleras tardan 0,33 metros por segundo. Dependiendo de la profundidad de las estaciones se poseerá un determinado tiempo de acceso al andén. Pero la información proveída por T.M.B., A.T.M., F.G.C. y Adif-Renfe, aunque bastante extensa, no es totalmente completa ni actualizada, por lo que la profundidad de algunas estaciones ha sido extrapolada de la estación más cercana. En el análisis de los sistemas ferro-viarios proyectados en el futuro se realiza esta extrapolación para las estaciones a inaugurar. En los cálculos finales se tuvo en cuenta que los tiempos de acceso al andén y de distancia a la estación se suman al tiempo laboral de cada sistema ferro-viario y no al tiempo medio. Esto es debido a que hay sistemas ferro-viarios que no disponen de servicio

nocturno y eso altera su media, en comparación al resto de sistemas que sí lo poseen. Es por ello que el horario laboral, que es el preponderante, sea el más idóneo para que se le agreguen los diferentes tiempos de acceso y desplazamiento a la estación. También se tuvo en cuenta que en los transbordos se unen dos tiempos, el tiempo de transbordo (3 minutos y medio o, si las estaciones son justamente adyacentes, sería 0) y el tiempo de espera. Para que el cálculo final fuese el correcto, a la medida de isoaccesibilidad de cada estación se le ha añadido un tiempo de entrada y de salida de la estación, es decir, el tiempo de llegada a la estación y el tiempo de espera inicial.

Otras series de mapas han usado fuentes diferentes para realizar su confección. Para los mapas de centroides, las bases cartográficas y la red ferro-viaria proporcionaron todo el material base necesario. Los mapas de distancias al centro de la red y a los mapas de tiempo medio entre líneas, se obtuvieron gracias a los cálculos temporales. Los mapas de cantidad y densidad de usuarios se obtuvieron gracias a los datos de población por sección censal obtenidos para cada municipio (presentes en los registros del Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.) y del Instituto de Estadística de Catalunya (I.D.E.S.C.A.T.) del período 2000-2010). Estos datos se aplicaron a la base gráfica de secciones censales proveída por Àrea Metropolitana de Barcelona (A.M.B.). A su vez, los mapas que realizan una comparativa entre los accesos y los centroides se crearon digitalizando manualmente todas las bocas de metro existentes y realizando cálculos para compararlas con los centroides de las estaciones. Por otra parte, el mapa que compara los tiempos reales y los tiempos teóricos se ha obtenido mediante la comparativa de los tiempos teóricos entre transectos con los tiempos medios obtenidos, mediante la obtención de dos mediciones manuales con cronómetro, realizadas en diciembre de 2009. Para la realización del mapa en el que aparecen las estaciones no inauguradas se digitalizaron éstas manualmente y se procedió a realizar los cálculos pertinentes.

Para la creación de las figuras que representan los equipamientos de Barcelona, se digitalizaron miles de equipamientos y servicios de la Guia de carrers de l'àrea metropolitana de Barcelona de 2007, la cual ha sido cedida por A.M.B. También se hizo uso de las capas de usos del suelo obtenidas en el Pla Territorial Metropolità de Barcelona de 2010.

Por último, las figuras que plasman la movilidad de los sistemas ferro-viarios se han elaborado usando diferentes encuestas de movilidad. Entre ellas, las encuestas de movilidad obligada de los años 1981, 1986, 1991, 1996 y 2001, realizadas por la Generalitat de Catalunya, las encuestas de movilidad cotidiana de 2001 y 2006 cedidas por A.T.M., la encuesta de movilidad obligada confeccionada en el ámbito de la Corporació Metropolitana de Barcelona (C.M.B) de 1975, la encuesta de movilidad y tarificación de 1984 elaborada por T.M.B. y el Plan Intermodal de Transporte realizado en 1993 por la Comissió Coordinadora del Transport Metropolità de Barcelona.

1.2.3. Ámbito territorial

Al concretar el ámbito de estudio analizado existió una problemática, la de definir qué tipo de espacio urbano era el más adecuado. Se partió de la base de núcleos poblacionales del año 2000, cedida por A.M.B. Para poder determinar cuál era el ámbito urbano más adecuado para este estudio se hubo de partir de varias premisas. La red ferro-viaria de Barcelona excede al ámbito del propio municipio de Barcelona, sin embargo, el presente trabajo, realiza su análisis dentro de un marco urbano muy concreto, a pesar de que la naturaleza de determinados sistemas, como el ferrocarril, se desarrollen en un ámbito mucho mayor.

Se consideró, en un primer momento, al continuo urbano como la zona urbana más correcta a la que de forma efectiva daba cobertura la red ferro-viaria y más concretamente la red de metro convencional (por ser ésta la más amplia de las redes ferro-viarias de ámbito específicamente urbano). Sin embargo, este ámbito presentaba una serie de problemas. La base de núcleos poblacionales ofrece un panorama visual en el que se percibe la mancha urbana del área metropolitana de Barcelona, y en la cual, sus límites se extienden hasta el Vallés, rozando el límite del propio concepto de continuo urbano. Ya que se trata de una base de población de hace 10 años, dichos límites se habrán ampliado teniendo en cuenta la dinámica urbanizadora actual. Habida cuenta de este factor, el propio término de continuo urbano quedaba invalidado. Por lo tanto, ni aglomeración urbana, ni área metropolitana, ni región metropolitana son conceptos que se puedan usar para crear un marco adecuado como ámbito de estudio. Por otra parte, la Entitat del Transport Metropolità (E.M.T.) ofrece unos límites dentro de un área urbana concreta, donde se localizan diversos servicios de transporte público, incluidos aquellos dependientes de T.M.B. No obstante, el conjunto de municipios presentes en E.M.T. resulta excesivo. Son 18 municipios en total: Badalona, Barcelona, Castelldefels, Cornellà de Llobregat, Espulgues de Llobregat, Gavà, l'Hospitalet de Llobregat, Montcada i Reixac, Montgat, El Prat de Llobregat, Sant Adrià de Besòs, Sant Boi de Llobregat, Sant Feliu de Llobregat, Sant Joan Despí, Sant Just Desvern, Santa Coloma de Gramenet, Tiana y Viladecans. Esta área de estudio era demasiado amplia. Incluía numerosas líneas de bus que delimitaban una zona que se escapaba del ámbito más próximo a diversos medios de transporte ferro-viarios. Debido a todo ello, se optó, por circunscribirse única y exclusivamente al ámbito urbano total de los municipios por los que transcurrían las redes ferro-viarias exclusivamente urbanas: el metro convencional y el metro ligero. Este hecho presentaba algunos inconvenientes. Entre ellos, que algunas áreas urbanas son analizadas en su totalidad cuando solamente una pequeña parte es afectada por el servicio ferro-viario, como es el caso de Sant Boi de Llobregat. Sin embargo, se consideró que era la opción más conveniente.

Para las figuras en las que se analizó la isoaccesibilidad del metro convencional en 1926, 1950, los municipios analizados son Barcelona y l'Hospitalet de Llobregat. En 1980 se añadió Esplugues de Llobregat y Cornellà de Llobregat. En el año 2000 se agregaron Santa Coloma de Gramenet, Badalona, Sant Adrià

de Besòs, Sant Joan Despí, el Prat de Llobregat y Sant Boi de Llobregat. Ya en 2007 y en 2009, se añadió Montcada i Reixac. En el horizonte más allá de 2020, y en el horizonte del sistema ferro-viario integrado de 2009 se agregaron los municipios de Sant Just Desvern, Sant Joan Despí y Sant Feliu de Llobregat. Este ámbito territorial fue usado en el análisis de las encuestas de movilidad de los años 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 y 2006 pero, sin embargo, en el análisis de isoaccesibilidad de 2020 sólo se agregó Sant Joan Despí. En el horizonte del sistema ferroviario integrado más allá de 2020 aparecieron dos nuevos municipios a analizar: Molins de Rei y Sant Vicenç dels Horts.

El análisis del precio del suelo se ha circunscrito al municipio de Barcelona por ser éste el único del que se han podido obtener datos uniformes, en diferentes escenarios temporales.

Por último, en el análisis del número de pasajeros por líneas, la serie procedió a dar saltos temporales quinquenales, pero su ámbito de estudio era igual al análisis de isoaccesibilidad. También es quinquenal el análisis de la evolución ferro-viaria pero el ámbito espacial en cuestión es el mismo en todas, el cual abarca una amplia zona de la aglomeración urbana barcelonesa. El fin último era homogeneizar el análisis comparativo.

1.3. Características técnicas de los sistemas ferro-viarios urbanos

A mediados del siglo XIX, la mayoría de las ciudades no tenía más de 10 km de diámetro y eran fácilmente transitables a pie (4 km/h). Si el desplazamiento se realizaba a caballo, la velocidad aumentaba a 7-15 km/h. Posteriormente, la bicicleta aumentó la velocidad de desplazamiento, hasta los 15 km/h, pero fue con la llegada de los ferrocarriles, sobre todo en la segunda mitad del siglo XIX cuando la velocidad aumentó muy considerablemente, lo que permitió la aparición de nuevas zonas residenciales en las inmediaciones de las líneas ferroviarias.

A partir de este punto surgieron diversos tipos de medios ferro-viarios (metro convencional, metro ligero, tranvía, ferrocarril...); sin embargo, las diferencias entre los diversos tipos de ferrocarril urbano no se delimitaron perfectamente. La mayoría de ellas están determinadas teniendo en cuenta la capacidad de pasajeros que puede transportar cada medio. De hecho, la mayoría de los ferrocarriles urbanos basan sus sistemas de explotación en líneas o recorridos de gran densidad de población (Melis Maynard y González Fernández, 2002). Eso obliga a distancias cortas entre estaciones y a que los sistemas ferro-viarios tengan complejos sistemas de aceleración y deceleración de 1 o 1,2 m/seg². Estos intervalos temporales y kilométricos reducidos, conllevan la necesidad de un gran control de tráfico y el uso de sistemas de señalización, protección y conducción muy fiables y versátiles que permitan grandes capacidades de transporte seguras en las líneas servidas.

Entre todos los sistemas de transporte ferro-viario urbano, el metro pesado o convencional es el que posee mayor capacidad de transporte, ya que puede llegar a una capacidad de 80.000 pasajeros por sentido de la línea, frente a los 40.000 del metro ligero y a los 15.000 del tranvía (cuadro 1.4). Para acoger tal cantidad de pasajeros, el metro pesado posee vagones más grandes y en mayor número que el resto de sistemas ferro-viarios urbanos; puede llegar a tener 10 vagones, que pueden llegar a medir 150 metros y con una capacidad de casi 300 pasajeros cada uno. Ante estas cifras dan una impresión de pequeñez los 2-3 vagones del tranvía y el metro ligero, cuyo tamaño es significativamente menor (30 metros el tranvía y 45 el metro ligero como máximo) y que poseen una capacidad de transporte más reducida (180 pasajeros por vagón el tranvía y 250 el metro ligero).

Estas acuciantes diferencias relacionadas con la capacidad de transporte, tienen asociada otra clase de características relativas al ámbito espacial de cada medio de locomoción. El metro convencional tiene una vocación claramente metropolitana y se halla presente en ciudades medias y grandes cubriendo eficazmente la totalidad del área. En ciudades de mayor peso demográfico o de una extensión urbana considerable, el metro ha de complementarse con los sistemas ferro-viarios suburbanos o regionales para poder servir a todo el conjunto. El metro ligero y el tranvía son sistemas aptos y convenientes en ciudades o áreas urbanas medias y son complementarias al metro convencional en áreas urbanas de menor densidad o periféricas.

Esta marcada diferencia de ámbitos provoca, a su vez, que la distancia entre estaciones sea mayor en el metro convencional (hasta 2.000 metros, siendo lo habitual 500), por abarcar un territorio mayor que el metro ligero (350-1.500 m entre estaciones) y el tranvía (250-1.200 m entre estaciones). Por regla general, dos estaciones de metro se encuentran separadas alrededor de 700 metros (con radios de 250 metros excepto en determinados lugares como los túneles de conexión o maniobras, en las que se puede llegar a los 100 metros). Por el contrario, los ferrocarriles suburbanos pueden tener una separación entre estaciones de 2-3 e incluso 5 km, debido a que en la periferia existe una menor densidad poblacional.

Es importante resaltar que el metro convencional posee una característica única, ya que tiene el total de su infraestructura independiente del resto de sistemas de transporte. Este hecho convierte a este medio en un canal de transporte muy eficaz y preciso, de alta regularidad de trayectos y con una velocidad más elevada que el resto de sistemas ferro-viarios urbanos (llegando a alcanzar los 110 km/h), al no tener que prestar atención a las coyunturas propias del tráfico en superficie (Cuadro 1.4).

Cuadro 1.4. Criterios generales de explotación en tranvías, metros ligeros y pesados

	Autobús convencional	Autobús electrificado	Tranvía	Metro Ligero	Metro pesado o convencional
Composición mínima de la unidad (coches)	1	1	1-2	2-3	2-10
Longitud de cada unidad (m)	8-12	8-12	16-30	25-45	32-150
Asientos por coche	30-80	30-80	22-40	25-80	32-84
Plazas totales por coche	40-120	40-120	100-180	110-250	140-280
Infraestructura independiente %	0	40-90	0-40	40-90	100
Control del vehículo	Manual/Visual	Manual/Visual/Señales	Manual/Visual/Señales	Manual/Señales ATC	Señales ATC
Control de billetes (peaje)	En el vehículo	En el vehículo	En el vehículo	En el vehículo o estación	En estación
Toma de corriente	Ninguna	Aérea	Aérea	Aérea	Aérea/Tercer carril
Velocidad máxima km/h	40-80	60-100	50-70	60-90	70-110
Regularidad	Baja/Media	Media/Alta	Baja	Alta	Muy Alta
Separación estaciones (m)	250-1.200	250-1.200	250-1.200	350-1.500	500-2.000
Capacidad por sentido	2.400-8000	4.000-10.000	4.000-15.000	6.000-40.000	20.000-80.000

Fuente: MELIS MAYNAR, M., GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, F.J. Ferrocarriles metropolitanos: tranvías, metros ligeros y metros convencionales. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, D.L.: Madrid. 2002. 458 p. [ISBN: 8438002153]. Pág. 39.

El tranvía, en este sentido, se encuentra en el lado opuesto, siendo apenas independiente del resto de medios de transporte que circulan en su entorno (un máximo de un 40% de infraestructura independiente) y teniendo, además, una baja regularidad de transporte y una velocidad máxima moderada (70 km/h).

Un punto intermedio lo supone el metro ligero, que se aproxima más al metro convencional que al tranvía. Con una regularidad de transporte alta, una

velocidad máxima elevada (90 km/h) y una infraestructura prácticamente independiente (hasta un 90%), constituye un híbrido perfecto entre la capacidad y velocidad de transporte del metro y la versatilidad y bajo coste económico del tranvía.

De hecho, las características técnicas del metro ligero, un medio de transporte en auge, son bastante reseñables. El metro ligero no ofrece problemas de accesibilidad para los discapacitados debido a que posee una plataforma baja. La seguridad en el metro ligero es máxima al disponer de frenado eléctrico y mecánico, así como sistemas de vigilancia. Las vibraciones o el ruido (65 a 68 dBA en el espacio interior y 75 a 78 dBA en el exterior) son muy bajos. La luminosidad es otro factor positivo del metro ligero, que se adecúa correctamente al entorno circundante, de forma respetuosa con el medio, ya que funciona con electricidad. Por otra parte, el metro ligero posee una amplitud de frecuencias que van desde 1,5-3 minutos en *hora punta*, hasta 5-15 minutos en *hora valle*. Por último, es importante reseñar que su velocidad comercial es de 20 km/h, siempre y cuando tenga un 40% de plataforma reservada, y de 40 km/h si tiene un 90% de plataforma reservada.

Otro factor importante a señalar es que también existen diferencias entre los sistemas ferro-viarios exclusivamente urbanos (metro convencional y ligero, y tranvía) y el ferrocarril, tanto el suburbano o regional, como el de largo recorrido que posee incidencia en el ámbito urbano. Al estar en zona urbana, las cajas de los metros, metros ligeros y tranvías deben ser menores que las de un ferrocarril convencional, pero para las grandes aceleraciones se precisa de un motor potente, lo cual obliga a tener una composición estructural diferente de la del ferrocarril convencional. En este, existe una estructura basada en una locomotora que remolca una serie de vehículos, al contrario de lo que sucede en el metro, metro ligero y tranvía, cuya estructura está compuesta por varios elementos motorizados que arrastran a los remolques con una composición completamente diferente.

Otra diferencia existente entre los diferentes sistemas ferro-viarios es el hecho de que los ferrocarriles convencionales utilizan una corriente continua muy superior a los sistemas ferro-viarios urbanos. El ferrocarril tiene una corriente continua de 15.000-20.000 o 50.000 v en alterna y 3.000 en continua, respecto a los 600 – 1.500 v en continua de los sistemas ferro-viarios urbanos. Eso implica un diseño muy peculiar tanto de las instalaciones fijas, como del material móvil (volver al Cuadro 1.4).

Otro aspecto de vital importancia a la hora de ponderar la utilidad de los diferentes sistemas ferro-viarios es el grado de accesibilidad. El grado de accesibilidad a las estaciones se relaciona directamente con la mayor o menor comodidad que presenta el recorrido de los usuarios desde el punto de origen de su viaje hasta alcanzar los andenes. La mejora de la accesibilidad supone incrementar la calidad del servicio, convirtiendo al medio de transporte en un sistema más competitivo. Una distancia entre 300 y 600 metros alrededor de la estación supone para el viandante entre cuatro y ocho minutos de recorrido a pie. Los recorridos horizontales en superficie son asumibles, pero los verticales hasta llegar al andén han de ser lo más cortos posibles en tiempo, ya que este es un

factor disuasivo. Debido a ello, es conveniente que las estaciones se sitúen lo más cerca posible de la superficie.

Por otra parte, la profundidad de los trazados de una nueva línea tiene una serie de impedimentos topográficos y geotécnicos y se ve limitada por la presencia de cimientos y otras infraestructuras y redes suburbanas de abastecimiento. Por ello, es preferible construir una nueva línea a gran profundidad, aunque eso aumente el coste y la accesibilidad al andén sea más incómoda (Melis Maynard y González Fernández, 2002).

A pesar de que, teniendo en cuenta las características técnicas analizadas, el metro pudiera parecer el medio de transporte ferro-viario más completo, lo cierto es que la tendencia actual apunta a que hay una reducción de la ampliación de las redes de metro existentes a favor de la introducción de sistemas ferro-viarios suburbanos que están diseñados para el recorrido de largas distancias a mayor velocidad y con una separación entre estaciones mayor. En las ciudades que ya poseen metro desde hace muchos años, se priman los ferrocarriles de cercanías, mientras que en las ciudades que no tienen metro, se suele dar prioridad a este a la hora de implantar un sistema ferro-viario urbano.

2. FERRO-CARRILES Y TRANSFORMACIÓN URBANA EN BARCELONA

En este capítulo se analiza la relación entre ciudad y ferro-carril. El informe se realiza tanto a nivel histórico como empírico en función de diversos métodos de análisis.

2.1. Antecedentes

El desarrollo urbano y los transportes han tenido evoluciones paralelas. Se han influido mutuamente, en ocasiones difuminándose totalmente la causa y el efecto de uno y otro. La planificación territorial actual tiene en cuenta el desarrollo conjunto de ambos sistemas porque es consciente de la interrelación mutua que existe y de la importancia del correcto desarrollo de uno de los sistemas, para la expansión y fortalecimiento del otro. Pero esta connotación es un fenómeno relativamente actual. Hay que tener en cuenta que, hasta el siglo XIX, las ciudades poseían una determinada estructura en función de las distancias que estaban dispuestos a recorrer sobre todo a pie sus habitantes.

Posteriormente, con la incorporación de los medios de transporte mecánicos, esa situación se modificó paulatinamente. Hasta la Segunda Guerra Mundial, fueron predominantes los medios de transporte colectivos, pero, más tarde, comenzó el auge del automóvil privado que intensificó la descentralización de las actividades, especialmente la residencial, lo que provocó la aparición de las ciudades satélites. Este hecho ocasionó una progresiva pérdida diferencial de la densidad urbana y esta dispersión provocó la aparición de las áreas metropolitanas, que conformaban espacios, que segregaban las áreas residenciales de las áreas de actividad secundaria y terciaria (fordismo). Pero esta situación se revirtió, ya que, posteriormente, el transporte colectivo recobró un nuevo auge al ser percibido como más sostenible y económico (postfordismo).

Actualmente se conoce la cantidad de efectos inducidos por un medio de transporte en un área urbana. Los efectos que producen los transportes en la ciudad son varios y son responsables, en buena medida, de la configuración urbana. Los transportes modifican la forma de la ciudad creando polos de atracción alrededor de las estaciones y vías que generan cambios en los usos y el valor del suelo. El transporte reduce las distancias e impulsa la movilidad, dinamizando así las actividades productivas. Sin embargo, el aumento de accesibilidad de unas áreas provoca el mayor aislamiento de otras, jerarquizando el territorio y provocando un efecto barrera.

La configuración de las redes y líneas de transporte resultan, pues, vitales para entender el desarrollo urbano y la sociedad en su conjunto.

2.2. La evolución ferro-viaria y urbana de Barcelona

Como explica R. Alcaide González (2010), en 1848 se inauguró la segunda línea de ferrocarril española (después de la línea La Habana-Güines) y la primera de la España peninsular, que realizaba un trayecto entre Barcelona y Mataró. En ese momento, la ciudad de Barcelona se hallaba amurallada y existía un enorme hacinamiento de la población intramuros. Por ello, las primeras estaciones del ferrocarril se situaron extramuros debido a la existencia de esta barrera y al hecho de no existir dentro de la ciudad amurallada espacio suficiente para albergar este tipo de instalaciones. Un elemento de gran influencia en la disposición de estas primeras líneas, estaciones e instalaciones de ferrocarril fue la Ciudadela.

Es conveniente indicar que las infraestructuras en Barcelona transcurren por un espacio muy concreto debido a las limitaciones y condicionantes del terreno. El llano litoral, la depresión prelitoral y los valles de los ríos Besòs y Llobregat determinan, en buena medida, el desarrollo de infraestructuras. Estas se disponían de forma radial en torno a Barcelona y la implantación del ferrocarril ayudó a fortalecer esta disposición. Las líneas más importantes tenían como origen Barcelona y como destino Mataró (con dirección a Francia), a Martorell (con dirección a Tarragona y Valencia), a Granollers (con dirección a Girona y Francia) y a Terrassa (con dirección a Lleida). Las líneas de Granollers y Martorell, concretamente, atravesaron el llano barcelonés, por entonces sin urbanizar, de la manera más satisfactoria para las empresas ferroviarias.

En 1854 se derribaron las murallas de Barcelona y en 1858 se eliminó la consideración de la ciudad como plaza fuerte militar (El Bando municipal que comunica a los barceloneses la voluntad de derruir las murallas es de 27 de junio de 1843). A partir de ese momento, el llano barcelonés comenzó a urbanizarse. A pesar de que este terreno era mucho mayor al de la ciudad ya constituida, el hecho de que dicho llano estuviese atravesado por multitud de líneas férreas condicionaba el futuro desarrollo urbano. Debido a este hecho (Salas, 2001) los proyectos de ensanche de Barcelona debían incluir dichas líneas ferroviarias en sus diseños. En esta época, concretamente en 1859, Ildefonso Cerdá diseñó su Plan de Ensanche, en el cual las vías ferroviarias estaban integradas en el conjunto del entramado viario. Sin embargo, la construcción del Ensanche no se realizó tal y como Cerdá lo diseñó ya que las empresas privadas modificaron dicho proyecto en función de sus intereses especulativos. Posteriormente, en el proyecto de Docks de 1863, Cerdá consiguió eliminar aquellas dificultades que el ferrocarril infligía a la circulación viaria (Capel, 2011). Este proyecto proyectaba una red ferroviaria soterrada que atravesaba la ciudad en diversas direcciones e incluía una ronda ferroviaria que servía de interconector con todas las estaciones de ferrocarril. Al mismo tiempo, se propuso ampliar los muelles de la ciudad y vincularlos con la red ferroviaria para crear una red interna que diese servicio al

puerto al tiempo que lo conectaba con las estaciones de ferrocarril más próximas (Delgado Viñas, 2010). A pesar del correcto diseño del Plan de Docks, éste nunca se llevó a cabo. Por ello, las vías férreas presentes en el llano barcelonés continuaron siendo un obstáculo para su urbanización.

La construcción de las líneas ferroviarias estuvo marcada por las fluctuaciones derivadas de las diversas fusiones empresariales que se fueron sucediendo y por las trabas administrativas (en todo caso, el derribo de las murallas, de la Ciudadela y la construcción de las líneas ferroviarias propició la creación de puestos de trabajo). Las compañías ferroviarias actuaban según sus intereses particulares, sin tener en cuenta la repercusión negativa que pudiesen ocasionar a la ciudad y a sus habitantes. No les interesaba en absoluto el ordenamiento urbano de la ciudad, su configuración, su expansión urbana y su capacidad demográfica futura. Una correcta planificación urbana hubiese supuesto un gran desembolso para las compañías y ello no era conveniente para sus intereses. Por ello, durante el siglo XIX no fue posible coordinar los poderes políticos, económicos y sociales.

En cualquier caso, como indica R. Salas (2001), se produjeron avances importantes en la segunda mitad del siglo XIX. El llano barcelonés se urbanizó y los diversos pueblos del llano acabaron fusionándose con el área urbana de Barcelona. Durante esta época se produjo la finalización de la red básica ferroviaria de la ciudad y se procedió a completar el llamado “ocho ferroviario”. La red básica ferroviaria produjo una concentración industrial en los alrededores de las estaciones (Poble Nou y Clot) y en corredores como el Llobregat y el Besòs. El ferrocarril ayudó a la especialización industrial en ciudades como Martorell, Sabadell, Terrassa, Granollers o Mataró; consolidó los ejes radiales tradicionales y ayudó a la creación de asentamientos cerca de las fábricas. En esta época también se construyó la línea Barcelona-Sarriá. En el Ensanche, el ferrocarril de la calle Balmes dividía la Derecha y la Izquierda (Salas Buades, 2001) del mismo (la Derecha era el lugar donde se ubicaba la burguesía, las oficinas y los negocios, mientras que en la Izquierda se ubicaban los trabajadores y las actividades más modestas).

Más adelante, en 1872, el tranvía se implantó en Barcelona. En sus inicios era una red radial e interurbana y gestionada por una gran cantidad de compañías. No era aún un transporte colectivo masificado ya que el precio del billete era muy elevado para la clase trabajadora. Sin embargo, el tranvía motivó el desplazamiento y las relaciones de la ciudad en el área del Ensanche al norte de las Ramblas, aunque no supuso, en este período, un impacto decisivo en la construcción del Ensanche. Lo cierto es que la mala gestión de las administraciones a la hora de planificar el encaje de las redes ferro-viarias con el entramado urbano ha creado errores en la planificación urbana, especialmente en la segunda mitad del siglo XIX y su influencia se ha dejado notar en barrios como Sants, el Bon Pastor, la Vía Trajana o las ciudades de Sant Adrià del Besòs y Montcada i Rexach.

Sin embargo, en las dos primeras décadas del siglo XX se produjeron cambios notables en la configuración del ferro-carril y de la ciudad. Se crearon diversos proyectos para insertar las redes ferro-viarias en el conjunto urbano (algunos de

los autores que más influencia tuvieron en este período fueron Eduardo Maristany, León Jaussely y Fernando Reyes). Durante esta época se efectuó la construcción ferro-viaria de segundo orden y los tranvías se extendieron. El Ensanche creció notablemente y se colmató el espacio entre Barcelona y los pueblos del Llano (la anexión municipal se produjo en 1897). Esta red era de vía estrecha, sus trazos eran más simples que los de la red básica y circulaba a menor velocidad. Solía ser de una sola vía y estar electrificada. También se prolongó la línea de Sarrià hacia Sant Cugat, Sabadell y Terrassa y se construyó la línea Barcelona-Martorell, que transcurría por Sant Boi. En esta época, el ferrocarril influyó en la construcción de ensanches de pequeño tamaño y en la construcción de nuevas urbanizaciones. Un ejemplo de esto es la prolongación de la línea del ferrocarril de Sarrià (la Floresta, les Planes, Vallvidrera), que propició la proliferación de las segundas residencias. Por otra parte, en la línea Barcelona-Martorell se construyeron asentamientos urbanos cercanos a las fábricas instaladas con el propósito de acoger a los obreros que en ellas trabajaban. Al mismo tiempo, en el interior de Barcelona, los enlaces entre líneas provocaron un efecto barrera que impidió el crecimiento urbano, sobre todo en el este del Ensanche (Clot, Poble Nou).

De forma correlativa, el uso del tranvía se generalizó, los precios se estancaron y su velocidad aumentó. La estructura se mantuvo prácticamente igual (el centro y el noroeste de la ciudad continuaron siendo las zonas mejor servidas) y ayudó a consolidar el noroeste urbano (Sarrià-San Gervasi), aunque la red de tranvías se estructuró fundamentalmente en el centro de la ciudad (alrededor de la plaza de Cataluña).

Posteriormente, entre 1920 y 1936 se produjeron diversos avances significativos en la construcción de la red ferro-viaria. Las primeras redes de metro y de autobús se crearon en esta época. También aumentó el crecimiento urbano de Barcelona debido a la inmigración y se precisó de alojamientos asequibles. Por ello, se construyeron barracas en Montjuïc, Can Tunis u Hostafrancs y se crearon parcelaciones de autoconstrucción que propiciaron nuevas barriadas periféricas como las existentes en Borrás, Roquetes, Trinitat, Baró de Viver o el Monte Carmel. Sin embargo, es probable que la relación que tuvo el ferrocarril en la aparición del fenómeno del barraquismo sea más bien circunstancial y que se produjese debido a la marginalidad de las áreas afectadas. Al mismo tiempo y poco a poco, la red ferro-viaria se permeabilizó y se soterró la línea de Balmes, aunque el resto de líneas tardó en desaparecer de la superficie. Estas líneas ferro-viarias siguieron siendo una frontera para el crecimiento urbano y una delimitación de los espacios industriales.

Por otra parte, el tranvía se estancó en su crecimiento y, con la aparición del metro (1924) y el bus, este estancamiento se agravó. Sin embargo, el tranvía siguió influyendo en el desarrollo de la ciudad, sobre todo al noroeste (se consolidaron barriadas en Pedralbes, Vallvidrera y Penitents); aunque, no obstante, consolidó áreas urbanas cuyos habitantes podían costear el trayecto. Por ello, en las barriadas del este de la ciudad, el tranvía dio un servicio insuficientemente al área. En esta época se crearon diversos planes como el Plan Macià y el Plan de Enlaces Ferroviarios de 1933. Estos planes pretendían integrar

el ferrocarril y la urbe y proponían trazados alternativos, usualmente periféricos, en contraposición con la radialidad y centralidad de la red existente.

Más tarde, desde el inicio de la Guerra Civil hasta finales de los años cincuenta del siglo XX, se produjo un período previo a la municipalización de los transportes colectivos de Barcelona (en 1941 se creó R.E.N.F.E. y se electrificaron varias líneas ferroviarias). En los años cincuenta del siglo XX, la ciudad inició un proceso de extensión urbana que aumentó el crecimiento del suelo ocupado en barriadas como Sant Andreu, Torre Baró, Vall d'Hebron y en municipios como Esplugues, Cornellà, Hospitalet, Santa Coloma o Sant Adrià. Las redes de transporte Barcelona se reconstruyeron durante este período, por lo que no hubo un avance significativo en las redes. En este período hubo una desconexión entre el crecimiento urbano y el crecimiento de las redes ferroviarias. La urbe creció más rápidamente que estas redes, que además estaban estancadas y no proveían de comunicación a amplias áreas de las barriadas. El ferrocarril reforzó la estructura radial del área de influencia de Barcelona. Se crearon urbanizaciones de segunda residencia como Ciutat Florida y Santa María de Montcada que fueron construidas al tiempo que se implantaban las estaciones. También se crearon algunas urbanizaciones de primera residencia, como en Castelldefels, localidad asociada al ocio y al esparcimiento. Se construyeron primeras residencias en los pueblos del Llano y el Baix Llobregat, así como en las bolsas marginales de Barcelona y en determinadas ciudades de la comarca que poseían estación.

Posteriormente, entre finales de los años cincuenta hasta los inicios de los años setenta del siglo XX, la urbe se expandió de forma fuerte pero poco controlada. La política urbana optó por las grandes transformaciones mediante la construcción de polígonos (en Barcelona en Montbau, La Prosperitat, La Guineueta, San Martí, La Verneda... y también en la primera corona como en La Mina en San Adrià, el Pomar en Badalona, San Cosme en el Prat, Cinco Rosas en San Boi...). En 1957, por primera vez, fue mayor la población laboral de Barcelona que la residente. En ese año produjo la municipalización de los transportes colectivos de la ciudad y el ayuntamiento apostó por la ampliación del metro, promoviendo la eliminación del tranvía y el trolebús. Sin embargo, en este período, el metro no acabó de despegar y, en general, los transportes colectivos urbanos no desempeñaron un papel fundamental en el crecimiento urbano.

A partir de 1965, el uso del vehículo privado empezó a masificarse y comenzó un nuevo hábito en las comunicaciones urbanas. Aumentó el transporte público por carretera y la red ferroviaria se racionalizó. Las líneas se gestionaron como conexiones regionales que daban servicio a áreas urbanas con gran índice de expansión. También se planificó una amplia red viaria para el vehículo privado. La ciudad se difundió a través de nuevos corredores y crecieron aceleradamente los núcleos más alejados al área metropolitana, en las salidas de las autopistas (Mataró). Se produjo una ruptura entre la dependencia del ferrocarril y los procesos de urbanización metropolitanos debida al uso generalizado del vehículo privado. Esta suburbanización implicó que el uso del vehículo privado se intensificase.

Desde principios de los años setenta hasta mediados de los ochenta del siglo XX, se produjeron cambios significativos en los transportes de Barcelona. Desaparecieron el tranvía y el trolebús de la ciudad, dejando como medios de transporte públicos al autobús, al metro y al ferrocarril. Hubo un cambio de tendencia respecto al crecimiento urbano. El espacio urbano creció de forma dispersa en torno a los ejes de las autopistas (A-7 por el corredor el Vallès, A-2 por el valle del Llobregat y la A-9 por el Maresme). Hubo un crecimiento tanto del suelo residencial como del industrial, que ampliaron la región metropolitana de Barcelona. Esto quedó reflejado en las encuestas de movilidad, que indicaban que la movilidad obligada experimentó una difusión hacia las coronas metropolitanas. Era un hecho que los viajes intermunicipales por motivo de trabajo se hacían cada vez más frecuentes y que era necesaria una mayor coordinación en los medios de transporte ferro-viarios y, por ello, con la creación de T.M.B. (Transportes Municipales de Barcelona) se estructuraron las redes de autobús y metro para complementarlas. En este período, el metro duplicó su número de kilómetros, aunque mantuvo su estructura fundamental. Es importante acotar que el metro, desde 1963, cuando se redactó el primer Plan de Urgencia, hasta 1985, tuvo cuatro proyectos de ampliación y reforma que, sin embargo, no fueron suficientes para abarcar toda el área metropolitana. Este hecho fue debido también a la mala gestión administrativa. La política de integración y modernización de la red llegó tarde respecto del crecimiento urbano, aunque finalmente el metro llegó a Hospitalet, Cornellà, Sant Adrià, Santa Coloma y Badalona, donde residía una buena parte de los trabajadores de Barcelona. La red ferroviaria se modernizó y R.E.N.F.E. reestructuró las estaciones centrales; las redes se reestructuraron (desapareció la estación del Norte); se mejoraron las frecuencias de paso y servicio y apenas se crearon líneas, excepto Barcelona Sants-Aeropuerto del Prat, la ronda exterior para mercancías y algunos ramales.

Desde mediados de los ochenta hasta finales de la década de los noventa del siglo XX, se produjeron cambios sustanciales. Las pautas de localización territorial implicaron una mayor difusión y consumo de suelo (este tipo de urbanización es muy dependiente del vehículo privado ya que es muy difícil que el transporte colectivo de pasajeros pueda llegar a áreas tan dispersas). La movilidad extramunicipal estaba en aumento y cada vez había más personas que transitaban en vehículo privado, distribuyendo así los viajes de forma cada vez más dispersa. Al mismo tiempo el autobús se supeditó al metro, el cual se amplió y mejoró la calidad de sus estaciones coincidiendo con una integración tarifaria parcial. Fue en este período cuando el metro se consolidó como el transporte público más usado en Barcelona y en su área metropolitana. Por su parte, R.E.N.F.E. modernizó el ferrocarril de cercanías y la red ferroviaria se intensificó aumentando las frecuencias de paso y llegando al límite máximo de capacidad de viajeros. El ferrocarril experimentó un aumento de usuarios debido al encarecimiento de los carburantes, a la insuficiencia de la red viaria y a la modernización de los ferrocarriles. No obstante, pese a estos buenos resultados, no se maximizaron determinadas oportunidades, como la cita olímpica de 1992, para poder realizar obras de gran calado en la ciudad. Se eliminaron las líneas de la costa y sus estaciones, y se reorganizaron las líneas ferroviarias de cercanías. Sin embargo, no se construyó una obra tan necesaria como la de un túnel

ferroviario paralelo a la Ronda del Litoral, situado entre las desembocaduras de los ríos Besòs y Llobregat, que habría resuelto muchos de los problemas de movilidad en Barcelona.

A pesar de ello, la red viaria también creció (A-7 y rondas), reduciendo así el tiempo de viaje en el área metropolitana y entre áreas periféricas. Se consiguió que la mayoría de los núcleos urbanos del área metropolitana fuesen accesibles en 40-50 minutos en transporte colectivo. Fuera de estos recorridos, el tiempo de viaje aumentó muy considerablemente, mientras que en vehículo privado se pudo llegar a la mayoría de las poblaciones de la segunda corona en menos de media hora. Más tarde, como indica M. Taravilla Rodríguez (2010), ocurrieron una serie de hechos significativos: en 1992 la estación de Francia se remodeló y en 1993 entró en funcionamiento el metro regional, una denominación para los trenes de cercanías que modificaban sus servicios y frecuencias. En 1995 se inauguró el tramo entre Cerdanyola del Vallès y la Universitat Autònoma y en 1997 se inauguró el Euromed, que era un servicio de alta velocidad entre Barcelona y Alicante, pasando por Valencia. En 2005, una ley permitió la separación de las infraestructuras y de los servicios ferroviarios, y se crearon las empresas adscritas al Ministerio de Fomento: ADIF y Renfe Operadora. La primera se encarga desde entonces de administrar y construir infraestructuras ferroviarias de la construcción de RFIG (Red Ferroviaria de Interés General), así como de las nuevas líneas. La segunda, por su parte, presta servicios públicos ferroviarios de viajeros (el Estado la compensa económicamente) y de mercancías, y realiza mantenimientos de material móvil.

Más tarde, durante la primera década del siglo XXI, se implantaron en Barcelona el metro ligero y la alta velocidad. La implantación del Trambesòs y el Trambaix ha demostrado el grado de aceptación popular del medio. La unión de ambas redes por la Diagonal tendría un impacto positivo sobre el paisaje urbano, el medio socioeconómico y el conjunto de la sociedad. Esta implantación por la Diagonal repercutirá en la circulación por la trama ortogonal y agilizará la sustitución progresiva del vehículo privado (Taravilla Rodríguez, 2010). Por otra parte, la alta velocidad entre Madrid y Barcelona llegó a Lleida en 2003, a Tarragona en 2006, a Barcelona en 2008 y a la frontera francesa en 2013. Los diferentes itinerarios propuestos para el paso del TAV en Barcelona (al aeropuerto, cruzar por el Vallès, estación intermodal entre Paseo de Gracia y Balmes, cruzar por el litoral de Barcelona...) han supuesto retrasar la implantación de la alta velocidad. Concretamente, el TAV en Barcelona llegó en tres fases; una entre el Prat de Llobregat y Sants, otra entre Sants y Sagrera y otra entre Sagrera y la reordenación urbana del sector Sagrera-Sant Andreu. En el período señalado, se han realizado diversos planes de actuación. El Plan estratégico de infraestructuras y transporte 2005-2020 propuso coordinar las administraciones competentes y adaptar las infraestructuras a la accesibilidad real del territorio. Para ello deben mejorarse los servicios públicos efectivos de acceso hasta los nodos de las redes de altas prestaciones. También se realizó el Pla de transports de viatgers de Catalunya 2008-2012. Estos planes indican que hay aspectos importantes que hay que mejorar en la articulación del transporte colectivo de la ciudad. Estos aspectos son: la mejora global de los accesos a la red de transporte público para personas con problemas de movilidad o deficiencia

sensorial; la necesaria desaparición de los intersticios espaciales de la ciudad generados por los trazados ferroviarios; la conclusión de la línea 9 de metro y, por último, la necesidad de normalizar el transporte de mercancías por ferrocarril. A este respecto hay que indicar que en 2008 entró en funcionamiento el ramal de mercancías construido entre Can Tunis y Castellbisbal. Este trazado conecta las instalaciones portuarias y las terminales de mercancías del Morrot y Can Tunis, en el puerto de Barcelona, con el corredor ferroviario del Vallès (Castellbisbal-Mollet) y la línea de Vilafranca. Se pretendía eliminar la saturación de las líneas 2 y 4 y mejorar sus frecuencias. También se buscaba mejorar las comunicaciones con Castellbisbal y las conexiones y la explotación a los operadores de mercancías, así como reducir la contaminación. Estas actuaciones son importantes, ya que el transporte de mercancías ferroviario ha pasado de 13,73 millones de toneladas en 2004 a 8,95 millones de toneladas en 2007 y ello es realmente preocupante, aunque se están tomando medidas para poder corregir esta situación.

Un ejemplo paradigmático de la importancia creciente del ferro-carril en las comunicaciones, en la planificación y en la economía se produjo en 2009, cuando se implantó un nuevo servicio de transporte ferroviario de contenedores denominado “Barcelyon Express” entre el puerto de Barcelona y la ciudad francesa de Lyon, que une las terminales de contenedores del puerto barcelonés (TBC, TerCat) con la Terminal de Vénissieux (Naviland Cargo) situada en Lyon. Este servicio puede transportar contenedores marítimos y cisternas. Resulta un servicio de transporte altamente competitivo que puede captar el transporte ferroviario de mercancías de amplias zonas de España y Francia.

Teniendo en cuenta el análisis precedente, no cabe duda de la importancia e interrelación existente entre la planificación urbana y la planificación ferro-viaria. Los actuales planes de actuación territorial deben tener en cuenta siempre esta estrecha sinergia.

2.3. Características y evolución de los medios de transporte ferro-viarios de Barcelona

Este apartado analiza la evolución histórica y las principales características técnicas de la red ferro-viaria barcelonesa, analizando de forma diferenciada los diversos modos de transporte ferro-viario existentes (el ferrocarril, el tranvía, el funicular, el metro, el metro ligero, y la alta velocidad española).

2.3.1. Características y evolución del ferrocarril de Barcelona

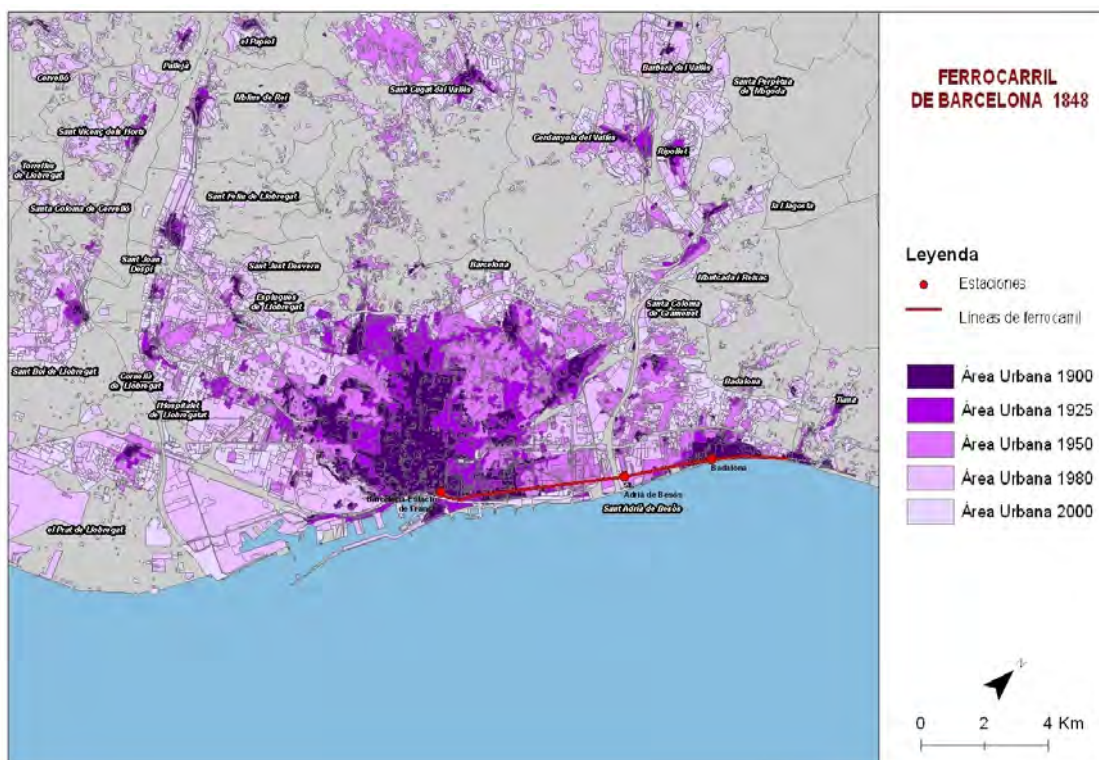
La red ferroviaria de Barcelona (figuras 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4) se inauguró en 1848, con la línea Barcelona-Mataró, siguiendo un recorrido cercano a la costa (Cuadros 2.1 y 2.2). En 1860, las líneas se diversificaron y siguieron los pasajes naturales del Besós y del Llobregat para poder llegar al resto de Cataluña y de España. A finales del siglo XIX, las diversas líneas ferroviarias comenzaron a conformar un entramado entre ellas, creando diversos ejes. Un ejemplo es el eje

que cruzaba Barcelona por Plaza Cataluña, para después, adentrarse por los valles del Besòs y del Llobregat. Una excepción fue el ferrocarril de Sarrià, que conectaba la ciudad de norte a sur. Ya en 1925, la red ferroviaria estaba bien definida, con una estructura en forma de cruz en el centro y diversas líneas a ambos lados del área metropolitana, que seguían los cauces naturales de paso (destacaba la línea con dirección a Mataró). Este esquema se mantuvo casi inalterado con el paso del tiempo, pero, a mediados del siglo XX, se creó en el centro de Barcelona un anillo de interconexión que facilitó la diversidad de destinos y rutas, dentro y fuera de la ciudad condal. Las estaciones de interconexión más importantes en este momento eran Sants Estació, Plaza Cataluña, Clot-Aragón y Arco de Triunfo. Posteriormente, en el último cuarto del siglo XX, la red llegó al aeropuerto y se eliminaron las vías de la línea a Mataró que circulaban por la costa de la ciudad, debido a la creación del anillo olímpico, fruto de las obras relativas a la cita olímpica de 1992. Por otra parte, a partir del año 2000, tres líneas de F.G.C. han pasado a formar parte integrante de la red de metro, debido a la mejora en las frecuencias de paso, al aumento en la cantidad de estaciones y a la mejora del grado de integración, tanto tarifaria, como de interconexión con el resto de la red. Estas líneas eran la L6, la L7 y la L8, todas ellas gestionadas por F.G.C. La L6 y la L7 atraviesan de norte a sur la ciudad en su sector central (al igual que las líneas S1, S2, S5 y S55) mientras que la L8 se desliza por el sector oeste de Barcelona hasta Sant Boi (al igual que las líneas S33, S4, S7, S8 y de Cercanías R5 y R6). El PDI 2010-2020 prevé una ampliación de la L8. Esta ampliación pretende reordenar el centro, creando una pequeña ronda concéntrica a la formada por las líneas 9 y 10. Esta ronda tendrá consecuencias notables sobre la movilidad en este sector de la ciudad, que posee una gran importancia debido a su centralidad. El PDI 2010-2020, también proyecta otra línea de norte a sur de la ciudad, desde Poblenou hasta Mundet. Esta línea está inicialmente diseñada como un ferrocarril regional, pero se tiene la intención de integrarlo en la red de metro tal y como en la actualidad lo están las líneas L6, L7 y L8.

Otras líneas ferroviarias de importancia son las de Cercanías, que realizan el mismo trayecto longitudinal que el resto de líneas ferroviarias barcelonesas. La R1 realiza un recorrido desde Sants Estació hacia el aeropuerto. La R2 realiza un recorrido de oeste a este, desviando su trayectoria hacia el noreste. Por último, las líneas R3 y R4 poseen trayectos paralelos en la mayor parte de su recorrido, que atraviesan la práctica totalidad de la ciudad (especialmente la R4).

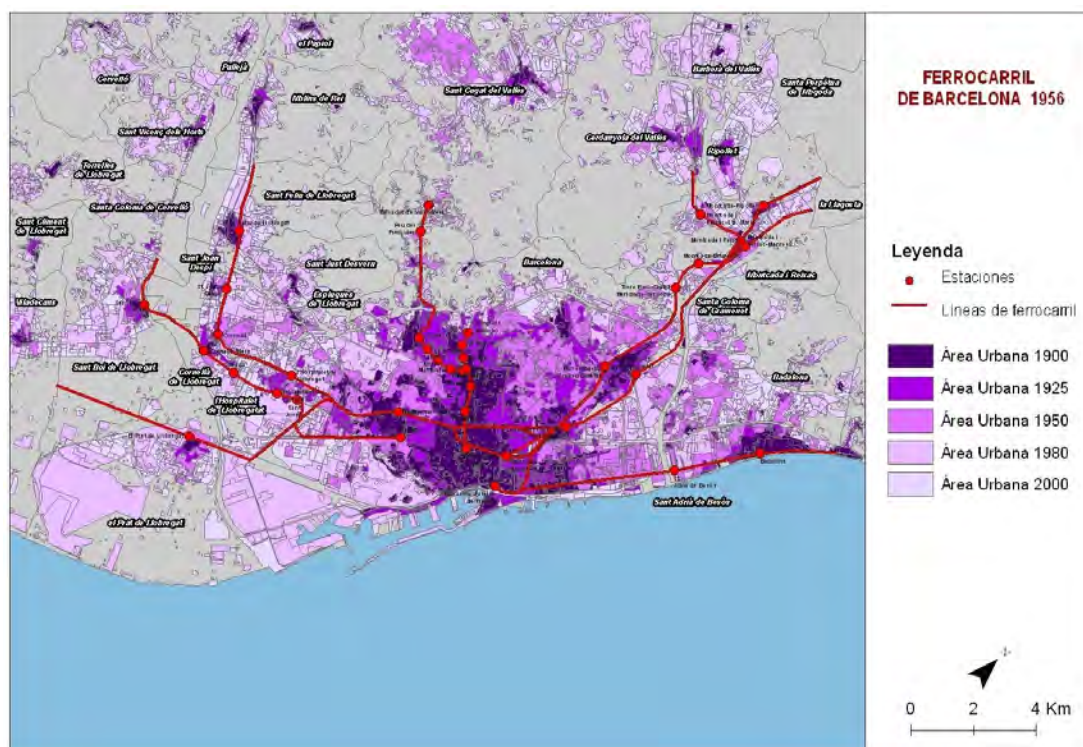
En cuanto a los enlaces de las líneas, se ha planificado para el año 2020 la creación de diversos enlaces que proveerán de interconexión a la red. También se ha previsto la ampliación de la red hacia el Llobregat, siendo el aeropuerto un objetivo de primer orden. Como conclusión hay que mencionar que la red comenzó su andadura en el área estudiada con cerca de 11 km y se ha estabilizado en los 100 km de líneas en las primeras décadas del siglo XX.

Figura 2.1. Ferrocarril de Barcelona, 1848



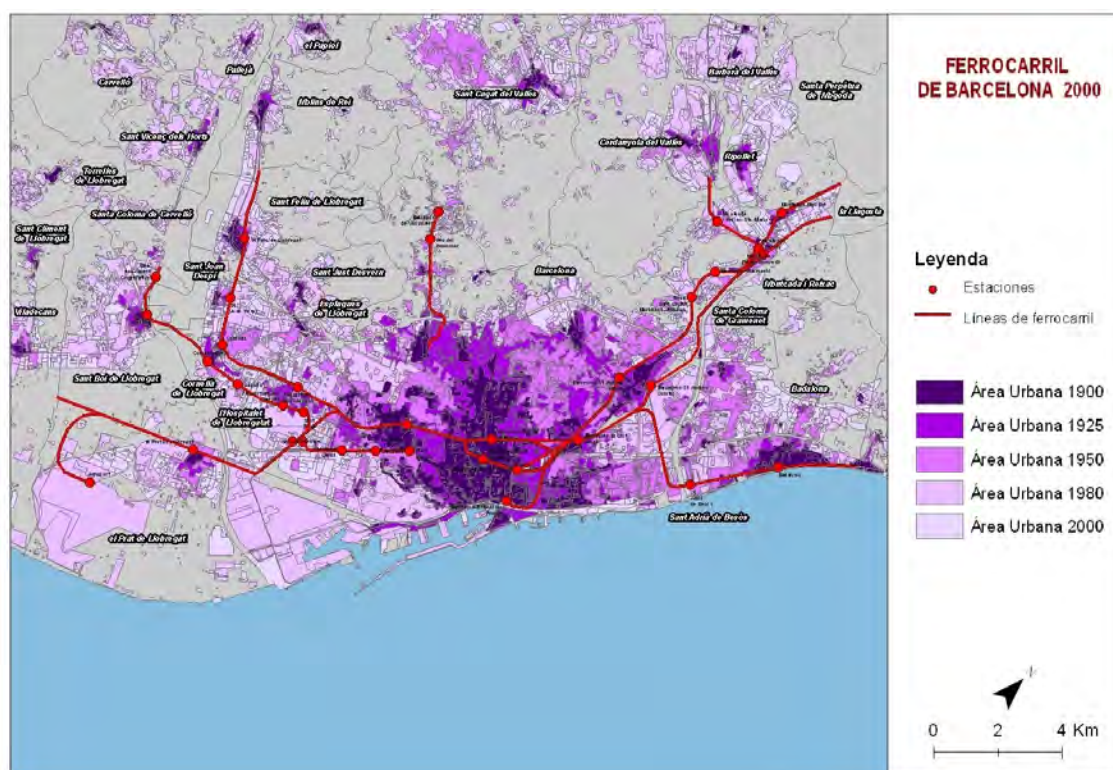
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.2. Ferrocarril de Barcelona, 1956



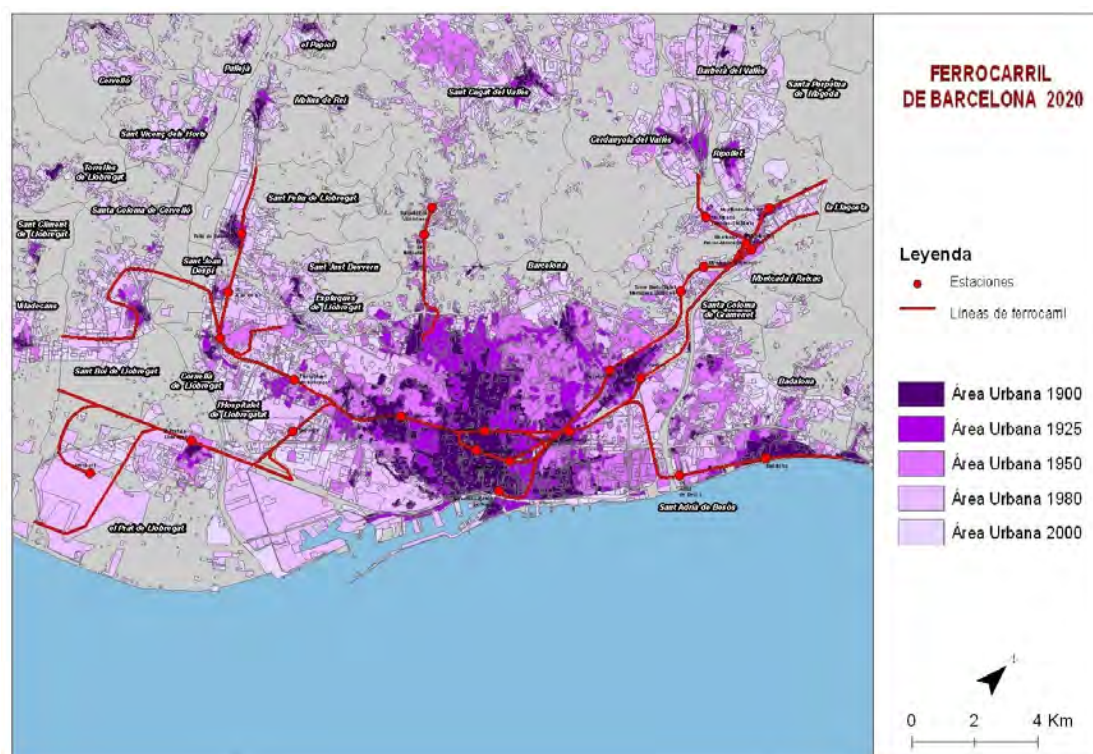
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.3. Ferrocarril de Barcelona, 2000



Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.4. Ferrocarril de Barcelona, 2020



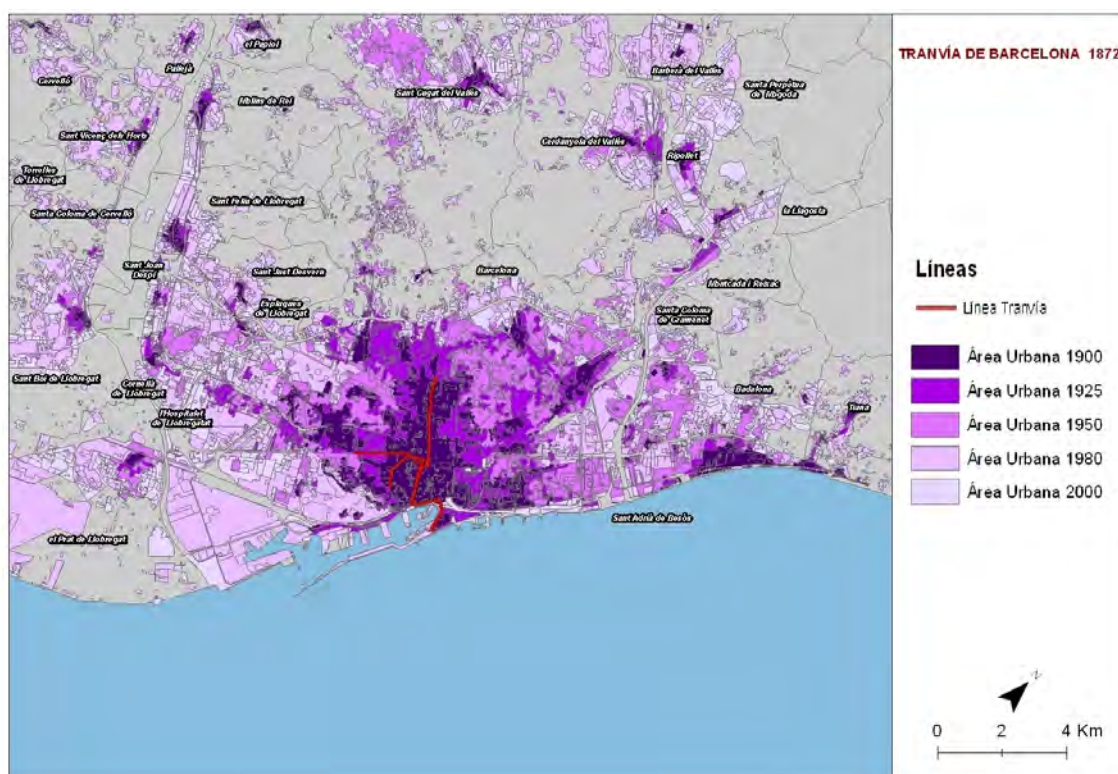
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

2.3.2. Características y evolución del tranvía de Barcelona

El tranvía es el primer medio ferroviario de carácter urbano que se implantó en Barcelona (figuras 2.5, 2.6, 2.7 y 2.8), aunque en sus inicios tuvo una finalidad interurbana, al enlazar a Barcelona con los núcleos del Llano. La red comenzó a implantarse en 1872, a lo largo de lo que luego sería el Paseo de Gracia y rodeaba el casco antiguo de la ciudad penetrando por las Ramblas y llegando al puerto (Cuadros 2.1 y 2.2). Su desarrollo fue realmente notable y ya en el año 1880 poseía un elevado grado de articulación con varias líneas que unían a Barcelona con Gracia, fundamentalmente. En 1900 la red llegó a Badalona y El Carmel y en 1905 la red se densificó, tanto en Ciutat Vella como en Gracia, en el Ensanche y en Sarrià. Hasta 1940, se produjo la ampliación de la red conforme la ciudad crecía, pero la estructura fundamental se mantuvo prácticamente intacta. Entre 1940 y 1960, la red se ensanchó y se ramificó por toda el área urbana de Barcelona, al tiempo que ésta crecía. Líneas longitudinales, circulares y transversales se interrelacionaban, creando gran diversidad de opciones de transporte en un medio cuyos trayectos unían los más diversos puntos (buena parte de dichos trayectos tenían itinerarios redundantes). Las estaciones se hallaban muy próximas entre sí, entre 100 y 200 metros, debido a las frecuencias y a la velocidad del sistema (hasta 1905 no se instalaron estaciones fijas y, para que los viajeros subiesen o bajasen del convoy, el tranvía únicamente podía ralentizar su paso en los centros neurálgicos del sistema o en lugares de confluencia de la población, como mercados o teatros). Tan próximas eran las estaciones y tan densa era la red de líneas de tranvía, que el total de las estaciones proveía de cobertura a la casi totalidad de la población y al área de Barcelona (realizando el cálculo teniendo en cuenta un radio de 300 metros alrededor de cada estación).

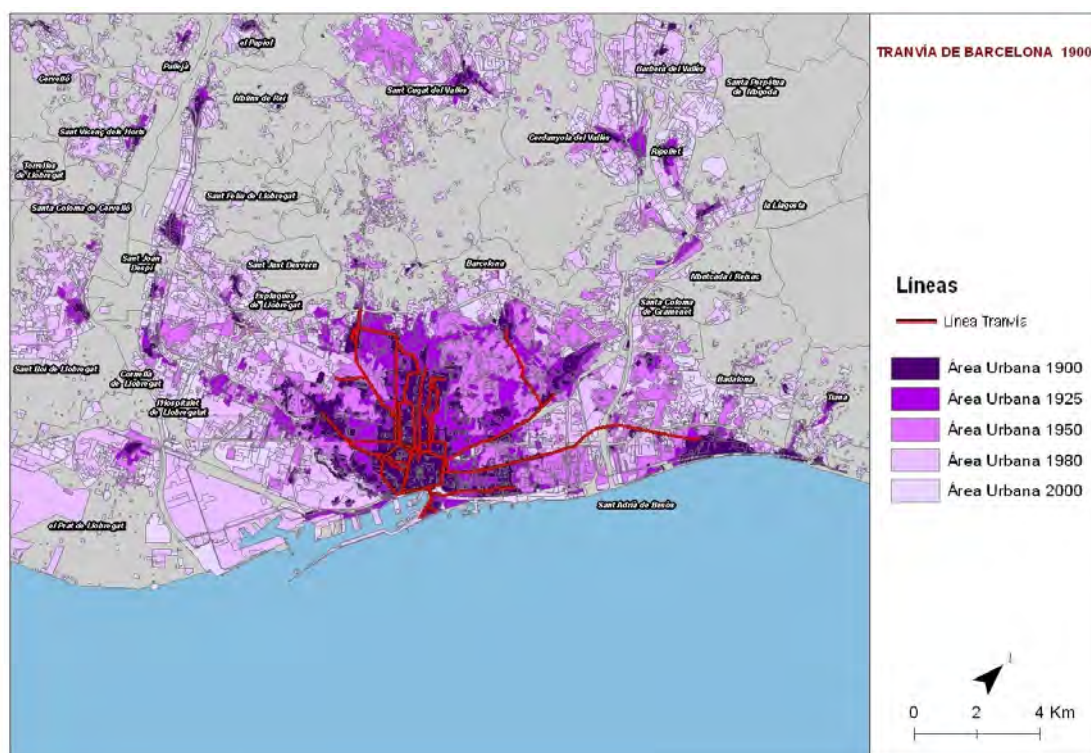
El tranvía, que comenzó teniendo 24 km de líneas, alcanzó los 131 en apenas 30 años y en solo 5 años más, en 1905, se amplió hasta los 200 km. Su zénit se alcanzó en 1924 con 293 km de red, pero se mantuvo entre 250 y 280 km hasta pocos años antes de su práctica desaparición, en 1972. Sólo permaneció como remanente el tranvía Blau, de poco menos de un kilómetro y medio de longitud. Es sorprendente cómo la competencia del autobús y del vehículo privado y una gestión que desincentivó la inversión tranviaria consiguieron que, en apenas una década, desapareciese una tupida red tranviaria.

Figura 2.5. Tranvía de Barcelona, 1872



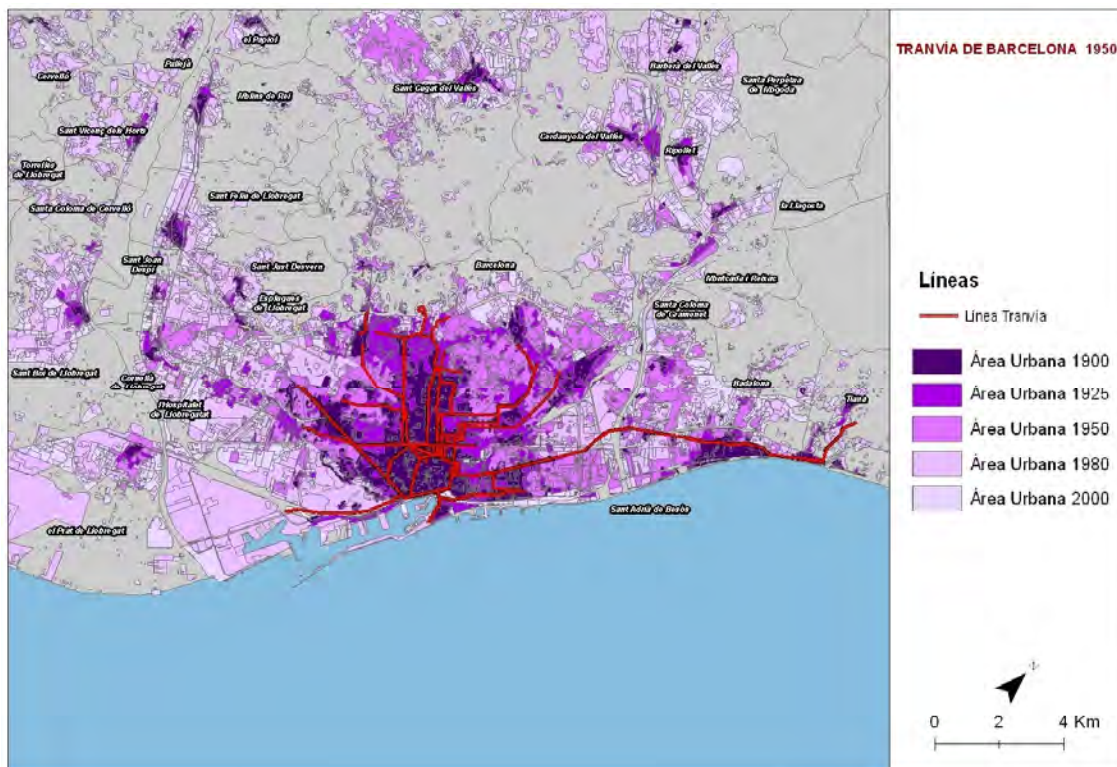
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.6. Tranvía de Barcelona, 1900



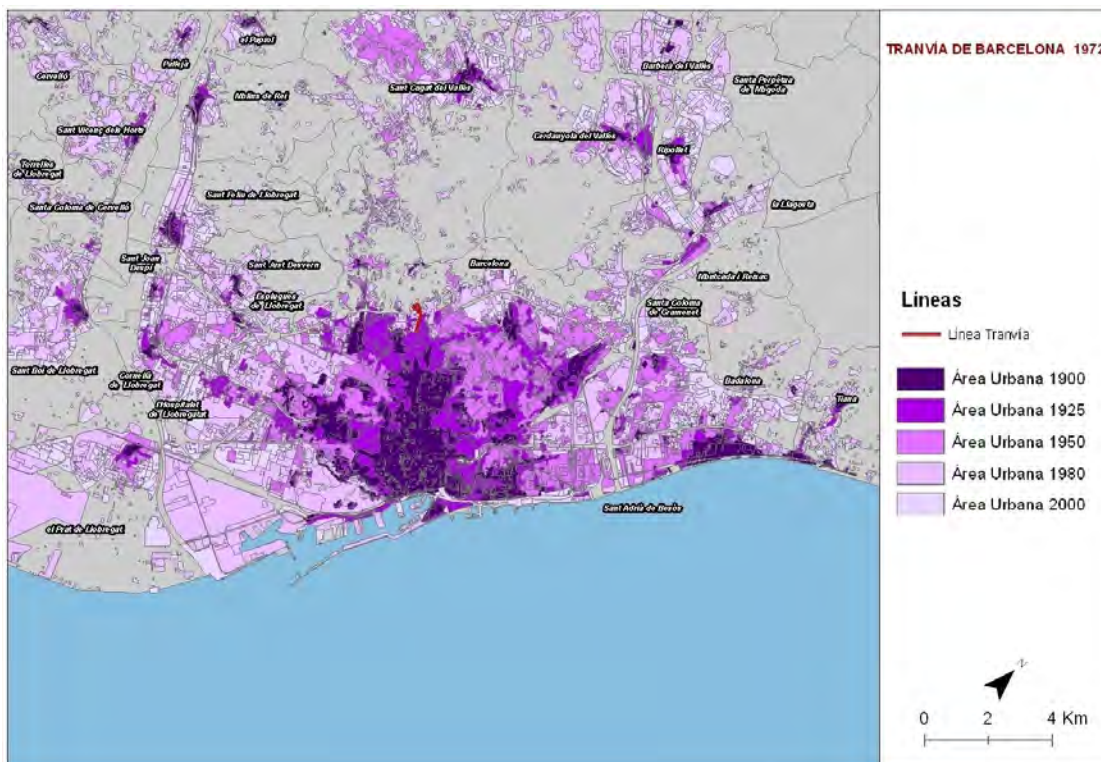
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.7. Tranvía de Barcelona, 1950



Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.8. Tranvía de Barcelona, 1972



Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

2.3.3. Características y evolución del funicular de Barcelona

Dos son las fechas claves de la evolución del funicular en el área metropolitana de Barcelona. Una es 1906, en la que ya estaban operativos los funiculares del Tibidabo y Vallvidrera y la otra es 1928, en la que el funicular de Montjuïc inició su andadura. Apenas 3 km de línea en total y 7 estaciones convierten este medio en un pequeño capítulo en la realidad ferro-viaria de Barcelona, aunque de vital importancia para alcanzar determinadas áreas de difícil acceso (Cuadros 2.1 y 2.2).

2.3.4. Características y evolución del metro de Barcelona

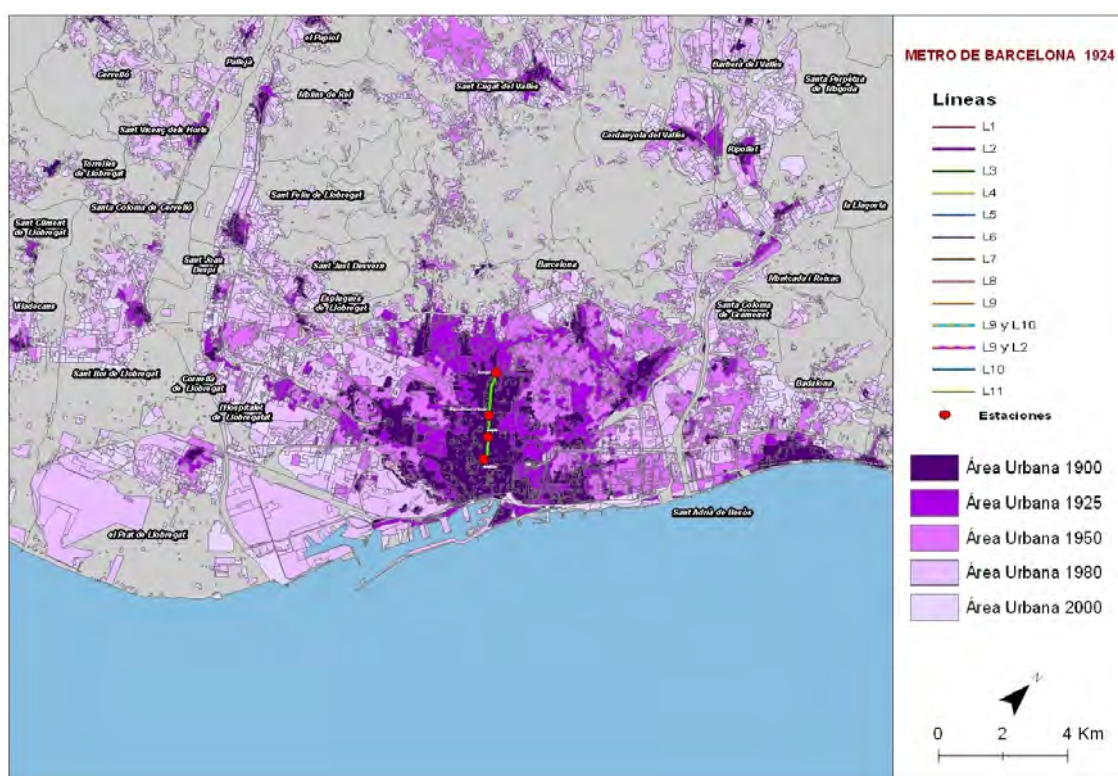
El metro de Barcelona (figuras 2.9, 2.10, 2.11 y 2.12) se inauguró en 1924, con un trayecto de 2.7 km entre Lesseps y Cataluña y 4 estaciones. Pocos años después, en 1930, ya había triplicado su tamaño, alcanzando los 7.6 km y 17 estaciones, repartidos en dos líneas, el Gran Metropolitano (actuales L3 y parte de la L4) y El Transversal (actualmente L1). Comenzaba así a pergeñarse su estructura en forma de cruz, con un centro neurálgico (Cataluña) como nexo de ambas líneas. Esta estructura se mantuvo casi inalterada durante 20 años, debido a la Guerra Civil y a la posguerra que truncaron el desarrollo del metro por la falta de inversiones (Cuadros 2.1 y 2.2). En 1950, la red apenas contaba con poco más de 10 km de líneas y 21 estaciones, pero a partir de 1950, el Transversal se amplió notablemente, hasta San Andrés Arenal. En 1960 ya se había incorporado el Transversal Alto (actual L5) que llegaba hasta Sagrera-Vilapicina. En ese momento la red contaba con 16.5 km de líneas y 30 estaciones y comenzaba a ampliarse intensamente. En ese momento, la actual L1, era la línea que aglutinaba un mayor número de km (casi 10 km) respecto al resto de líneas, pero, ya en los años 70, la estructura comenzó a cambiar. La L5 se amplió notablemente. La L1 y la L5 eran los ejes longitudinales y la L3 y la L4 eran los ejes norte-sur que vertebraban la incipiente red ferro-viaria. El metro alcanzó los 28 km de líneas y las 45 estaciones en esta época. Posteriormente, en 1975, la red ya se desarrollaba con fuerza. La L3 (siguiendo el esquema del Plan de Metros de 1966), formó un semicírculo en la izquierda del ensanche que nunca llegó a cerrar completamente. Este semicírculo iba desde Atarazanas (actual Drassanes) hasta Ciudad Universitaria (actual Zona Universitaria). Por su parte, la L4, intentó crear también una línea circular, también inacabada, en la derecha del ensanche, llegando hasta Maragall. La L5 se amplió y llegó a Hospitalet de Llobregat (hasta estas fechas la red de metro se circunscribía a Barcelona, pero comenzaba a incursionar en los municipios adyacentes). El crecimiento de la red era notable, llegando a los 40 km de línea y a las 60 estaciones, teniendo igual protagonismo las líneas 1, 3 y 5 (la L4 cada vez tenía un peso más importante). En 1980, la red siguió ampliándose, destacando la ampliación de la L4 hasta el Poblenou. En este momento las 4 líneas poseían un peso similar, entre 10 y 15 km cada una de ellas,

en una red de casi 50 km de líneas y 70 estaciones. Se formó una verdadera malla con ejes longitudinales y recorridos semicirculares redundantes, en un centro hipertrofiado, entre Cataluña y el Paseo de Gracia. En 1985, la red se desvió definitivamente de los planos iniciales, creados en 1966, para dar comienzo a una evolución diferente. La L3 empezó su recorrido por la Ronda de Dalt, rompiendo toda posibilidad de cerrar el Ring, mientras la L4 se desarrolló longitudinalmente hacia Badalona. La L1 y L5 también se desarrollaron longitudinalmente, para dar cobertura a los barrios obreros de la periferia barcelonesa, desde Cornellá de Llobregat hasta Santa Coloma de Gramenet. En ese momento, la red se perfilaba como un esquema arborescente, con un centro bien interconectado, formando un trapezoide, desde Plaza de Sants hasta La Sagrera y desde Marina hasta Drassanes. El eje central de este trapezoide iba desde Diagonal hasta Cataluña, pasando por Paseo de Gracia. Alrededor de este trapezoide central, diversas ramas formadas por haces de líneas penetraban la periferia metropolitana. La red poseía ya casi 65 km de líneas y 90 estaciones en ese momento. Más tarde, en 1995, se inauguró la L2, que fue proyectada durante los años 60, construida casi totalmente durante los años 70, y paralizada su construcción durante varias décadas. Su trazado densificó la red de metro desde Sagrada Familia hasta Paral·lel. Más tarde, en el año 2000, se incorporaron las líneas L6 y L7 a la red de metro. Inicialmente eran consideradas líneas de ferrocarril, pero, posteriormente, fueron consideradas parte integrante del sistema metro, debido a una serie de mejoras en sus frecuencias, y a la apertura de nuevas estaciones en su recorrido. La L6 y L7 redoblaron la importancia del eje central de la red dándole un peso aún mayor al tramo existente entre Diagonal y Cataluña, mientras que la L2 se prolongó hasta La Pau. La red de metro disponía de 85 km de líneas y 123 estaciones en ese momento. En el año 2005, se incorporó la L8 a la red por los mismos motivos que la L6 y la L7, formando un nuevo tentáculo hacia Sant Boi. La L3 se prolongó hacia Trinitat Nova, mientras que el tramo de La Pau a Pep Ventura, pasó a formar parte de la L2, para facilitar la conexión entre Badalona y el centro de Barcelona. Este hecho proporcionó a la L4 la oportunidad de poder cerrar el círculo inicial que se había diseñado para esta línea. Por otra parte, la L11 hizo su aparición entre Trinitat Nova y Montcada y Reixac. Esta línea sorteó diversos obstáculos, en un terreno dificultoso por su orografía, pese a su breve trayecto. La red de metro alcanzó en este año los 100 km de líneas y las 143 estaciones. En 2009, el esquema permanecía casi inalterado respecto al año 2005, y actualmente el metro de Barcelona tiene 11 líneas que configuran una estructura arborescente. Sus trazados definen un trapecio invertido que delimitan el área central. Este trapecio posee un centro neurálgico entre Plaza Cataluña, Paseo de Gracia y Diagonal. Sus extremos son Sants Estación y Plaza España al oeste y Clot y Sagrera al este. Esta área aglutina el mayor número de interconexiones entre las líneas. Debido a la forma rectangular de la ciudad condal, la mayor parte de las líneas posee una disposición longitudinal oeste-este, como es el caso de la L1 (cuyo trazado define el límite sur del trapecio central), la L2 (que parte del centro del trapecio para

vertebrar el sector este de la urbe) y la L5 (que define el límite norte del trapecio central) cuyo extremo este, se encamina hacia el sector norte de la ciudad. La L3 es la línea más antigua del metro de Barcelona y se configura en forma de parábola invertida atravesando de norte a sur la metrópoli. Por su parte, la L4, diseñada inicialmente para ser una línea circular, provee de servicio a la mitad este de la ciudad sin completar el anillo inicialmente diseñado para esta línea. La L11 supone, únicamente, una pequeña ampliación del trazado de la L4 al noreste de la ciudad, mientras que las recientes líneas 9 y 10, en sus primeros tramos, abarcan el área situada más al este del continuo urbano, concretamente entre Barcelona, Badalona y Santa Coloma de Gramenet.

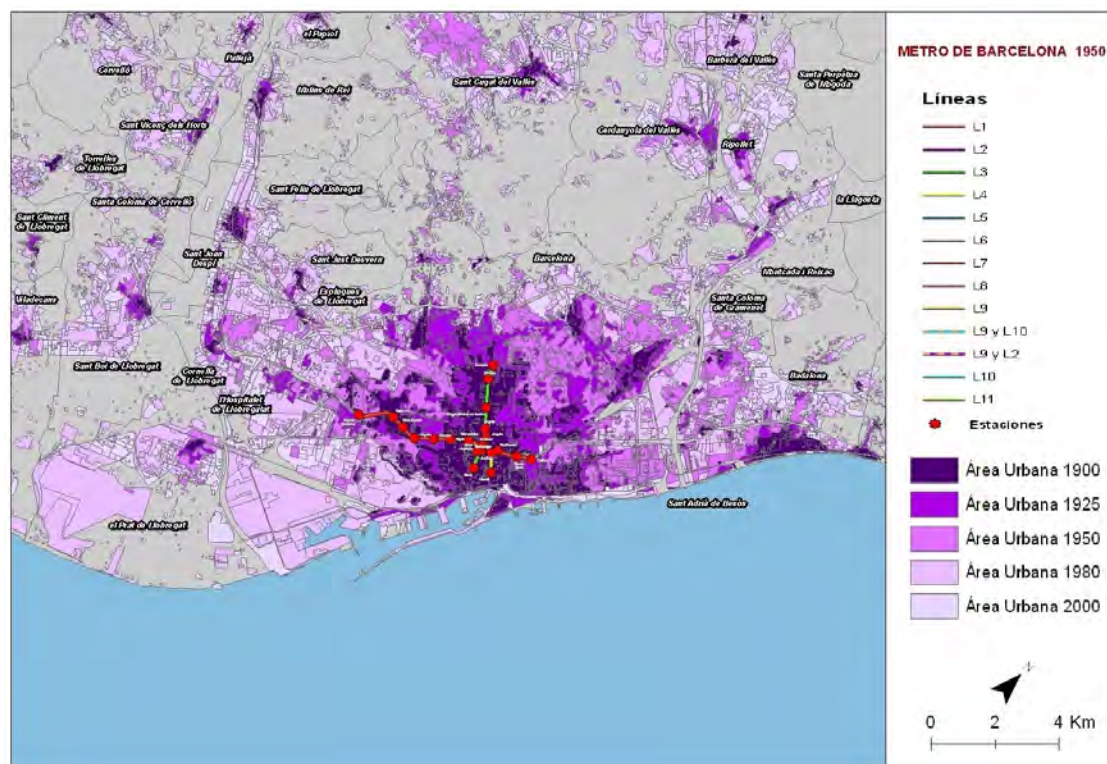
Es importante tener en cuenta los planes territoriales que han hecho referencia a la red de metro de Barcelona, ya que mostraban la intención de crear un sistema ferro-viario realmente maduro. Concretamente, en el año 2020, según el PDI 2010-2020, se habrá finalizado la construcción de la L9-L10, una línea perimetral de gran envergadura (una de las líneas más largas de Europa con más de 40 km de trazado, cuyo presupuesto inicial rondaba los 2.500 millones de euros pasando a superar los 4.000 millones en la actualidad) que conectará diversas zonas, desde Badalona y Santa Coloma de Gramenet hasta el Aeropuerto del Prat. Esta línea tendrá un recorrido pleno de estaciones de interconexión, que permitirán la realización de viajes transversales entre diferentes puntos del área metropolitana, sin la necesidad de redundar en el centro. La red de metro se conformará como una verdadera malla, como un sistema cerrado e interconectado, donde existirá la posibilidad de realizar diversos itinerarios posibles. La antigua estructura tentacular dará paso a un verdadero sistema complejo, afianzado por la incursión de la L8 hacia el centro y modificando la movilidad en un área clave del sistema. Serán 160 km de líneas y 213 las estaciones las que conformarán esta red. Por último, un hipotético escenario sin fecha fija, más allá del horizonte 2020, dibujará una estampa, en la que la L1, L2 y L6 cerrarán el circuito creado por la L9-L10. Al mismo tiempo, la L3 incursionará decididamente hacia Sant Feliu de Llobregat y la L4 se plegará sobre sí misma, en un intento de cerrar su estructura circular. Otra actuación de importancia estará representada por una nueva línea ferroviaria que hará aparición. A medio camino entre metro y ferrocarril, esta línea se integrará a medio o largo plazo en la red de metro y su función será principalmente la de interconectar las estaciones ya existentes, dibujando un nuevo trazado norte-sur, desde Plaza Cataluña hasta Mundet. La existencia de esta línea mejorará la interconexión y la isoaccesibilidad de todo el sistema que en ese período habrá alcanzado los 180 km de líneas y 241 estaciones.

Figura 2.9. Metro de Barcelona, 1924



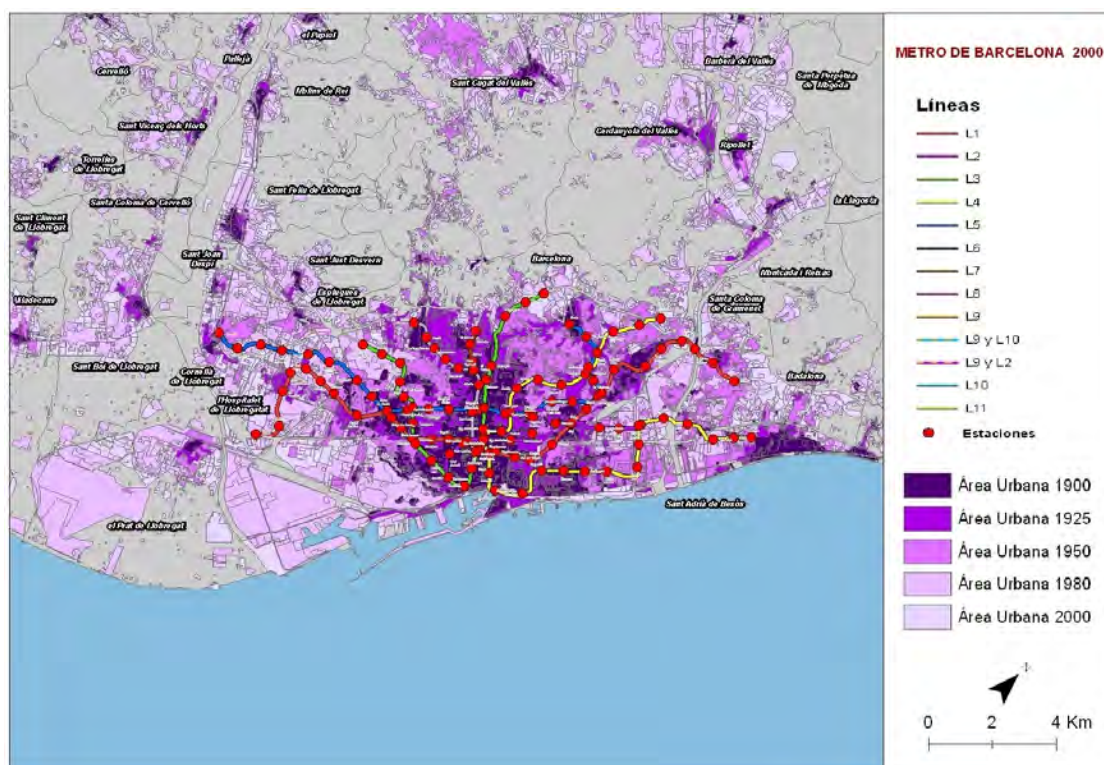
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.10. Metro de Barcelona, 1950



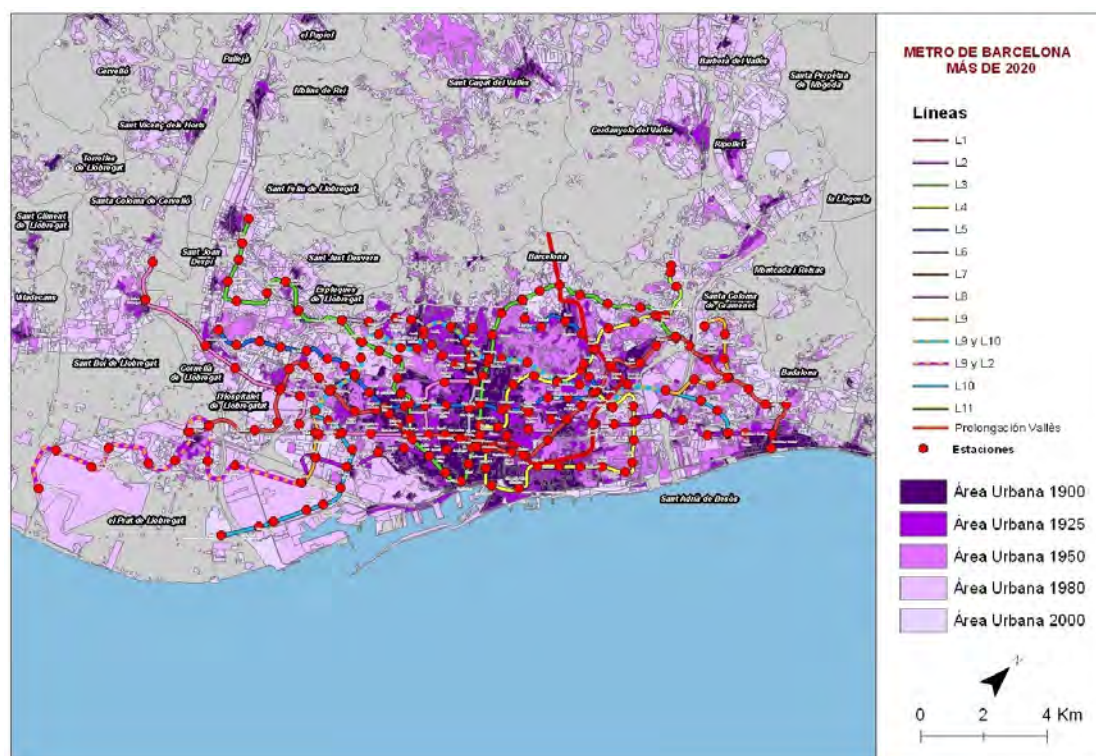
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.11. Metro de Barcelona, 2000



Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.12. Metro de Barcelona, más de 2000

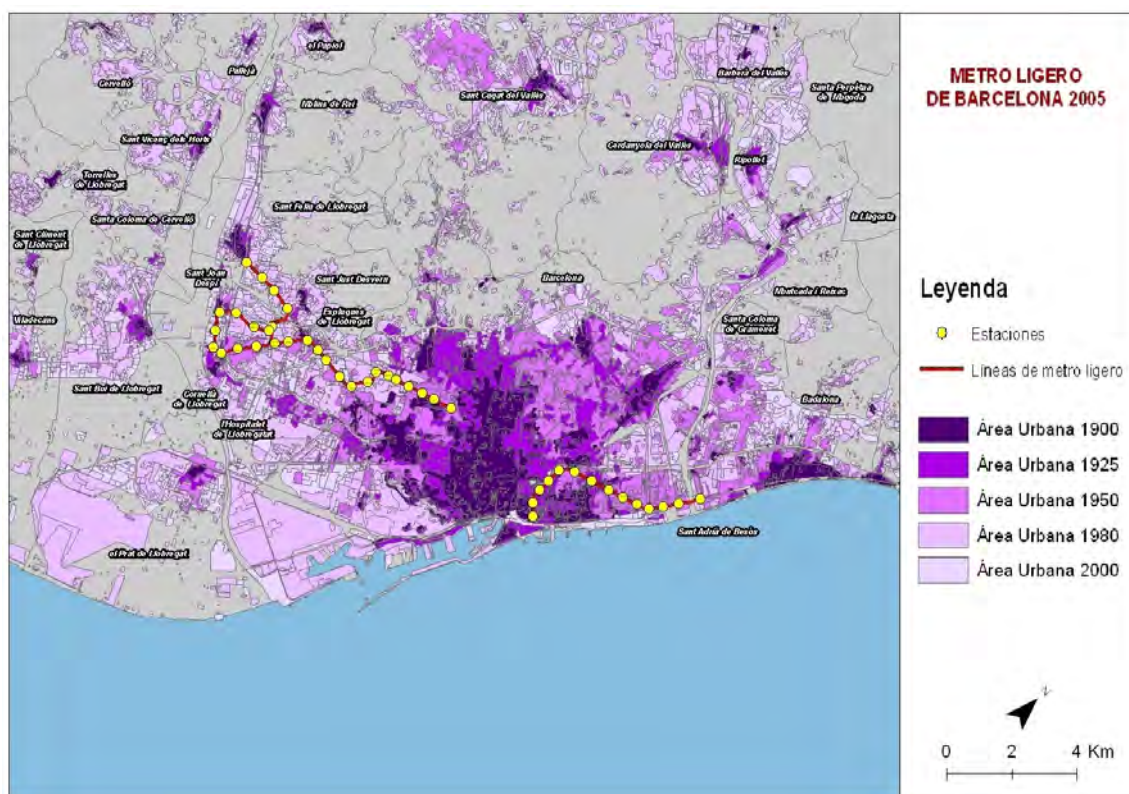


Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

2.3.5. Características y evolución del metro ligero de Barcelona

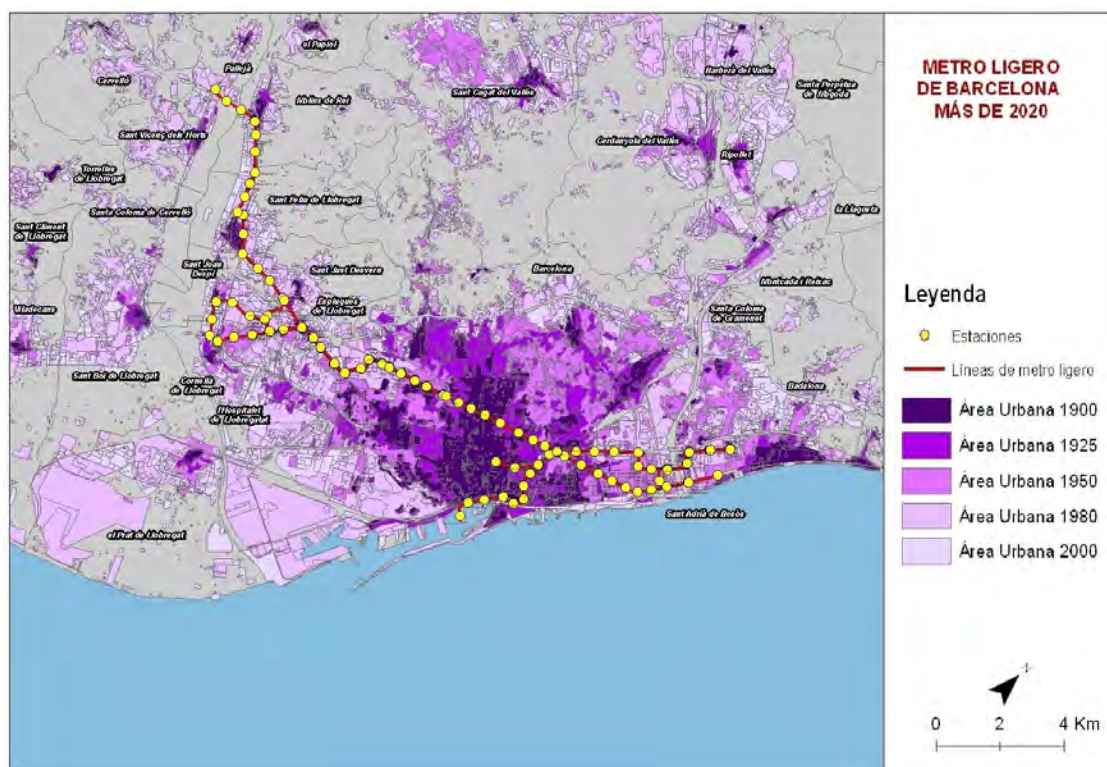
La creación del metro ligero (figuras 2.13 y 2.14) respondía a la necesidad de incorporar un medio de transporte de masas de gran capacidad de pasajeros, que estuviese a medio camino entre el tranvía y el metro convencional. Después de la implantación en diversas ciudades de Norteamérica y Europa (incluida España, en donde Valencia ya introdujo este medio de transporte a mediados de los años 90) se decidió incorporar este medio en Barcelona, en el año 2004. Este medio de transporte está concebido para dar cobertura a áreas de densidad poblacional media y baja y, por ello, se implantó en dos áreas del área metropolitana (Cuadros 2.1 y 2.2). Se implantó en El Baix Llobregat, desde Sant Joan Despí a la zona alta de la Diagonal (Trambaix), y en el área del Besòs, desde la Vila Olímpica a Sant Adrià, realizando una incursión en el sector meridional de la Diagonal (Trambesòs). El Trambaix era el que poseía una estructura más compleja en sus inicios, formando un recorrido circular que orientaba las diferentes rutas del metro ligero en una dirección u otra. El Trambesòs poseía una estructura mucho más simple, pero, en 2011, el Trambesòs conformó una red trapezoidal que le permitió la misma versatilidad existente en el Trambaix, al crear diferentes rutas, usando un mismo entramado ferro-viario. Las actuaciones más importantes previstas para el metro ligero en el PDI 2010-2020 son dos. Una es la unión de ambos sistemas por la Diagonal, siendo este proyecto polémico, debido a la importancia de esta arteria viaria para gestionar el tráfico de superficie. La implantación del metro ligero vería limitada la superficie de la Diagonal dedicada al vehículo rodado. La otra actuación, es una ampliación extensa del metro ligero por el Baix Llobregat, tampoco exento de polémica, al preferir los habitantes de dicha área la implantación de un sistema de metro convencional. La incursión del metro ligero por el centro y por el puerto son también propuestas puestas sobre la mesa, que posiblemente se vean concretadas en el corto plazo. El metro ligero comenzó teniendo cerca de 20 km de líneas y 43 estaciones en 2005, para alcanzar los, cerca de 30 km y 56 estaciones, en 2011. Se tiene la intención a corto plazo de llegar a los 44 km y a las 112 estaciones en un período próximo a 2020. La evolución creciente de este medio de transporte demuestra su versatilidad y popularidad.

Figura 2.13. Metro ligero de Barcelona, 2005



Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.14. Metro ligero de Barcelona, más de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

2.3.6. Características y evolución del AVE en Barcelona

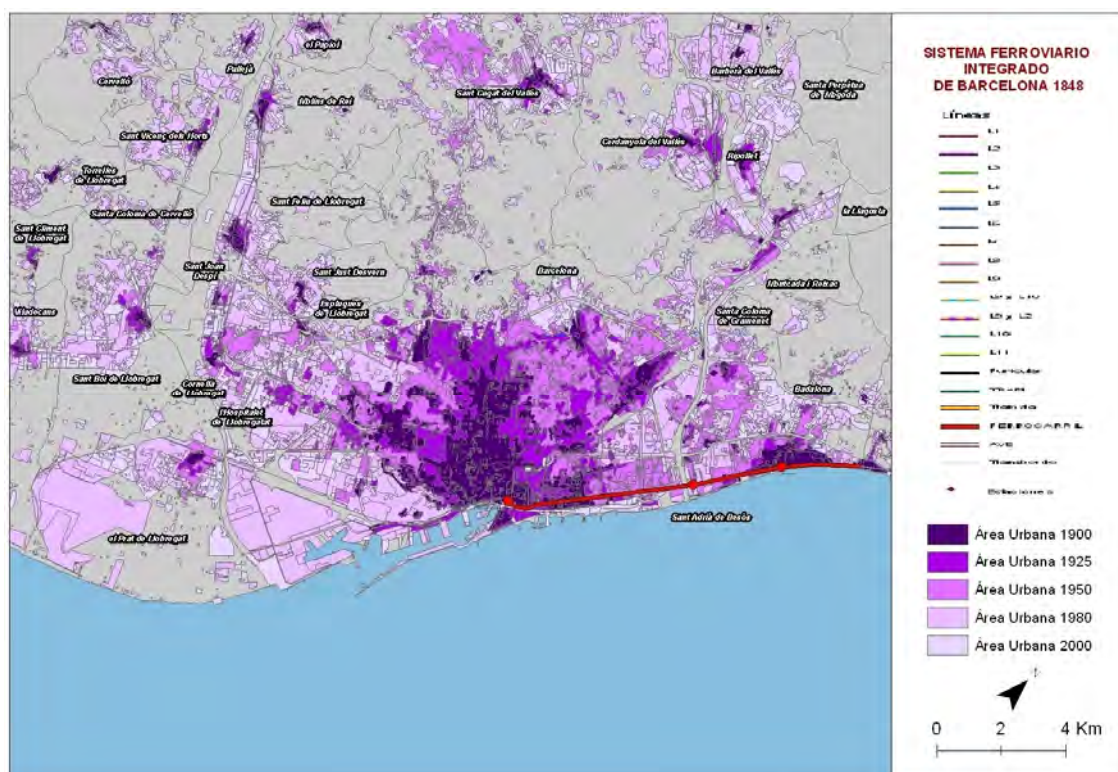
La alta velocidad ferroviaria hizo su aparición en Barcelona en el año 2008. Llegó a Sants-Estació y hasta Sagrera, desde el Baix Llobregat y posteriormente se dirigió hacia Santa Coloma de Gramenet y Montcada i Reixac (Figuras B60 y B61 del volumen II de anexos). Las estaciones de AVE están destinadas a convertirse en focos de gran dinamismo y transformación urbana. El poseer este innovador medio de transporte permite la realización de grandes desplazamientos en un tiempo reducido.

2.3.7. Características y evolución del sistema ferroviario conjunto de Barcelona

En el período comprendido entre 1848 (cuando apareció el ferrocarril en Barcelona) y 1924, el ferrocarril dibujó la estructura de lo que posteriormente se convertiría en el área metropolitana de Barcelona (figuras 2.15, 2.16, 2.17 y 2.18). El ferrocarril creó un centro bien definido y unas líneas de acción en torno al Besòs y el Llobregat, conformando el característico desarrollo longitudinal de la ciudad condal y el ulterior desarrollo de la aglomeración urbana por el Vallès. El tranvía en cambio ayudó a configurar el continuo urbano. Era el esqueleto de la ciudad, la ciudad crecía y el tranvía crecía con ella, posibilitando la conexión a sistemas ferro-viarios subsidiarios como el funicular. La aparición del metro era casi innecesaria en ese esquema, puesto que el exiguo trazado que poseyó, durante sus primeras décadas de existencia, y el área a la que daba servicio, era cubierta ampliamente por la red de tranvías, a precios mucho más asequibles. Sin embargo, el metro despegó a partir de los años sesenta del siglo XX (misma fecha en la que el tranvía se precipitaba hacia su desaparición). Es notable reseñar que la abrupta desaparición del tranvía no se vio sustituida con la implantación, a corto plazo, de líneas y estaciones de metro. Este hecho dejó desprovistos a muchos barrios de un sistema ferro-viario de transporte, pese a los intentos realizados por la red de autobuses para mitigar este hecho. En los años ochenta ya se advertía la relación entre ferrocarril y metro, con múltiples estaciones de interconexión en Sants-Estación, Plaza Cataluña, Paseo de Gracia... creando un sistema complejo y cada vez más unitario. En la primera década del siglo XXI, este hecho se acrecentó al pasar a formar parte de la red de metro, varias líneas anteriormente pertenecientes a la red de ferrocarriles (L6, L7 y L8), evidenciando así la imbricación de ambos sistemas de transporte. La implantación del metro ligero permitió enlazar las áreas desprovistas de enlace ferro-viario y ensambló todo el sistema ferro-viario de Barcelona de forma transversal, a través de la Diagonal, proporcionándole una mayor consistencia al conjunto de la red. Las ampliaciones previstas en el PDI 2010-2020 conferían gran importancia al ferrocarril en todas sus modalidades, debido a su gran capacidad como transporte de masas. El escenario final es una muy tupida red ferro-viaria, en la que ferrocarril, metro convencional y metro ligero se interconectan de forma compleja, proveyendo al ciudadano de la posibilidad de viajar desde cualquier punto del área metropolitana de Barcelona, a cualquier otro punto, en un tiempo inferior a una hora y con sistemas integrados y funcionales. Los planes de expansión ferro-

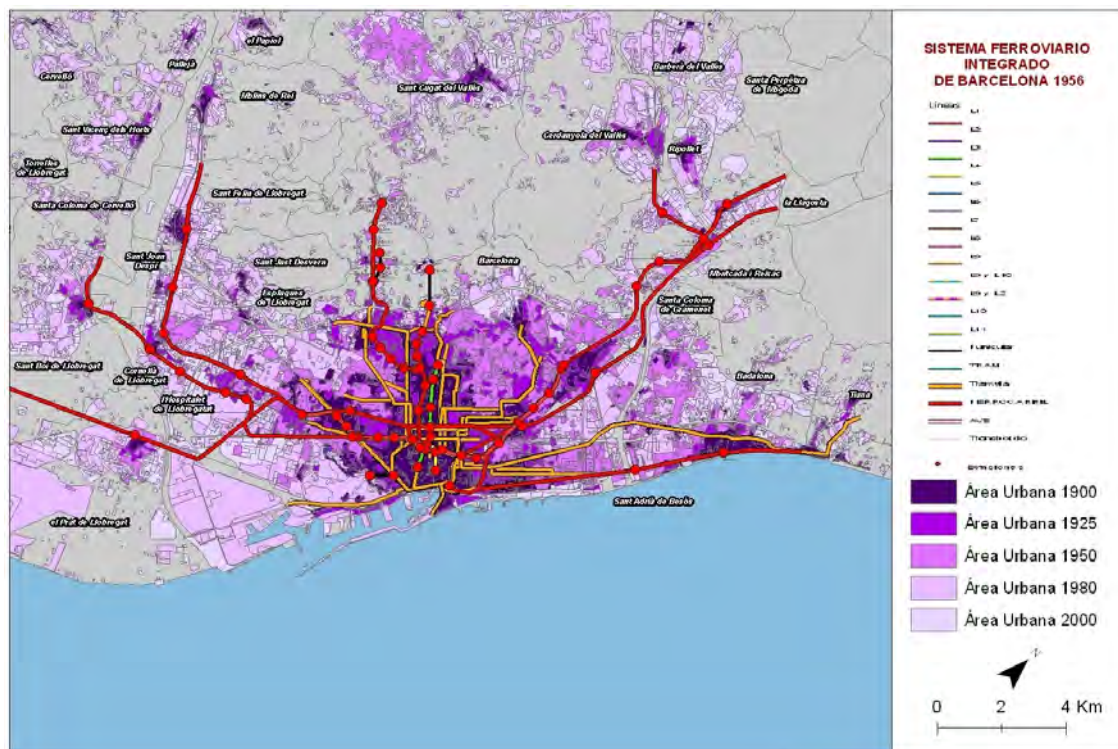
viaria ampliarán la red hasta los 332 km y casi 400 estaciones en un período cercano a 2020 (Cuadros 2.1 y 2.2).

Figura 2.15. Sistema ferroviario integrado de Barcelona, 1848



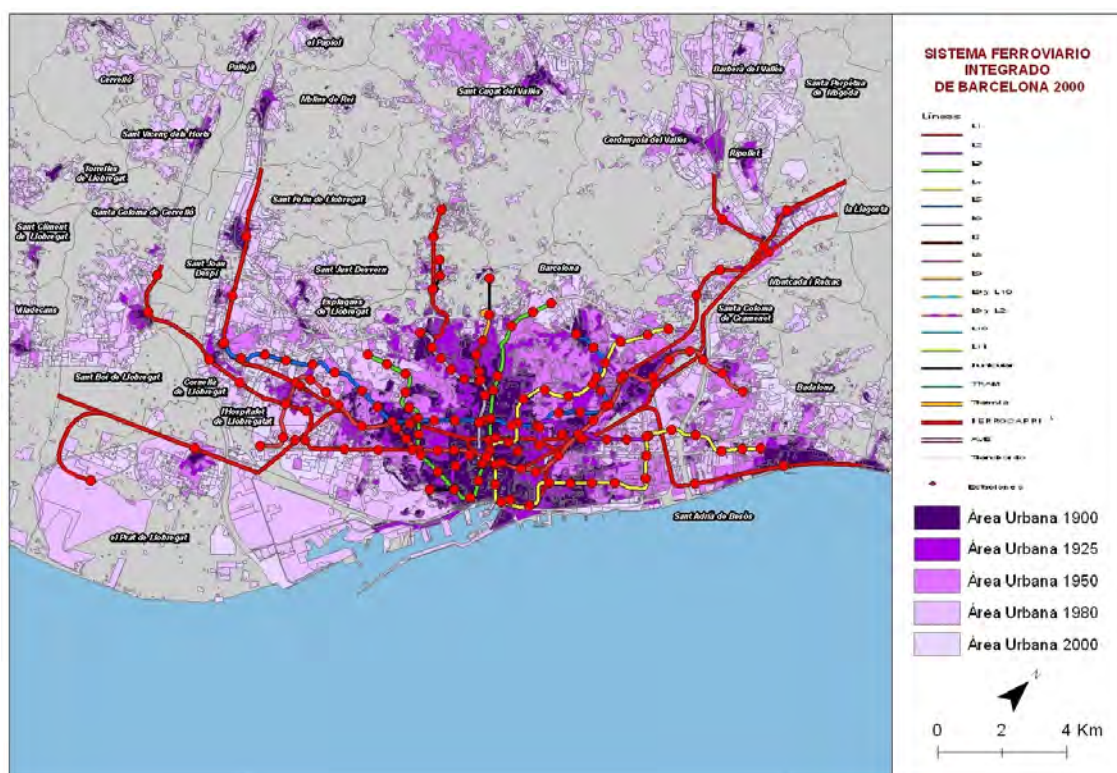
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.16. Sistema ferroviario integrado de Barcelona, 1956



Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.17. Sistema ferroviario integrado de Barcelona, 2000



2.3.8. Características técnicas de la red ferro-viaria de Barcelona

En este apartado se analiza la evolución técnica de la red de metro de Barcelona, desde sus inicios hasta la actualidad. También se analiza la red de metro prevista en el año 2020, fecha indicada en los planes de ampliación de la red. Para la red ferro-viaria en su conjunto, se realiza un análisis desde el año 2009 hasta el año 2020.

La red de metro (Cuadro 2.3) abarcaba, en el momento de su inauguración, casi 10 km² de extensión (se realiza el cálculo tomando como referencia un radio de 500 metros alrededor de cada una de las estaciones. Se escogió la cifra de 500 metros porque según diversos estudios, ésta es la distancia máxima que una persona está dispuesta a caminar hasta llegar a una estación de metro). Progresivamente, el metro, logró alcanzar los 67 km² en el año 2009, y se prevé que llegue a alcanzar los 101 km², cerca del año 2020. Sin embargo, el área que el metro es capaz de abarcar, dista de la superficie urbana sobre la que se asienta. En 1924, el sistema metro sólo abarcaba 8.43 km² en un área urbana de más de 30 km². En 2009 el metro apenas llegó a la mitad de los 148.47 km² del área urbana existente y en su máxima expansión prevista, apenas llegará a los dos tercios de los 154 km² del área urbana. Este hecho es debido a que, a pesar de que el metro se amplió y procuraba cubrir el área urbana sobre la que se asentaba, el proceso fue bastante lento y grandes intersticios urbanos solían quedar sin cobertura ferro-viaria.

Si se analiza el sistema ferro-viario en conjunto, la superficie intersticial se minimiza considerablemente. El sistema en su conjunto poseía un área servida de más de 90 km², de un total de 154 km² de superficie urbana existente en el año 2009. Cerca del año 2020, poseerá 126 km² de área servida por la red, en un área urbana de 164 km².

Por otra parte, el cuadro 2.4, proporciona una serie de indicadores que permiten realizar un análisis técnico más pormenorizado de la red ferro-viaria barcelonesa.

El índice beta de Kanski pone en relación el número de arcos de un sistema, respecto del número de nodos. Se constata cómo, si se analiza el sistema metro, el valor del indicador es progresivamente más elevado. Esto es debido a que, conforme una red ferro-viaria es más compleja, se van creando tramos de líneas cuya finalidad es la de enlazar estaciones ya existentes para mejorar la accesibilidad y conectividad del conjunto del sistema, pero sin crear estaciones nuevas. Un ejemplo de eso serían las líneas L9 y L10 de metro, que poseerán un gran número de interconexiones con otras líneas. Cuando se analiza el sistema ferro-viario en su conjunto, el índice se mantiene alto, aunque en una proporción menor. Esto es debido a que la integración e interconexión de líneas en un sistema concreto es mayor que en un conjunto de sistemas y modos de transporte diferentes. Otro indicador importante es el indicador de densidad de redes, que pone en relación la superficie que abarca la red ferroviaria respecto al área urbana existente. El indicador muestra una clara proporción ascendente, lo

que significa que el crecimiento urbano ha ido acompañado por el crecimiento de la red ferroviaria. La excepción radica en el período entre 1925 y 1950, en el que, debido a la Guerra Civil y a la postguerra, se paralizó la expansión del metro. Por último, el índice de fractalidad muestra la relación entre el número de paradas y la superficie de éstas. Cuanto más alejadas estén las paradas, mayor será la superficie total porque mayor superficie podrá abarcar cada una de las estaciones, sin intersecar con el ámbito espacial del resto de estaciones. El hecho de que el índice de fractalidad vaya disminuyendo conforme pasan los años, indica que el sistema posee numerosas estaciones cercanas entre sí, lo que implica, que el área urbana servida está proveída de múltiples estaciones en un ámbito relativamente pequeño. Este indicador, claramente está en consonancia con los otros dos e indica que, conforme ha ido pasando el tiempo, la red ferro-viaria se ha densificado y ha permitido una interconexión más amplia y profunda con el resto de líneas y de sistemas ferro-viarios.

Cuadro 2.1. Longitud de las líneas según sistema ferro-viario

LONGITUD LÍNEAS (m)														
Fecha	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Línea 5	Línea 6 y 7	Línea 8	Línea 9-10 y 9-2	Línea 11	Metro	Ferrocarril	Tranvía	Metro Ligero	Sistema Ferroviario Integrado
1848											11121			11121
1855														
1860											39868			39868
1865														
1870														
1875												24814		56732
1880												91272		
1885											70831	116361		
1890												116361		187192
1895												131361		
1900												131361		202192
1905												200887		2073
1910												239809		273791
1915												245558		2073
1920												274943		2073
1924			2744							2744	91654	293274		346648
1930	3095		3347	1188						7630		280464		2813
1935	5842		3347	1188						10377		276544		417321
1940	5842		3347	1188						10377		251825		2813
1945	5842		3347	1188						10377		247834		2813
1950	5842		3347	1188						10377		244800		2813
1955	9833		3347	1188						14368	97663	280039		2813
1960	9833		3347	1188	2227					16595		282478		396419
1965	9833		3347	1188	2227					16595		195574		2813
1970	11718		4601	1188	10472					27979		21386		2813
1975	11718		10360	5845	11158					39081	97663	1327		131659
1980	11718		10360	10603	14587					47268		1327		2813
1985	14753		13481	19540	16156					63930	101720	1327		172370
1990	19168		13481	19540	16156					68345		1327		2813
1995	20069	4222	13481	19540	16156					73468	100390	1327		2813
2000	20069	8154	13481	20242	16156	7085				85187	94010	1327		187195
2005	20069	11963	15860	16433	16156	7085	11790		2225	101581		1327	21344	2813
2009	20069	11963	17643	16433	16156	7085	11790		2225	103364	81920	1327	28690	222419
2020	20069	12846	20979	18762	18426	7085	15383	45632	2225	161407	102643	1327	33738	301928
> 2020	26049	17804	27190	18762	18426	9375	15396	45633	2225	180860	102643	1327	44665	332308

Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Cuadro 2.2. Número de estaciones según sistema ferro-viario

Nº DE ESTACIONES					
Fecha	Ferrocarril	Metro	Metro Ligero	Funicular	Sistema Ferroviario Integrado
1848	3				3
1855					
1860	11				11
1865					
1870					
1875					11
1880					
1885	19				
1890					19
1895					
1900					19
1905					
1910				5	24
1915				5	
1920				5	
1924	28	4		5	37
1930		17		7	
1935		21		7	56
1940		21		7	
1945		21		7	
1950		21		7	
1955		25		7	
1960	39	30		7	71
1965		30		7	
1970		45		7	
1975	39	60		7	91
1980		70		7	
1985	44	90		7	141
1990		96		7	
1995	46	103		7	
2000	35	123		7	165
2005		143	43	7	
2009	25	147	56	7	235
2020	25	213	92	7	340
> 2020	25	241	112	7	385

Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Cuadro 2.3. Superficie urbana que abarca la red ferro-viaria y longitud de la misma

	Nº de arcos	Nº de nodos	km2 que abarcan las estaciones	km de red	km2 de superficie urbana
Metro 1926	16	19	8.43	9.14	30.27
Metro 1950	21	24	10.11	10.99	49.26
Metro 1966	121	129	43.46	79.01	49.26
Metro 1980	67	72	34.32	46.4	86.56
Metro 2000	129	137	63.01	96.98	143.7
Metro 2009	139	147	67.33	103.36	148.47
Metro 2018	239	246	102.83	189.53	154.96
Metro 2020	203	214	91.11	160.04	148.47
Metro >2020	228	239	101.42	182.82	154.96
SFI 2009	271	293	92.43	268.38	154.96
SFI 2020	371	399	121.81	362.16	164.59
SFI >2020	401	432	126.85	397.31	164.59

Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Cuadro 2.4. Indicadores topológicos de la red ferro-viaria de Barcelona

	Índice Beta de Kanski	Indicador de Fractalidad	Indicador de Densidad de Redes
Metro 1926	0,842105263	1,381200599	0,301949125
Metro 1950	0,875	1,373684652	0,223101908
Metro 1966	0,937984496	1,288445732	1,603938287
Metro 1980	0,930555556	1,209557349	0,536044362
Metro 2000	0,941605839	1,187456547	0,674878219
Metro 2009	0,945578231	1,185486885	0,696167576
Metro 2018	0,971544715	1,188266755	1,22308983
Metro 2020	0,948598131	1,189249925	1,077928201
Metro >2020	0,953974895	1,185568972	1,179788332
SFI 2009	0,924914676	1,254884203	1,731930821
SFI 2020	0,929824561	1,247060539	2,200376694
SFI >2020	0,928240741	1,2530289	2,413937663

Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B., F.G.C. y R.E.N.F.E.

2.4. Análisis empírico de la relación entre urbe y ferro-carril

En este apartado se analiza la distribución de los equipamientos, la forma y desarrollo urbano y el precio del suelo en relación con la red ferro-viaria.

2.4.1. Distribución de los equipamientos de Barcelona

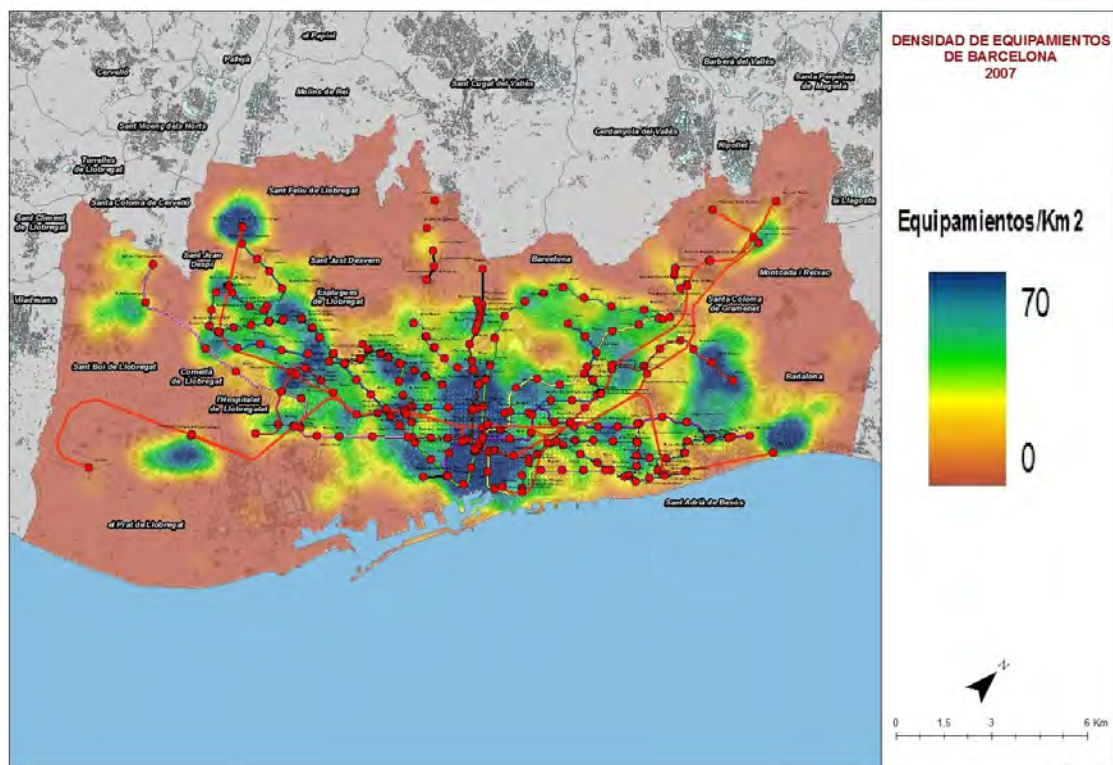
En este primer análisis se tiene en cuenta la distribución de los equipamientos de Barcelona y su relación con las infraestructuras de transporte. Para ello, primeramente es necesario observar cuál es la distribución de los equipamientos en Barcelona en el período 2007-2009.

La densidad de equipamientos de Barcelona actual y prevista se distribuye de acuerdo a como se presentan en las figuras 2.19 y 2.20. Los equipamientos educativos y los centros oficiales constituyen la mitad del total; los equipamientos culturales y de ocio, los sanitarios y los deportivos suman un 30% más (figuras 2.21, 2.22, 2.23, 2.24, 2.25, 2.26, 2.27, 2.28); el 20% restante se distribuye entre los cementerios y servicios funerarios, los tratamientos de residuos y depuradoras, los mercados y centros comerciales, las oficinas de correos, los equipamientos de seguridad y los equipamientos de transporte. Las estaciones de ITV y otro tipo de equipamientos representan un porcentaje muy marginal.

Se pueden dividir los equipamientos en función de su densidad, ya sea baja, media o alta. Dentro del grupo de los equipamientos de densidad y cantidad baja se hallan los cementerios y servicios funerarios, los mercados y centros comerciales, los depósitos de vehículos, las oficinas de correos, los equipamientos de seguridad y los equipamientos de tratamientos de residuos y depuradoras. Dentro del grupo de equipamientos de densidad y cantidad media se hallan las instalaciones deportivas, los equipamientos de transporte, los equipamientos sanitarios, los centros oficiales y los equipamientos de cultura y ocio.

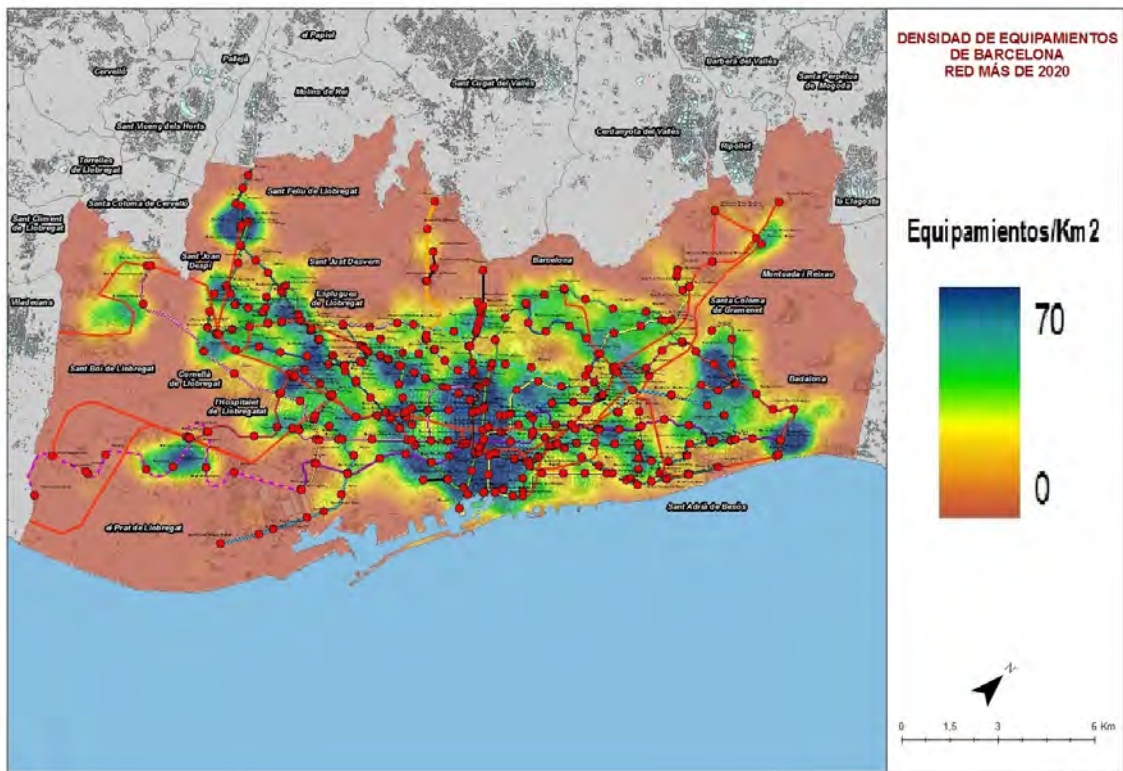
Hay que realizar una mención especial a los equipamientos de transporte debido a su relevancia en este análisis. Es importante resaltar que los equipamientos de transporte de Barcelona tienen una distribución desigual. Principalmente se hallan presentes en el municipio central, aunque existen importantes excepciones. Dentro del municipio suelen hallarse distribuidos de forma más o menos homogénea por todo el Ensanche. Son cuatro las agrupaciones de equipamientos de transporte más importantes y se hallan en torno a la estación de Sants, a la estación de Catalunya, en la Zona Franca y en Badalona. La red ferro-viaria del año 2007 proporciona una buena cobertura de acceso a estos equipamientos, básicamente por el hecho de encontrarse mayoritariamente dentro del municipio barcelonés (figura 2.19). Sin embargo, los importantes equipamientos presentes en la Zona Franca y en Badalona no disponían de una buena conexión ferro-viaria. En el año más allá de 2020 (figura 2.20), se estima que la ampliación de la red ferro-viaria solventará esta cuestión al proporcionar acceso global a todos los equipamientos.

Figura 2.19. Densidad de equipamientos de Barcelona, 2007



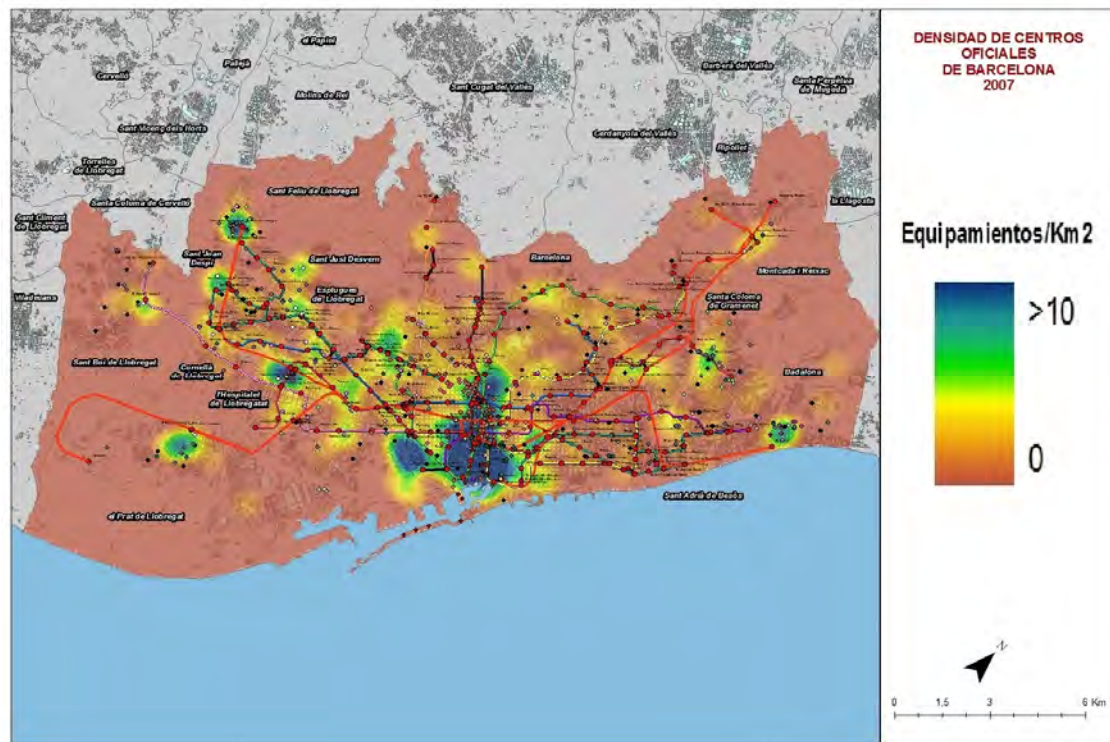
51

Figura 2.20. Densidad de equipamientos de Barcelona prevista en el año más allá de 2020



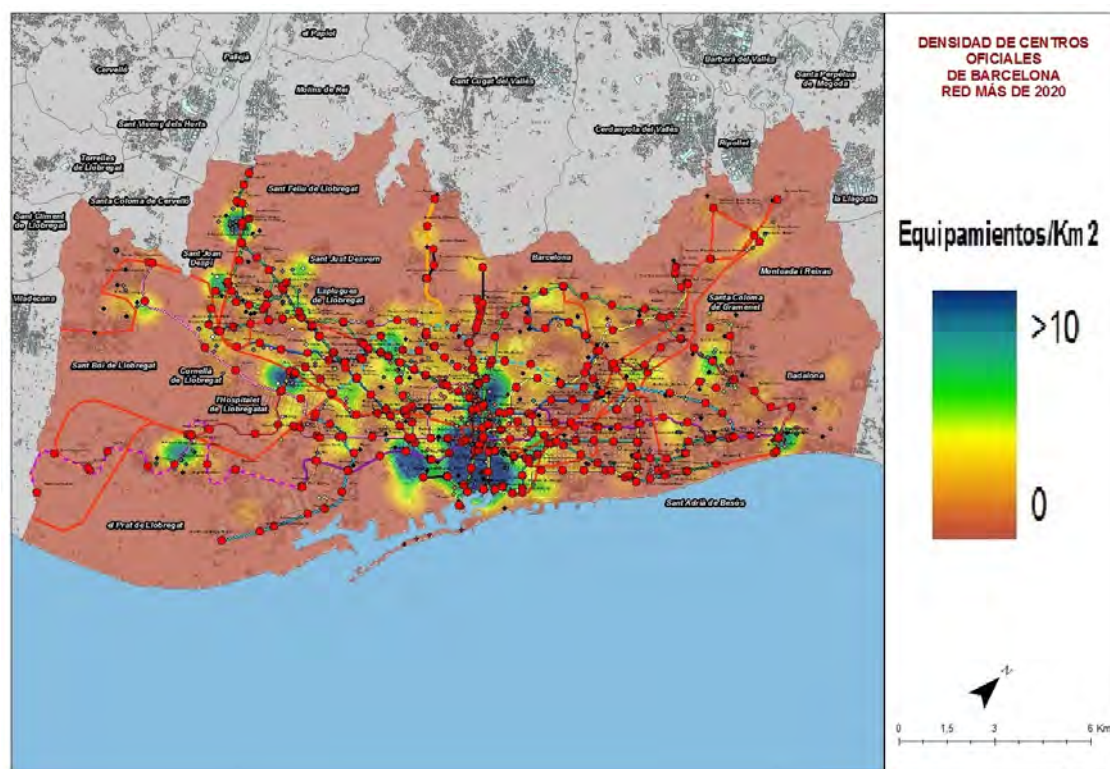
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B.

Figura 2.21. Densidad de centros oficiales de Barcelona, 2007



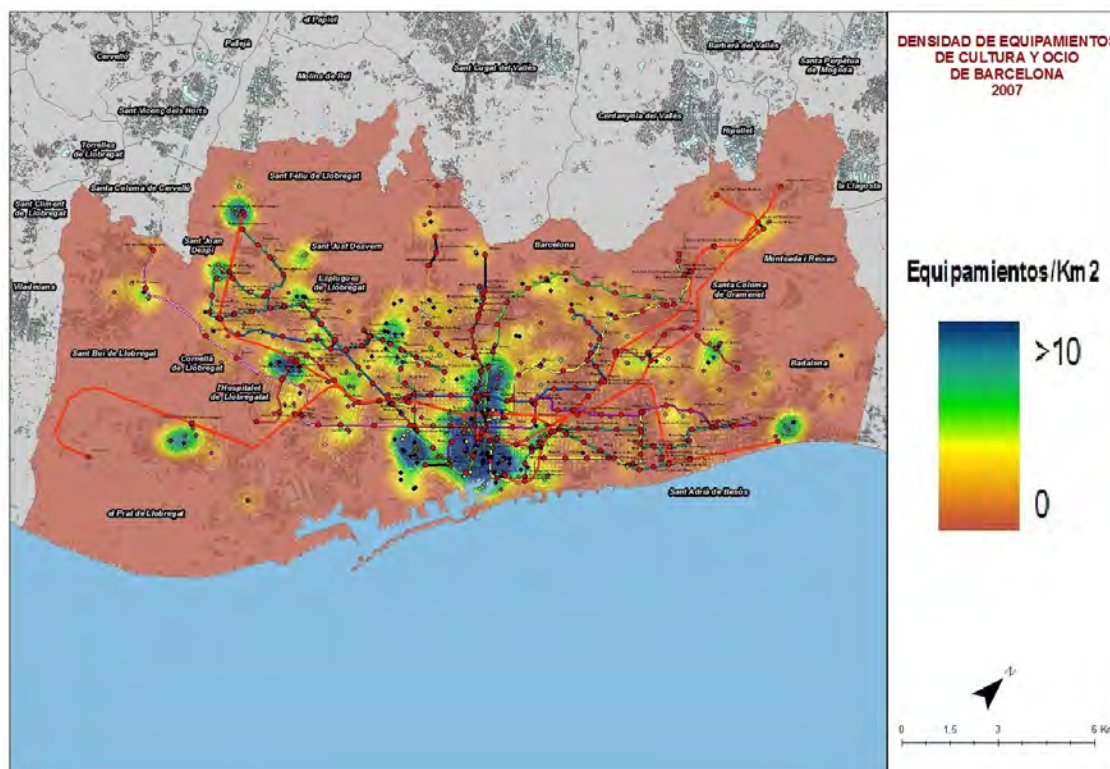
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B.

Figura 2.22. Densidad de centros oficiales de Barcelona prevista en el año más allá de 2020



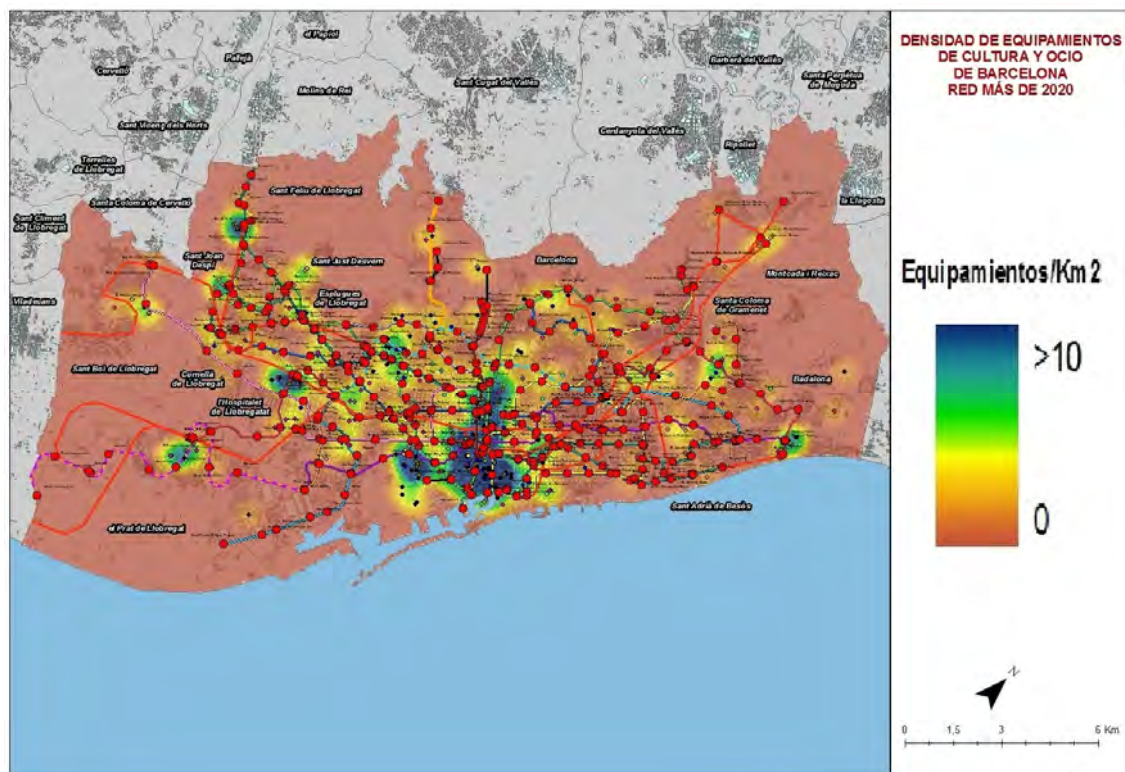
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B.

Figura 2.23. Densidad de equipamientos de cultura y ocio de Barcelona, 2007



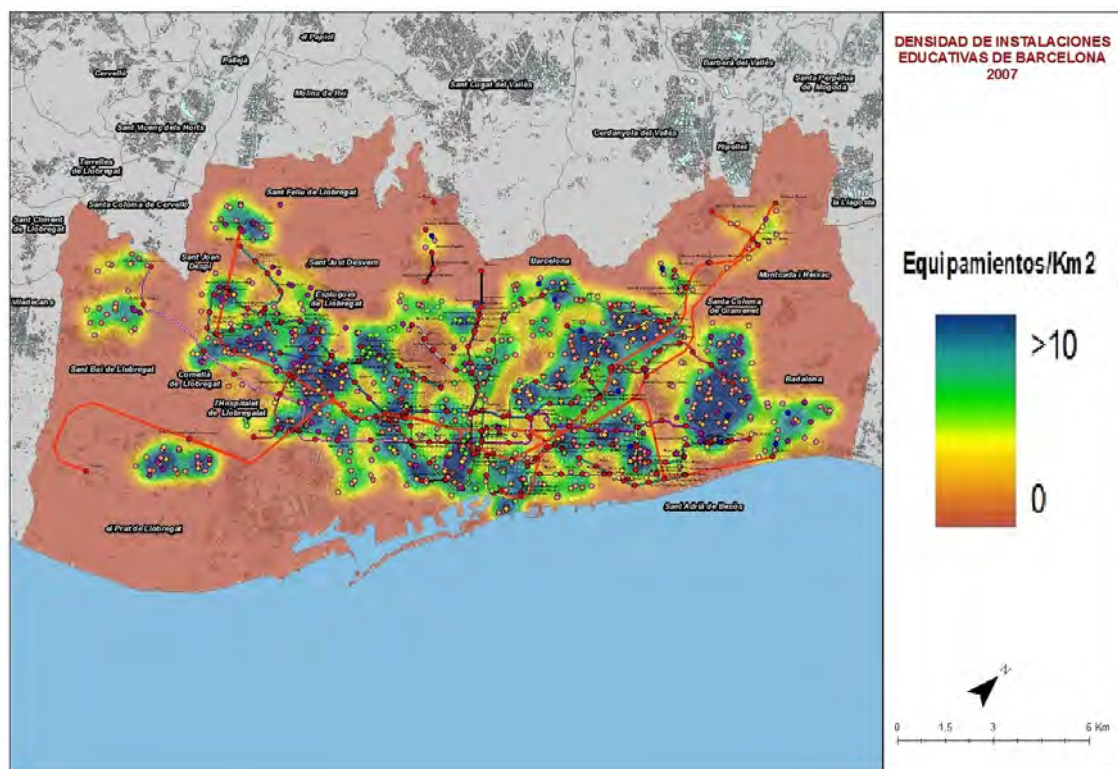
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B.

Figura 2.24. Densidad de equipamientos de cultura y ocio de Barcelona prevista en el año más allá de 2020



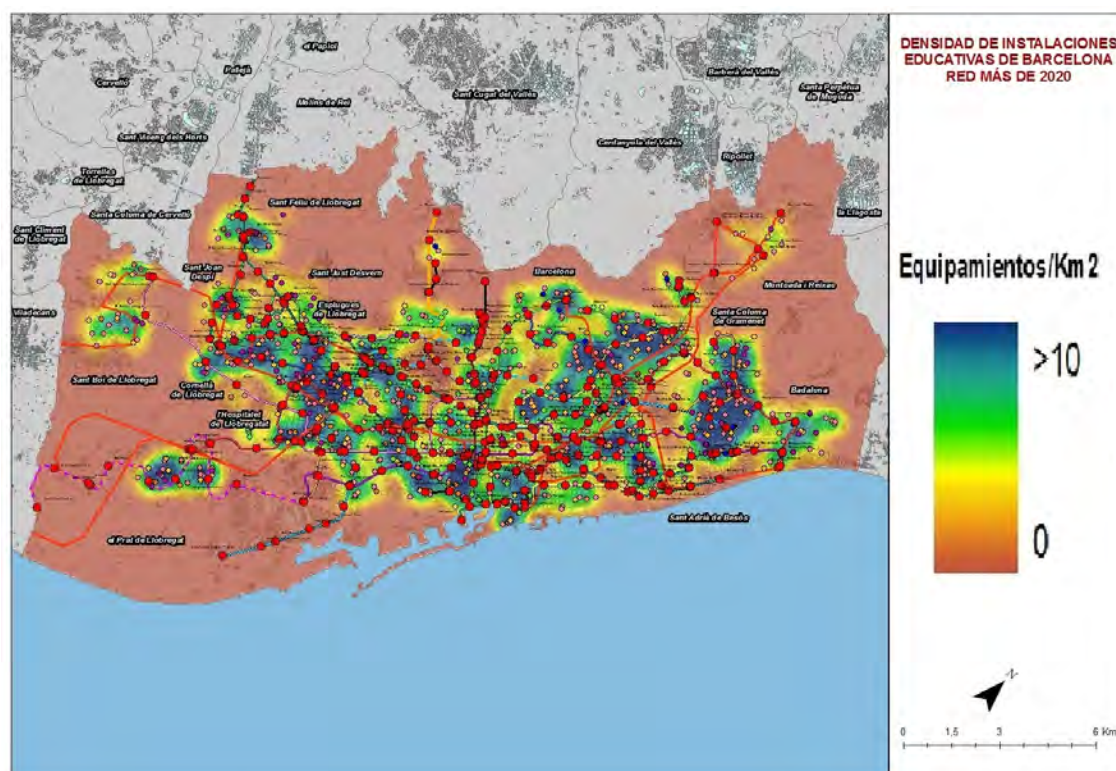
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B.

Figura 2.25. Densidad de instalaciones educativas de Barcelona, 2007



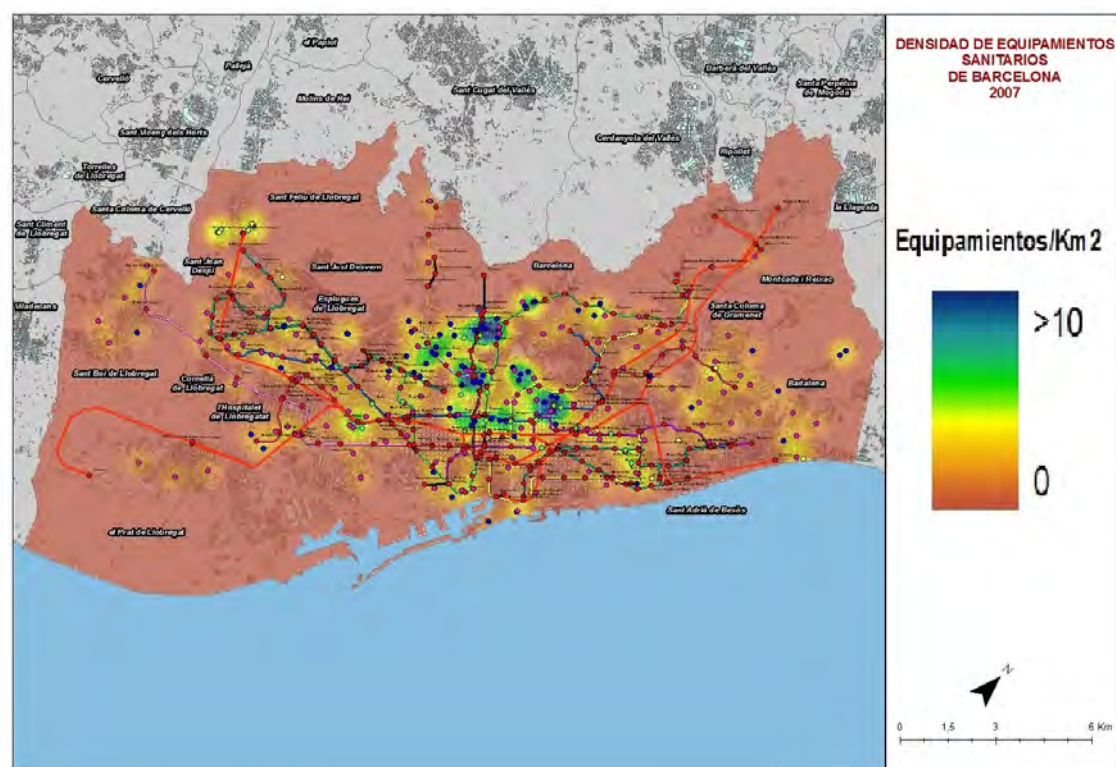
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B.

Figura 2.26. Densidad de instalaciones educativas de Barcelona prevista en el año más allá de 2020



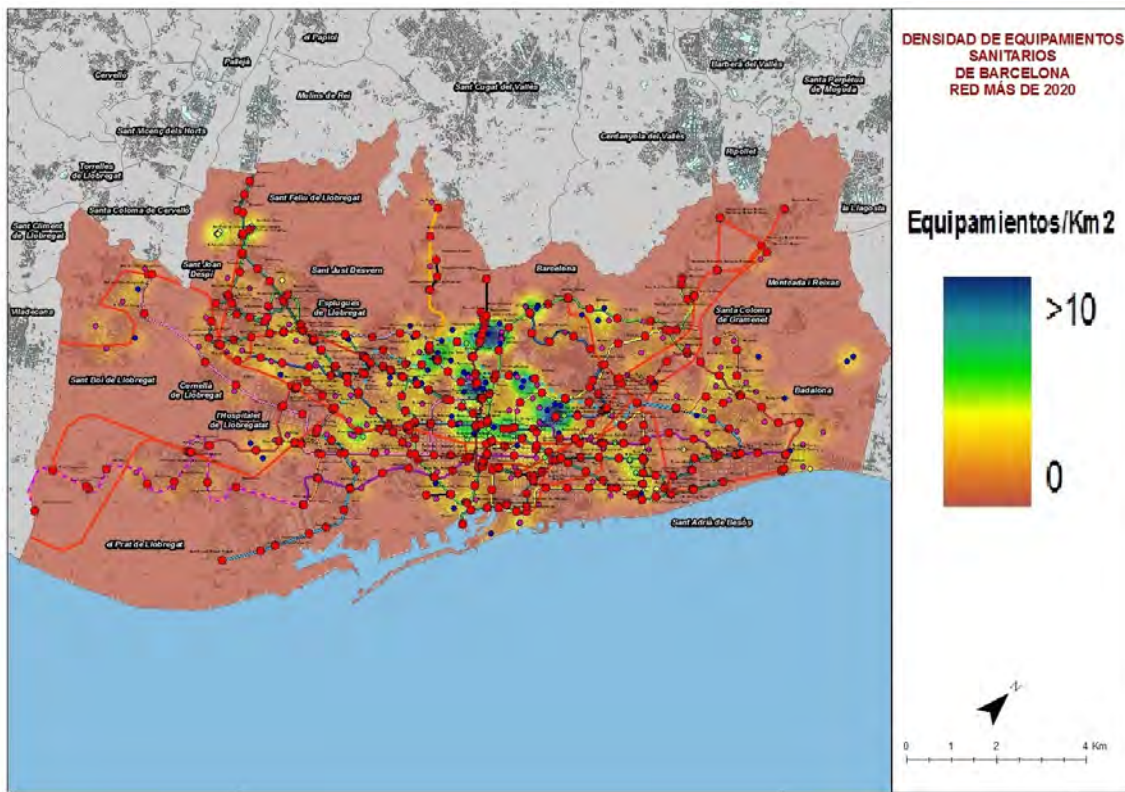
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B.

Figura 2.27. Densidad de equipamientos sanitarios de Barcelona, 2007



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B.

Figura 2.28. Densidad de equipamientos sanitarios de Barcelona prevista en el año más allá de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B.

Para concluir el análisis de la distribución de los equipamientos, hay que tener en cuenta otros factores (figuras 2.29 y 2.30), como la densidad de población por entramado urbano (siendo predominante el intervalo de 25.000-50.000 habitantes por km²) o por tipo de edificación (siendo predominante el intervalo de 30.000-35.000 habitantes por km²). Se puede observar cómo los equipamientos se hallan presentes abrumadoramente en las áreas de densidad de población correspondientes a los intervalos 0-20.000 y 20.000,01-40000 habitantes por km². Esta es una cifra de densidad relativamente baja, por lo que se puede afirmar que los equipamientos dan servicio a la población en áreas uniformemente pobladas y con densidades de población razonables. Esto significa que la saturación de dichos equipamientos también es moderada. También se observa que la mayoría de los equipamientos se sitúan en edificaciones urbanas, siendo infrecuente la implantación de equipamientos en zonas de edificación aislada o residencial.

Al analizar la densidad de los equipamientos en función del área de cobertura estimada de cada estación de la red ferro-viaria, se comprueba cómo en 2009 las estaciones más céntricas aglutinaban una gran cantidad de equipamientos desde la estación Diagonal hasta el puerto (de 40 a más de 50 equipamientos por km²). Le sigue un área de densidad intermedia (10-20 equipamientos por km²) y, posteriormente, una serie de áreas de alta densidad (30-40 equipamientos por km²) en los extremos de las líneas correspondientes con las áreas urbanas centrales de los municipios periféricos del área metropolitana de Barcelona. Esta estructura se modificará sustancialmente en el año más allá de 2020, ya que la red ferro-viaria se habrá ampliado para entonces enormemente y convertida en una red densa y compleja. De esta manera, al haber más estaciones ferro-viarias en el mismo espacio, se distribuirán de forma más homogénea los equipamientos. Los intervalos de 0-10 y 10-20 equipamientos por km² serán los predominantes.

Se puede concluir que la totalidad de equipamientos de Barcelona presenta un aspecto muy característico. Existe una gran aglomeración de equipamientos en el área central, en Ciutat Vella y en el centro del Ensanche, alrededor de la cual hay diversas aureolas de equipamientos de diversa densidad. En las áreas urbanas de los municipios más periféricos del área metropolitana de Barcelona, los equipamientos tienden a aglomerarse en el centro, formando una serie de constelaciones y nebulosas que salpican el continuo urbano. Las redes ferro-viarias poseen la misma estrategia espacial. Suelen conectar las áreas urbanas más céntricas y por ello suelen implantarse en los centros de las urbes. Es, por tanto, una cuestión de localización espacial ambiental común. La red ferro-viaria prevista más allá de 2020 aumentará la conexión general con estos equipamientos.

La red ferro-viaria y la distribución de los equipamientos poseen una indudable relación. Los equipamientos tienden a aglomerarse en la ciudad de Barcelona, especialmente en su área central, y también en las áreas urbanas centrales de los municipios más periféricos de su área metropolitana. Las redes ferro-viarias reproducen el mismo fenómeno. La población tiene un mayor acceso a las áreas más céntricas y por ello los centros urbanos suelen estar muy bien conectados con las redes ferro-viarias. Como ya se ha dicho, es una cuestión de localización espacial ambiental común, lo cual corrobora la teoría de que las infraestructuras ferro-viarias y el crecimiento y desarrollo urbano están imbricados. En la ampliación de las redes ferro-viarias previstas en el año más allá de 2020, se tiene en cuenta de forma muy notoria la localización de los equipamientos, especialmente aquellos que se hallan en la periferia del área metropolitana. En este caso, son las infraestructuras de transporte las que han planificado su estructura en función de los equipamientos, aunque también se puede dar el hecho contrario, que un equipamiento decida localizarse cerca de una infraestructura de transporte ya implantada.

2.4.2. Los centroides de la red ferro-viaria y del área urbana de Barcelona

Los centroides (punto central de un área) de la red ferro-viaria y del área urbana de Barcelona proporcionan datos de gran relevancia para entender cuáles han sido las pautas de desarrollo de ambas (cuadro 2.5 y figuras 2.31, 2.32, 2.33, 2.34, 2.35 y 2.36). En el siguiente análisis se tienen en cuenta tanto la distancia entre los centroides urbanos (punto central del área urbana) y ferro-viario (punto central del área conformada por la suma de los ámbitos de las estaciones ferro-viarias en un radio de 500 metros alrededor de cada estación) como las áreas urbanas y aquella conformada por la suma de los ámbitos de las estaciones ferro-viarias. Ambos datos (distancia entre centroides y áreas) proporcionan la información necesaria para saber si un área urbana afecta al desarrollo de una red ferro-viaria a la inversa o mutuamente. El análisis compara el área urbana de Barcelona y su área metropolitana con la red de metro de 1926 y la prevista más allá de 2020 y con el sistema ferro-viario integrado (metro, metro ligero, ferrocarril, tranvía, funicular) entre 2009 y el previsto más allá de 2020.

En 1926 (figura 2.31), Barcelona abarcaba poco más de 30 km² de área urbana, mientras que el área que ocupaban las estaciones de metro (teniendo en cuenta un área por estación que abarque 500 metros alrededor de cada una de ellas) era de 8,43 km². La distancia entre el centroide del área urbana y del área conjunta del total de las estaciones de la red era de 1.243 metros. En este punto la relación entre área urbana y red ferro-viaria era incipiente, pero existía una clara relación entre ambas.

La Guerra Civil y la posguerra paralizaron la ampliación de la red de metro y, así, en 1950 se produjo una gran disparidad entre el área urbanizada y el área que abarcaban las estaciones. El área urbana suponía casi 50 km², mientras el área que abarcaban las estaciones era de sólo 10 km². La distancia entre centroides superó los 2.000 metros.

En 1980 (figura 2.32), la desproporción entre el área urbana consolidada y el área de la red de metro seguía siendo muy pronunciada. Había más de 85 km² de área urbana frente a 35 km² del área que abarcaba la red de metro con una separación entre centroides de casi 1.200 metros.

Es en 2000 (figura 2.33) cuando el crecimiento del área urbana alcanzó su estabilidad con 150 km² urbanizados. Se produjo entonces una colmatación del territorio. Esta cifra se mantuvo casi constante en años posteriores, pero no así el área que ocupaban las estaciones de metro. En 2000, el área de las estaciones de metro ocupaba 67 km² y los centroides estaban a 1.363 m de distancia. En 2009, la superficie relativa a las estaciones se mantuvo casi invariable con 67 km², pero la distancia entre centroides se redujo a 864 m.

Sin embargo, la red prevista para 2020 (figura 2.34) llegará a más de 90 km² del área que abarcan las estaciones, con más de 1.200 metros de separación entre los centroides, mientras que la red prevista para 2020 poseerá una distancia entre centroides de 1.116 m y las estaciones abarcarán un área de 101,42 m².

Si el análisis se realiza teniendo en cuenta el sistema ferro-viario integrado, los resultados que se obtienen son que en 2009 (figura 2.35) la superficie de las estaciones representaba las dos terceras partes de la superficie urbana y sólo existía una distancia entre centroides de 604 metros: el mínimo que se ha podido analizar.

En 2020 (figura 2.36), el área urbana será de 156 km², mientras el área de cobertura de las estaciones del sistema ferro-viario integrado será de 114 km² y la distancia entre centroides medirá 868 metros. En 2020, el área urbana será de 164 km², el área de cobertura de las estaciones será de 126 km² y la distancia entre centroides medirá apenas 1.147 metros.

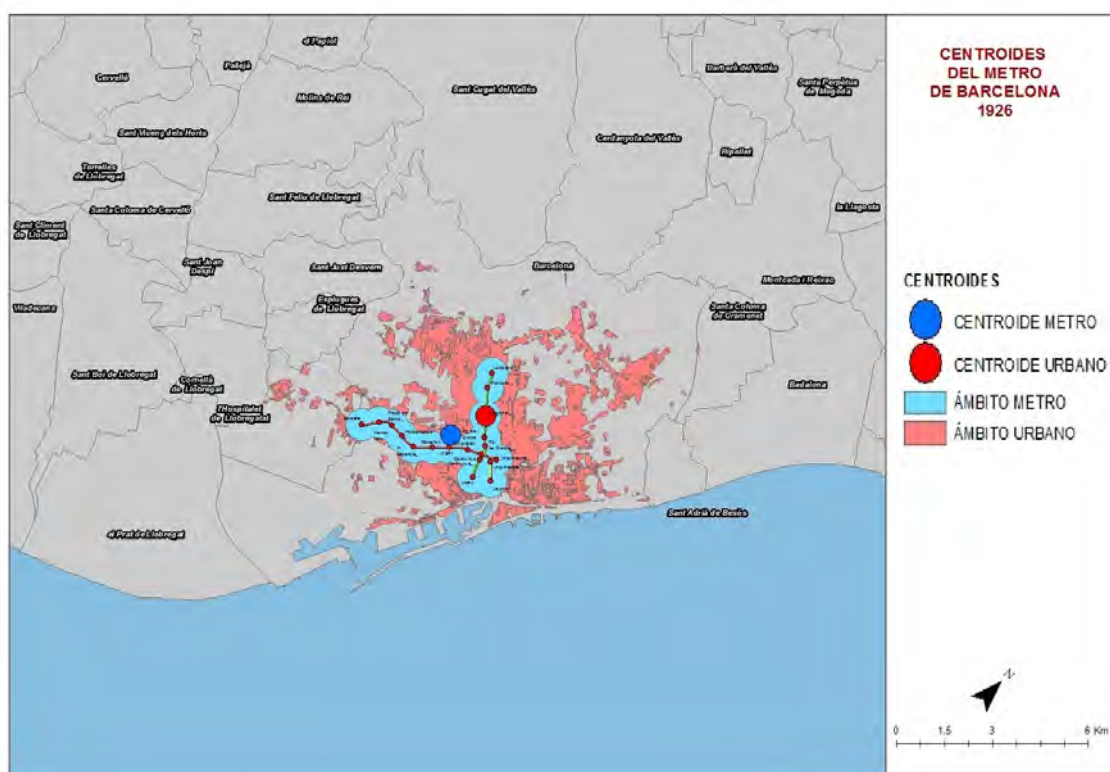
Por lo tanto, se puede deducir que ha habido un paulatino acercamiento y correlación entre la red ferro-viaria de la ciudad central de Barcelona y de su área metropolitana y, además, que, previsiblemente, se prolongará hasta 2020. Si bien la red de metro ha ido siempre a la zaga respecto de Barcelona, ha procurado seguir sus pautas de crecimiento, con la excepción, muy notoria, del amplio período correspondiente a la Guerra Civil y posguerra, que cercenaron el crecimiento de la red. Los actuales planes de ampliación tienen en cuenta la estructura urbana existente, cuya expansión se estabilizó en torno a los 150 km² debido a los condicionantes topográficos y naturales. Sin embargo, la red ferro-viaria en su conjunto continúa su ampliación sin detenerse y pretende abarcar la totalidad del continuo urbano. La distancia entre los centroides se suele mantener de forma casi constante entre los 700 y los 1.200 metros de distancia de media. Ello significa que el avance del área urbana y de las estaciones suelen ir parejos, aunque la evolución de la red ferro-viaria y de la expansión urbana ha sido compleja.

Cuadro 2.5. Centroides en Barcelona

Fecha	Área Urbana (km ²)	Área Ámbito Estaciones (km ²)	Distancia entre centroides (m)
Metro 1926	30,27	8,43	1.243
Metro 1950	49,26	10,11	2.080
Metro 1966	49,26	43,46	776
Metro 1980	86,56	34,32	1.192
Metro 2000	143,7	63,01	1.363
Metro 2009	148,47	67,33	864
Metro 2020	148,47	92,6	1.213
Metro > 2020	154,93	101,42	1.116
SFI 2009	154,96	92,43	604
SFI 2020	156,35	114,12	868
SFI > 2020	164,59	126,85	1.147

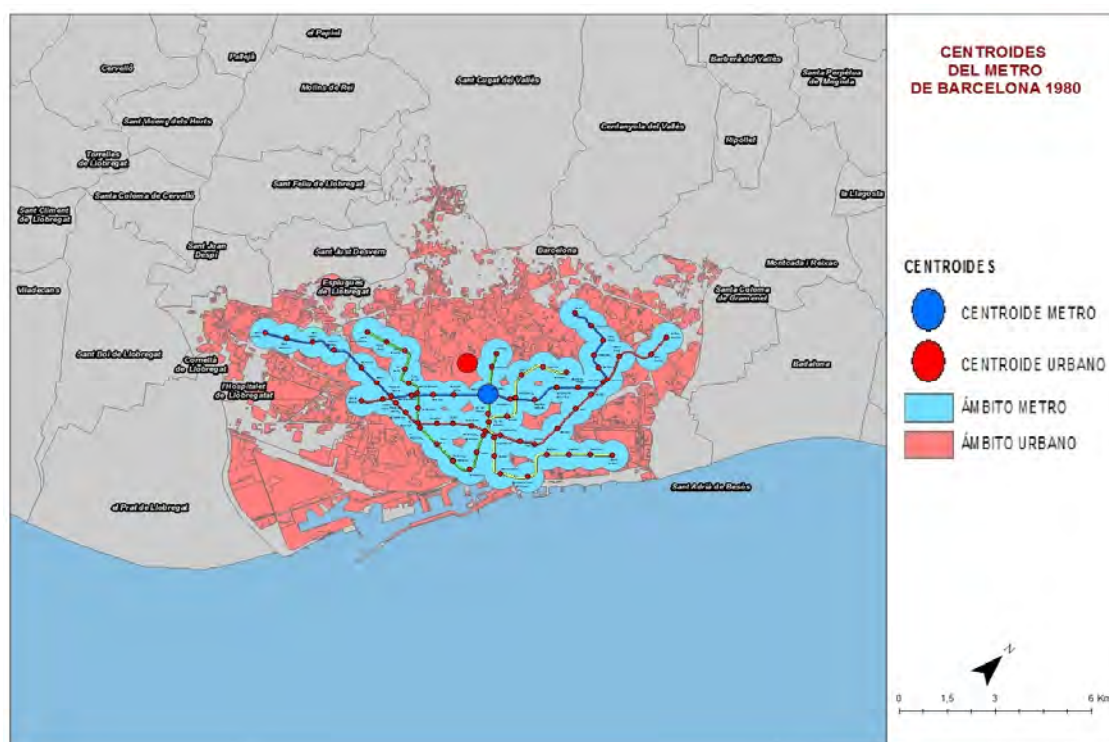
*Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B. y A.T.M. *SFI: Sistema Ferro-viario Integrado.*

Figura 2.31. Centroides del metro de Barcelona, 1926



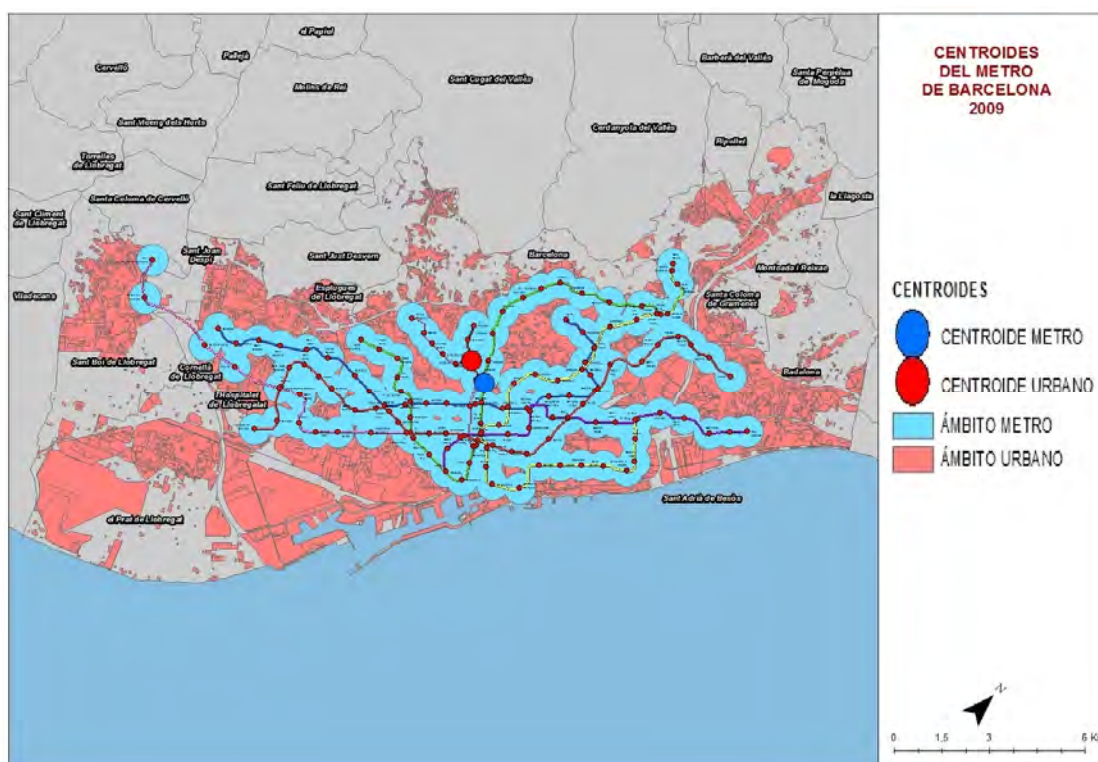
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B., T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.32. Centroides del metro de Barcelona, 1980



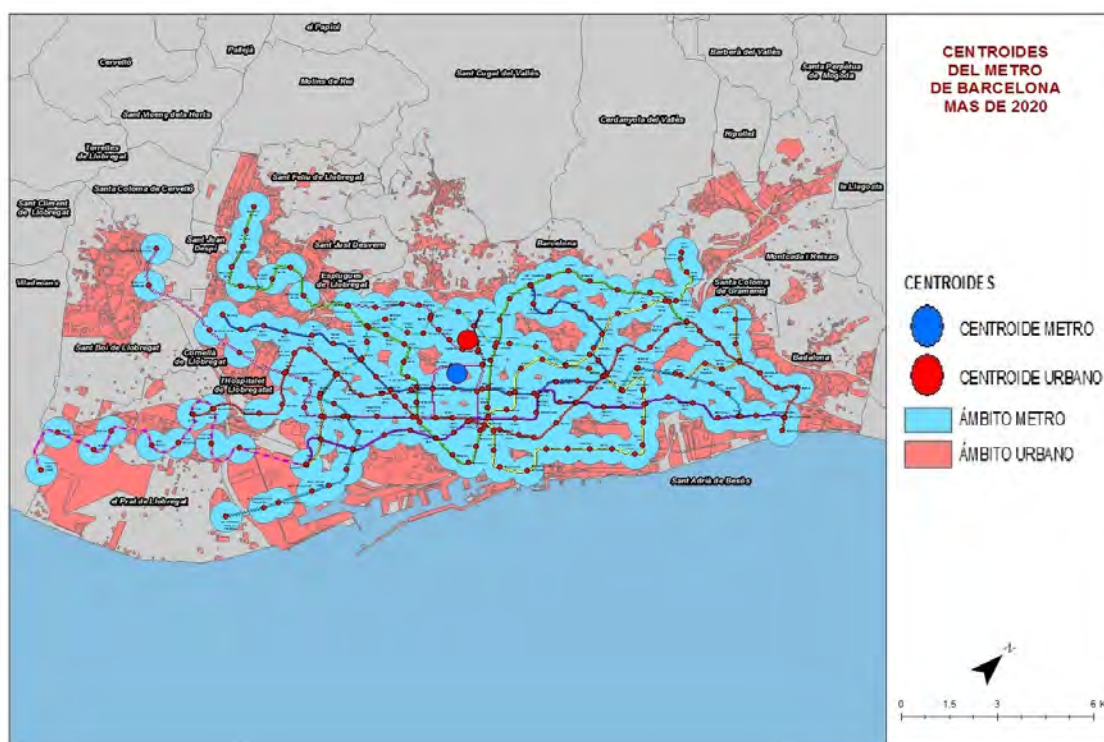
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B., T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.33. Centroides del metro de Barcelona, 2009



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B., T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 2.34. Centroides del metro de Barcelona prevista en el año más allá de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.M.B., T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

2.4.3. Evolución del precio de la vivienda y estructura ferro-viaria de Barcelona

La evolución del precio del suelo en Barcelona ha sido significativa, como indica J. Roca i Cladera (1986). La base de datos existente ha permitido analizar el precio del suelo en el municipio de Barcelona en los años 1951, 1960, 1972 y 1978 (figuras 2.37, 2.38, 2.39 y 2.40). Los aspectos más destacables en esta serie cronológica son: la evolución del precio de la vivienda y la evolución en la distribución de los precios de la vivienda.

Entre 1951 y 1978, el precio de la vivienda creció considerablemente a causa de la inflación. De un precio máximo de 1.500 pesetas por m² en 1951 se pasó a 50.000 pesetas por m² en 1978, siendo el salto cuantitativo total más notorio entre 1972 y 1978 (15.000 pesetas por m² frente a 50.000 pesetas por m²). Sin embargo, a nivel porcentual, el salto cuantitativo más prominente fue el producido entre 1960 y 1972, ya que se pasó de 2.000 pesetas por m² a 15.000 pesetas por m², es decir, se multiplicó por 7 el precio máximo de la vivienda.

El precio mínimo de la vivienda siguió un proceso similar. De un mínimo de 50 pesetas por m² que existía en 1951, se pasó a un mínimo de 6.500 pesetas en 1978, siendo también el salto cuantitativo total más brusco, el realizado entre 1972 y 1978 (2.000 pesetas por m², frente a 6.500 pesetas por m²). Sin embargo, a nivel porcentual, el salto cuantitativo más prominente fue el producido entre 1960 y 1972, ya que se pasó de 100 pesetas por m² a 2.000 pesetas por m², es decir, se multiplicó por 20 el precio mínimo de la vivienda.

A este prolongado auge del precio de la vivienda se sumó el hecho de que las pautas de distribución del precio de la vivienda también variaron. En cada año del período analizado se observa una situación distinta. Se aprecian tres áreas diferenciadas en cada época, en función del precio de la vivienda. Existe una única área central con elevados precios de la vivienda. Esta área está rodeada de una zona de precio intermedio y, a su vez, ésta está rodeada de una zona de precio mínimo de la vivienda. El área de gran valor de la vivienda y el área de valor intermedio de la vivienda suelen ocupar una séptima parte del territorio municipal de Barcelona cada una, constituyendo aproximadamente un tercio del total de la superficie. Las otras dos terceras partes corresponden a las áreas de bajo precio de la vivienda. Esta proporción se mantiene de forma constante en los tres períodos temporales analizados. Por lo tanto, según esta estructura, es la evolución del área de mayor valor de la vivienda la que modifica el conjunto. Al variar de estructura las áreas de mayor valor, el resto de áreas se ajustaron a ella.

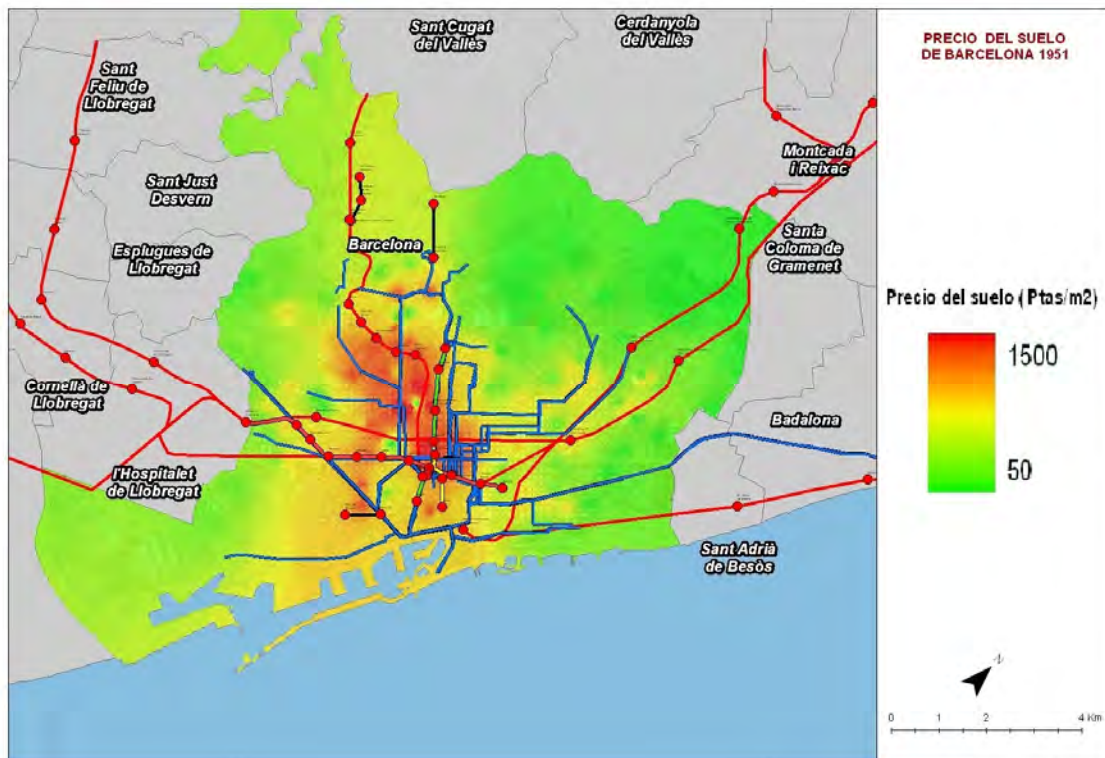
En 1951 (figura 2.37), el área central de mayor valor se ubicaba claramente entre las estaciones de Plaza Catalunya y Lesseps a través de toda la izquierda del Ensanche. Este área estaba perfectamente delimitada por una línea de tranvía que circundaba y delimitaba la zona señalada y estaba totalmente integrada en las redes de metro y tranvía, lo que evidencia una relación directa entre infraestructura de transporte y precio de la vivienda. El resto de áreas servidas

por las infraestructuras ferro-viarias poseían un valor intermedio y las áreas desprovistas de infraestructuras ferro-viarias poseían un bajo precio de la vivienda.

Entre 1960 y 1972 (figuras 2.38 y 2.39), la situación mantuvo su esquema fundamental, aunque el área de elevado valor de la vivienda se amplió hacia el oeste, norte y sur del Ensanche. Sin embargo, en 1978 (figura 2.40) la situación varió. Entre 1960 y 1972 se procedió al desmantelamiento súbito del tranvía en Barcelona. Debido a la rapidez de dicha operación, los precios de la vivienda entre 1960 y 1972 se mantuvieron estables. Sin embargo, en 1978 se dejaron notar las consecuencias de esta operación. Los precios de la vivienda se adaptaron al área central circunscrita por las líneas de metro y se repartió homogéneamente el precio de la vivienda a ambos lados del Ensanche entre la estación de Sants y la de Sagrada Familia, y entre la estación de Catalunya y todo el norte del área urbana barcelonesa. El resto de zonas urbanas conectadas con las líneas ferro-viarias poseían un precio intermedio y las que no estaban conectadas poseían un precio bajo.

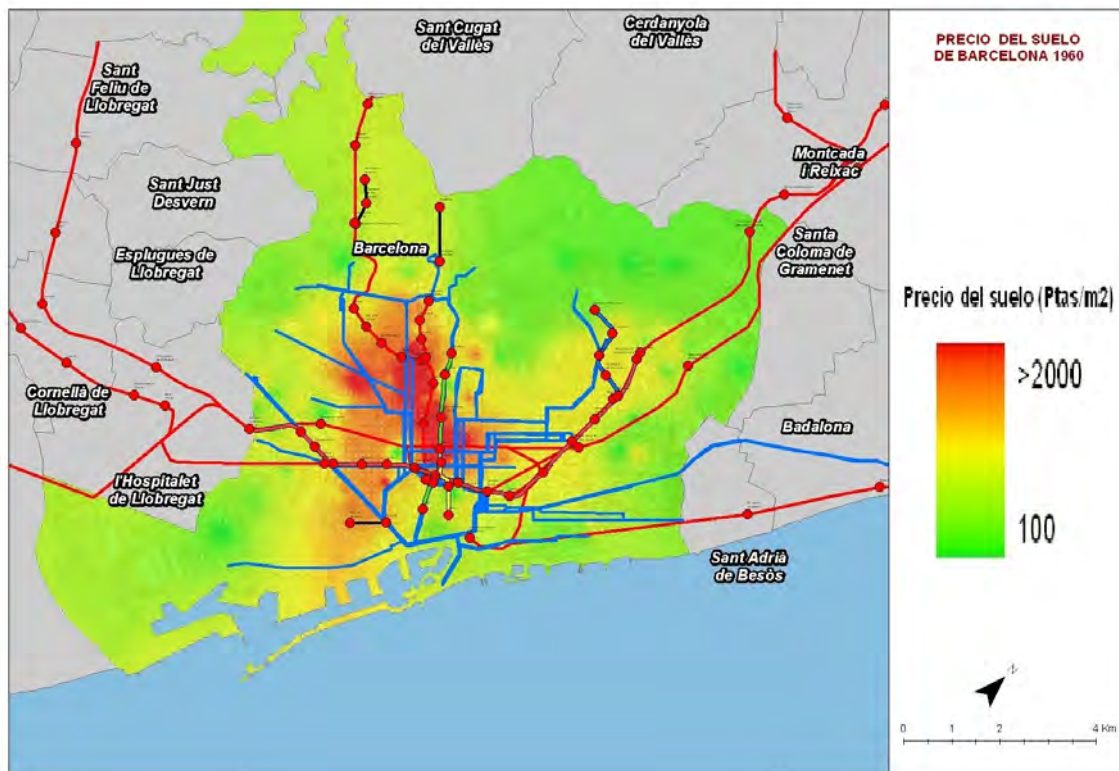
Se evidencia de esta manera que una variación en las infraestructuras de transporte comporta así mismo una variación en el precio de la vivienda. Por lo tanto, se concluye que el precio de la vivienda y los sistemas ferro-viarios son dos factores que se interrelacionan mutuamente.

Figura 2.37. Precio del suelo de Barcelona, 1951



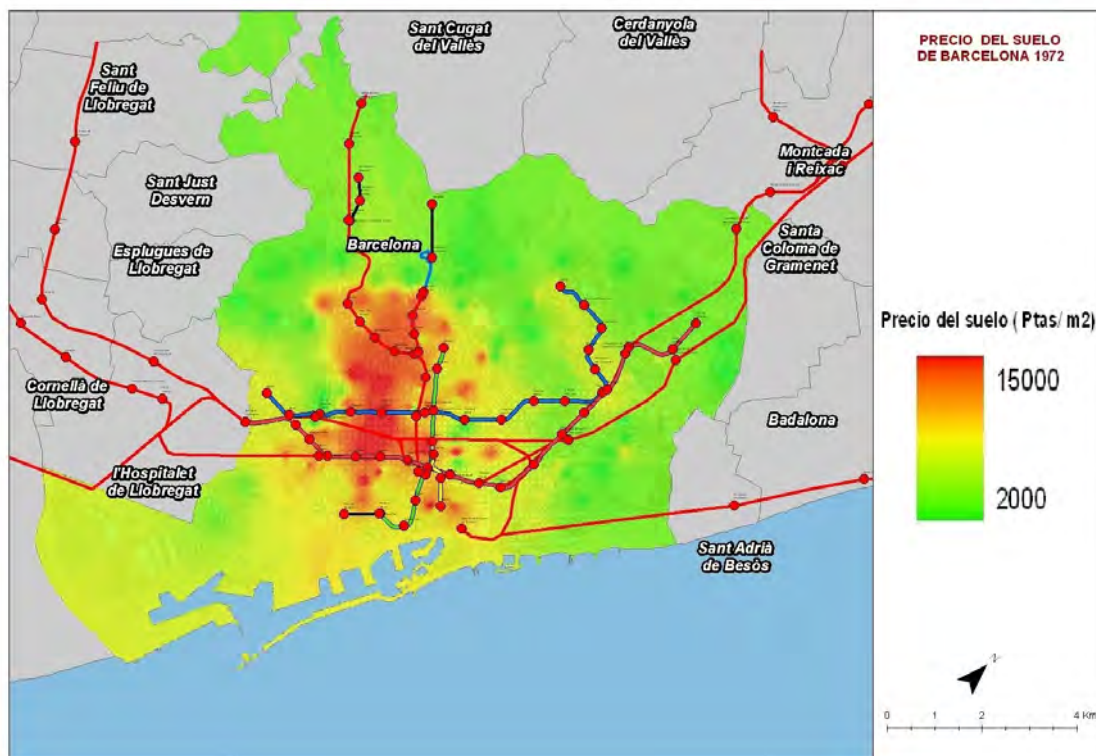
Fuente: elaboración propia a partir de Maragall. P. (1979).

Figura 2.38. Precio del suelo de Barcelona, 1960



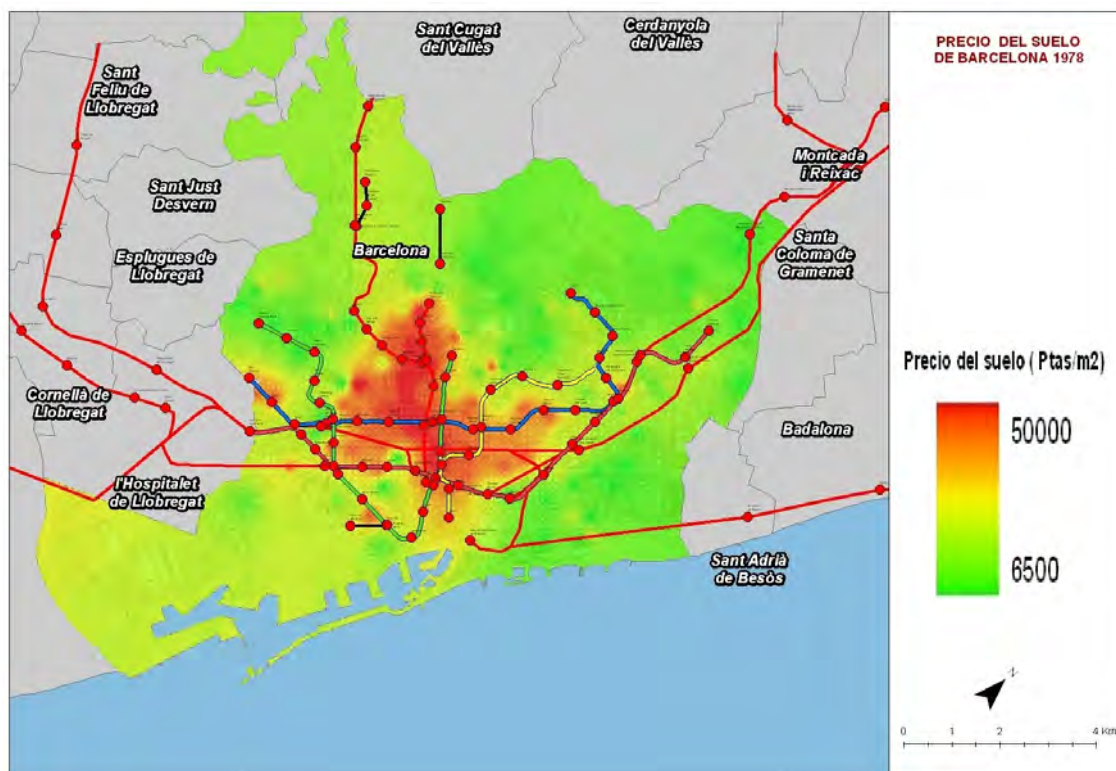
Fuente: elaboración propia a partir de Maragall. P. (1979).

Figura 2.39. Precio del suelo de Barcelona, 1972



Fuente: elaboración propia a partir de Maragall. P. (1979).

Figura 2.40. Precio del suelo de Barcelona, 1978



Fuente: elaboración propia a partir de Maragall. P. (1979).

3. ESTUDIO DE LOS MODELOS DE ACCESIBILIDAD FERROVIARIA EN BARCELONA

Este capítulo analiza la accesibilidad de los diferentes sistemas ferro-viarios de Barcelona. La primera parte analiza un estudio de isoaccesibilidad a lo largo de la historia. El segundo analiza el nivel de accesibilidad de la red ferro-viaria en función del número de usuarios habituales y potenciales y de la estructura topológica de la red y el nivel de centralidad de las estaciones.

3.1. Isoaccesibilidad de la red ferro-viaria barcelonesa

El siguiente apartado es un estudio técnico de la accesibilidad del sistema ferro-viario barcelonés. Se trata de un estudio de isoaccesibilidad. Cabe aclarar que la isoaccesibilidad es la media de los tiempos de recorrido, de coste mínimo, de cada nodo de una red al resto de nodos del sistema. De este modo, este indicador señala el grado de centralidad que ese punto o nodo posee dentro del sistema. Para hallar dicha isoaccesibilidad se tienen en cuenta diversos factores. La estructura y forma de la red, es decir, su topología, es, en gran medida, la definidora de la accesibilidad de un nodo o estación. La frecuencia de paso de los convoyes es también otra de las variables importantes a tener en cuenta.

Se ha realizado el análisis de la isoaccesibilidad teniendo en cuenta las diferentes frecuencias de paso que presentan los sistemas ferro-viarios (horario laboral, festivo, nocturno y medio), dándole prioridad al análisis del horario laboral por estar éste presente desde los inicios de la red ferro-viaria. En este apartado también se tiene en cuenta el componente estadístico y el componente espacial de la isoaccesibilidad, así como el de las isócronas (la elaboración del estudio se realizó a partir de datos provenientes de A.T.M., T.M.B., F.G.C. y R.E.N.F.E.).

Este análisis se ha efectuado para la red de metro y para el sistema ferro-viario en su conjunto. Para la red de metro de Barcelona, el análisis comienza en 1926 pese a que la red se inauguró en 1924. Esto es debido a que el incipiente crecimiento de la red en apenas dos años se vio estancada durante treinta años más. Es relevante resaltar y primar la fecha de 1926 frente a la de 1924. Los sistemas ferro-viarios integrados se analizan a partir de 2009, año en el que se produce la integración tarifaria.

3.1.1. Isoaccesibilidad e isocronas de Barcelona en horario laboral

En referencia a la red de metro, es importante decir que apenas hay población que posea una isoaccesibilidad menor de 10 minutos en el horario laboral o en cualquier otro horario analizado (cuadro 3.1 y figuras 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19 y 3.20). Es, por tanto, un intervalo muy residual y poco significativo. Sin embargo, desde 1950 hasta 1980, la red de metro estuvo dominada por los intervalos de 10,1-20 minutos y de 20,1-30 minutos, que se repartían la superficie a la que proporcionan cobertura las estaciones, de forma bastante igualitaria (15-20 km² cada intervalo). Es a partir de 1980 cuando se definen los intervalos temporales predominantes en todo el sistema, el intervalo de 20,1-30 minutos, el intervalo de 30,1-40 minutos y el intervalo de 40,1-50 minutos. En el año 2000, las tres cuartas partes de la población y la superficie cubierta por la red de metro (41,25 km² y 1.174.904 habitantes) se hallaban insertas en una ratio de 20,1-30 minutos, mientras el intervalo de 30,1-40 minutos hacía su aparición con relativa fuerza (15 km² y 330.123 habitantes). El intervalo de 40,1-50 minutos era aún muy minoritario, pero fue ganando peso y fuerza progresivamente. En el año 2009, esta proporción se mantuvo, aunque el rango de 30,01-40 minutos acrecentó su presencia (22,54 km² y 469.261 habitantes). Sin embargo, de forma proporcional, poseía más densidad el área cubierta por el intervalo de 20,1-30 minutos (40,94 km² y 1.305.588 habitantes). Según el PDI 2010-2020, los años 2020 y más de 2020, presentarán valores muy similares entre sí, en los que los intervalos de 20,01-30 minutos y 30,01-40 minutos poseerán un área cubierta prácticamente idéntica (unos 50 km² cada uno). No obstante, su población cubierta será muy diferente. El primer intervalo duplica en población al segundo (1.400.000 habitantes frente a 700.000 habitantes). A medida que nos desplazamos al anillo exterior del área metropolitana, la densidad será menor, en comparación con el área central. El rango de 40,01-50 minutos ganará en presencia, pero se mantendrá estacionario.

Por otra parte, si se analiza el sistema ferro-viario integrado de los años 2009, 2020 y más de 2020 se obtienen resultados similares a los vistos en la red de metro. El intervalo de 20,01-30 minutos perderá su papel preponderante, para cederle el primer puesto al intervalo de 30,01-40 minutos, que lo triplica en área cubierta y lo duplica en población servida (62 km² frente a 21 km², 1.250.000 habitantes frente a 750.000 habitantes). El rango de 40,01-50 minutos avanzará estrepitosamente en este período analizado y, aunque llegará a superar en área cubierta al intervalo de 20,01-30 minutos, no será así en cuanto a población, que apenas llegará a cubrir la mitad de éste. La perifericidad del intervalo de 40,01-50 minutos provocará que la cantidad de población a la que dan cobertura sea menor. Los intervalos de 50 minutos a más de 60 minutos aparecerán por primera vez, aunque con un peso muy reducido (aunque en ocasiones significativo), en el contexto global del sistema.

Si se analizan las isocronas de la red de metro y del sistema ferro-viario integrado, se llega a la conclusión de que el horario laboral presenta dos períodos diferenciados. El primer período abarca desde 1924 hasta el año 2000. En este

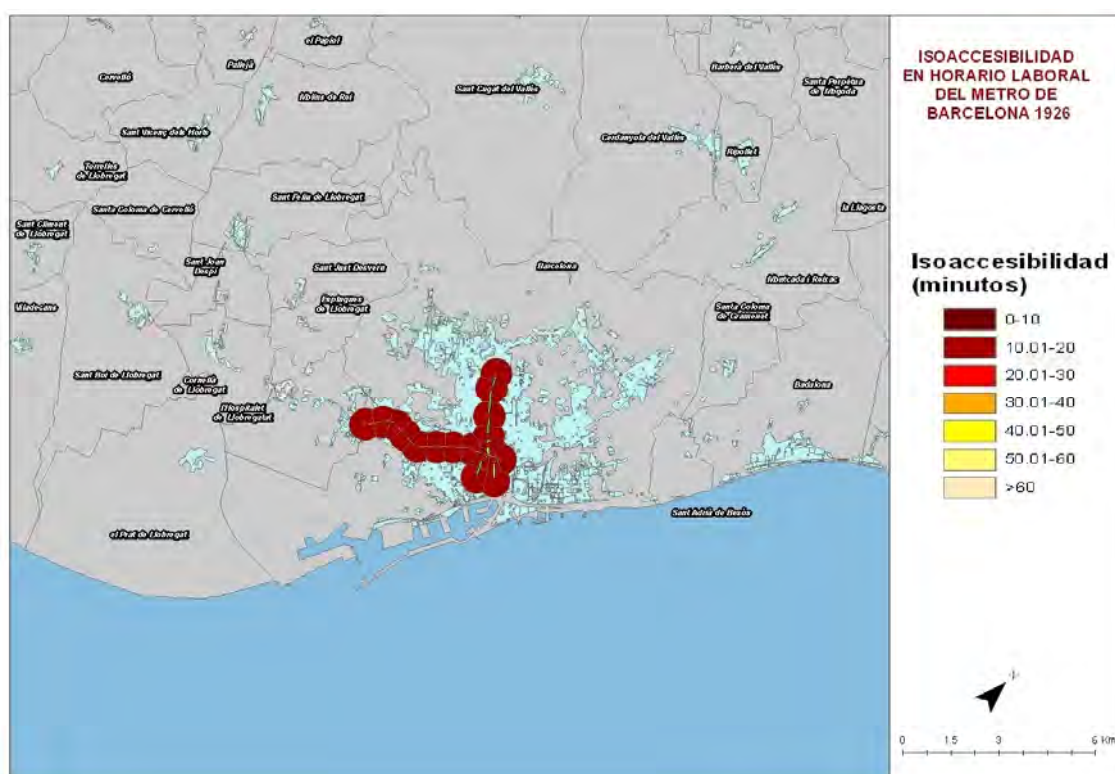
período existía una accesibilidad alta y uniforme, en un sistema sencillo que, a medida que se expandía veía aumentado su tiempo de desplazamiento, aunque siempre dentro de una razonable franja de tiempo. La homogeneidad en la accesibilidad de los primeros años se vio sustituida por diversas franjas temporales concéntricas a medida que el sistema se interconectaba y se consolidaba como una verdadera malla.

Cuadro 3.1. Isoaccesibilidad de la red ferro-viaria de Barcelona en horario laboral

	Horario Laboral													
Intervalo Tiempo (minutos)	0-10 minutos		10.01-20 minutos		20.01-30 minutos		30.01-40 minutos		40.01-50 minutos		50.01-60 minutos		>60 minutos	
	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población
Metro 1926	0.09		8.33											
Metro 1950	0.09		10.01											
Metro 1966			20.09		23.36									
Metro 1980			19.24		15.08									
Metro 2000			5.1	158718	41.25	1174904	15	330123	1.57	12634				
Metro 2009			2.28	59187	40.94	1305588	22.54	469261	1.57	13466				
Metro 2018					48.62	1377854	50.43	861969	3.77	41475				
Metro 2020					48.9	1396965	39.8	724082	2.41	22839				
Metro >2020					47.29	1342045	50.35	870278	3.77	41475				
SFI 2009					16.83	625822	43.35	1065483	26.99	331604	3.21	14547	2.02	9003
SFI 2020					21.19	735136	62.1	1257922	30.61	322665	5.24	21690	2.65	9933
SFI >2020					21.95	755957	65.64	1275567	31.63	333186	4.96	19714	2.65	9933

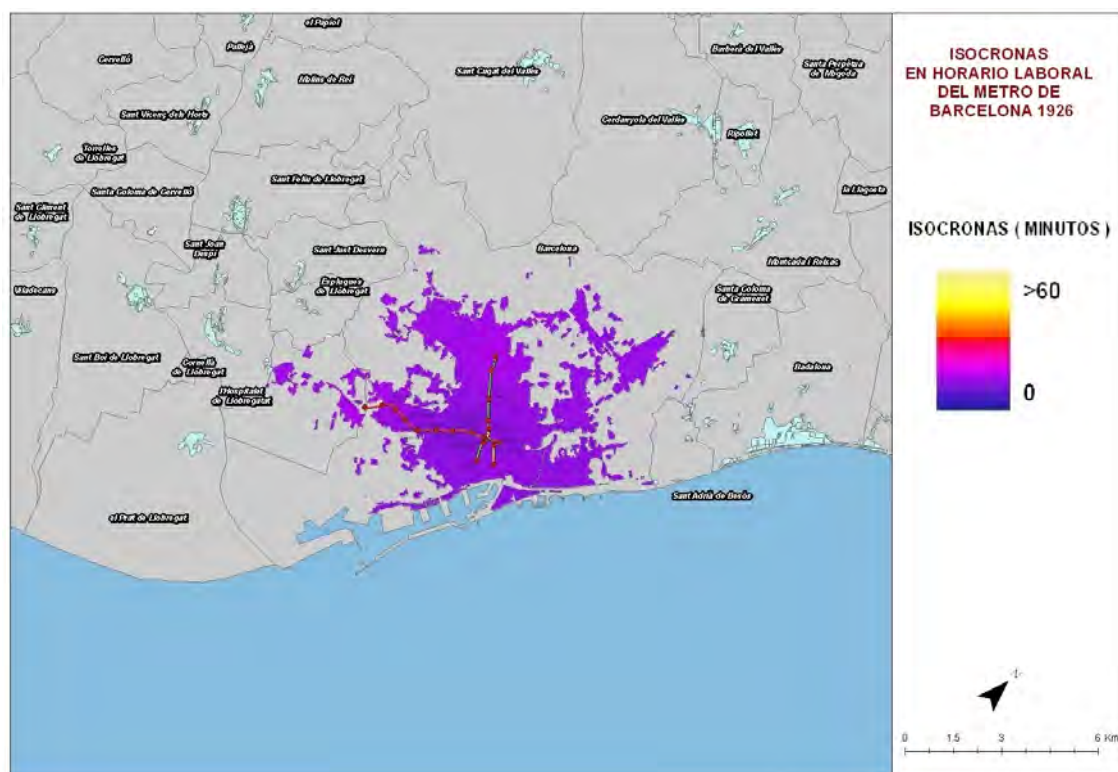
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.1. Isoaccesibilidad en horario laboral del metro de Barcelona, 1926



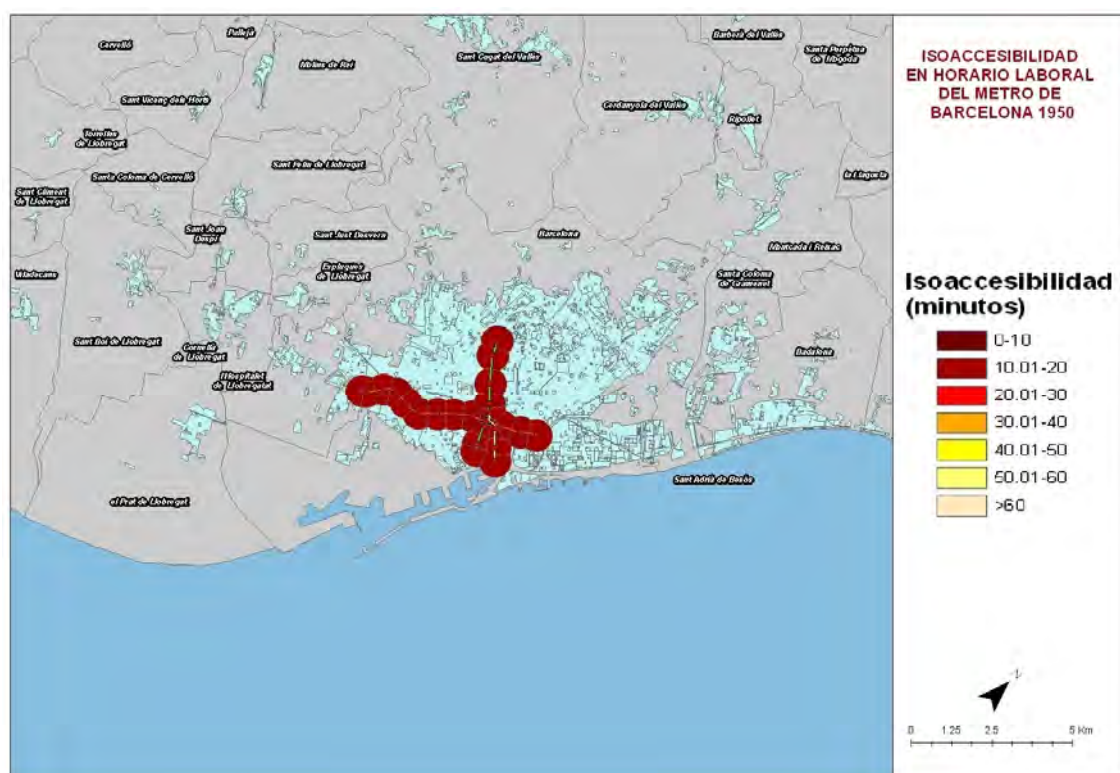
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.2. Isocronas en horario laboral del metro de Barcelona, 1926



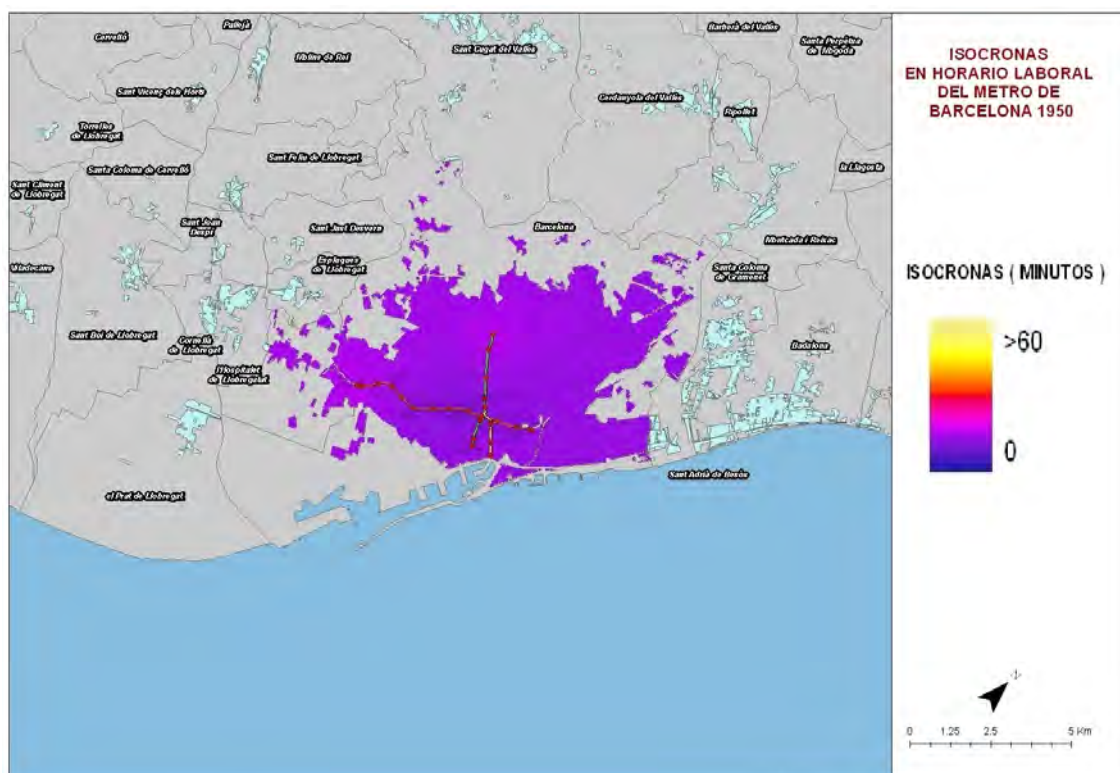
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.3. Isoaccesibilidad en horario laboral del metro de Barcelona, 1950



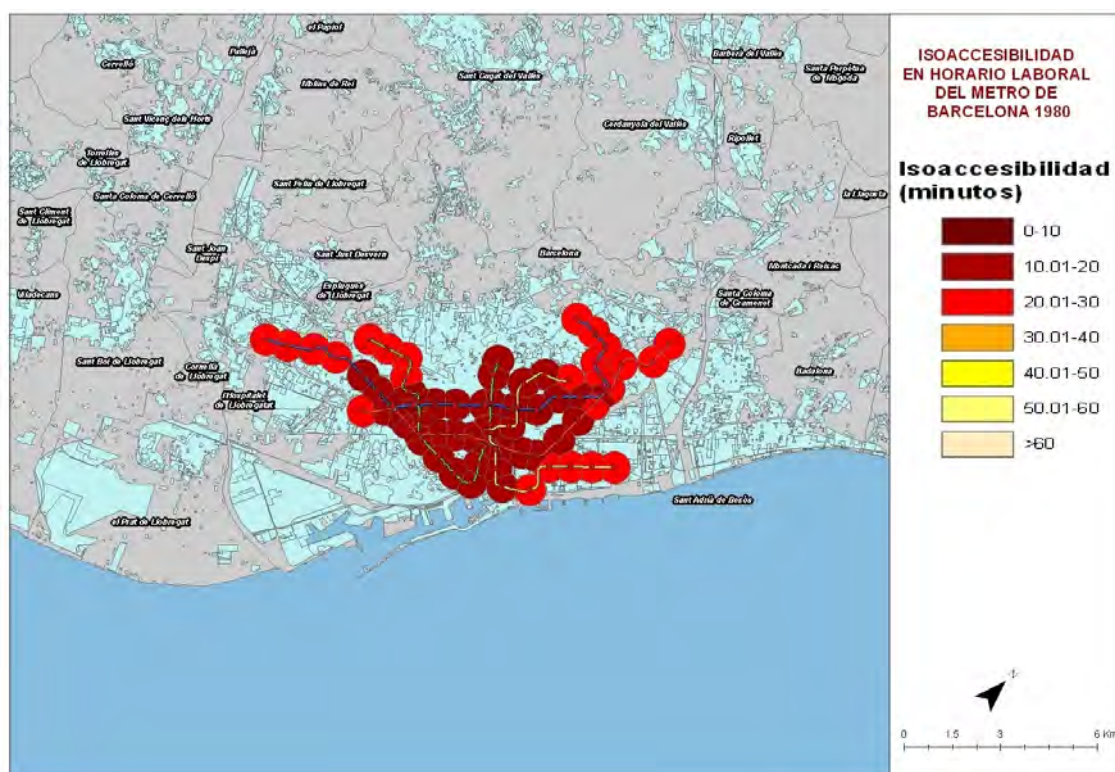
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.4. Isocronas en horario laboral del metro de Barcelona, 1950



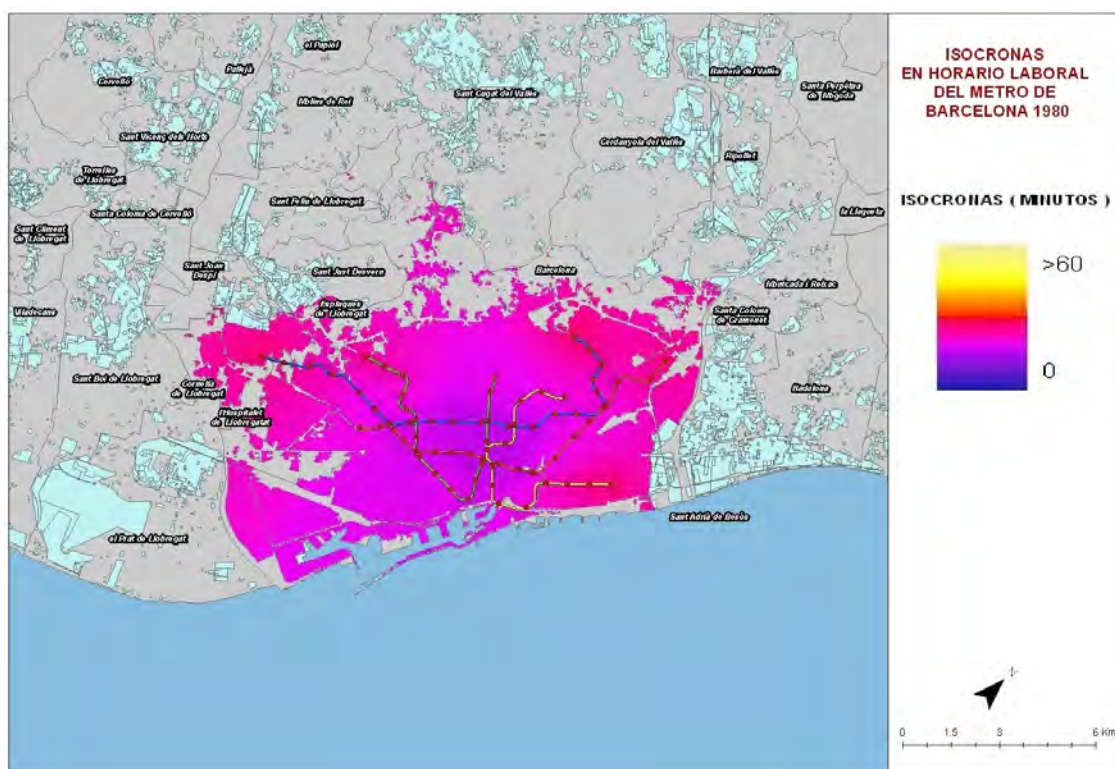
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.5. Isoaccesibilidad en horario laboral del metro de Barcelona, 1980



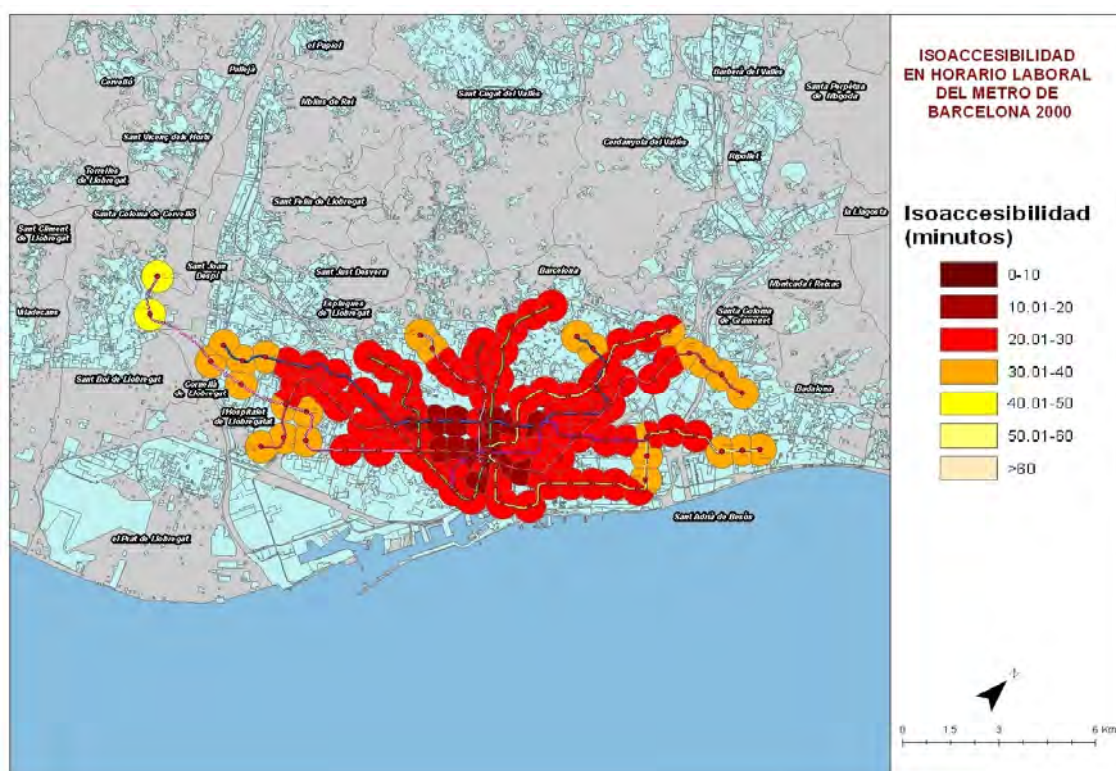
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.6. Isocronas en horario laboral del metro de Barcelona, 1980



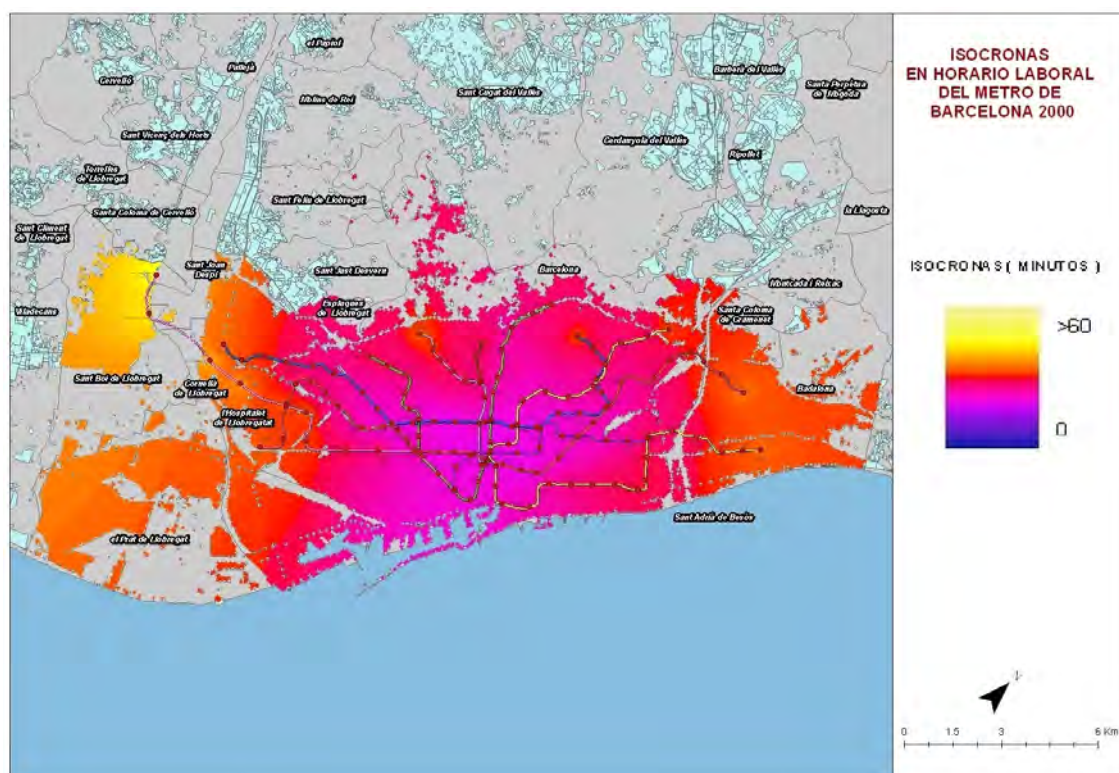
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.7. Isoaccesibilidad en horario laboral del metro de Barcelona, 2000



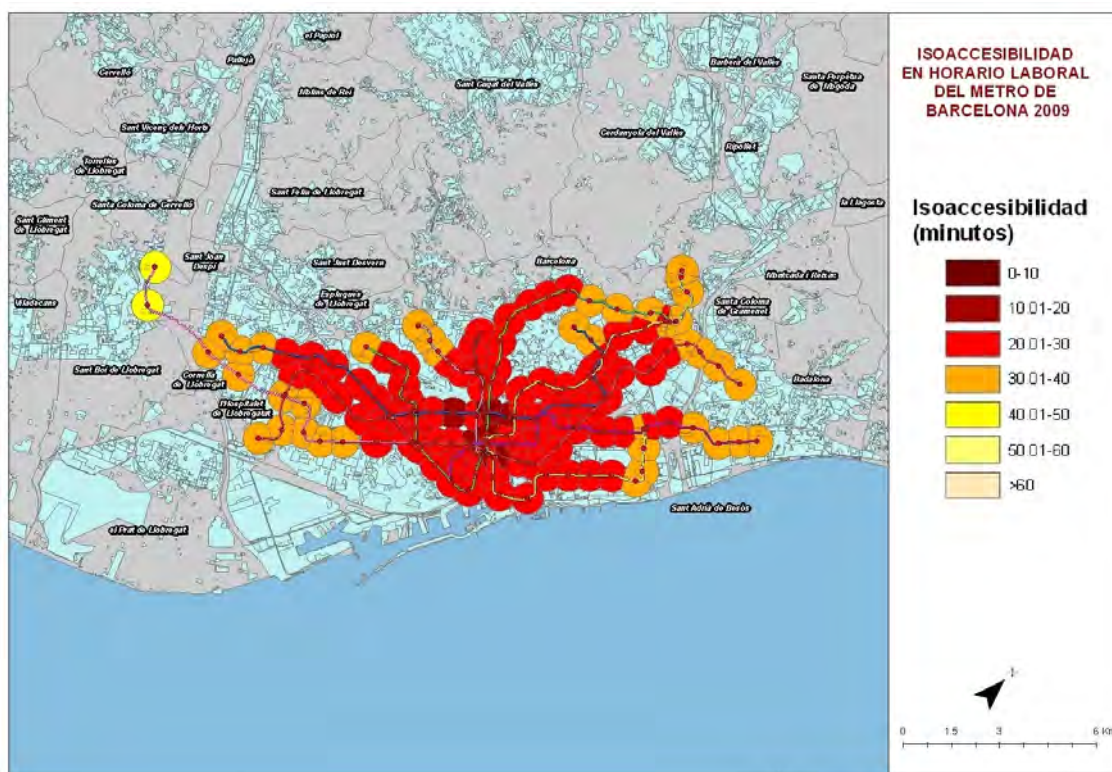
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.8. Isocronas en horario laboral del metro de Barcelona, 2000



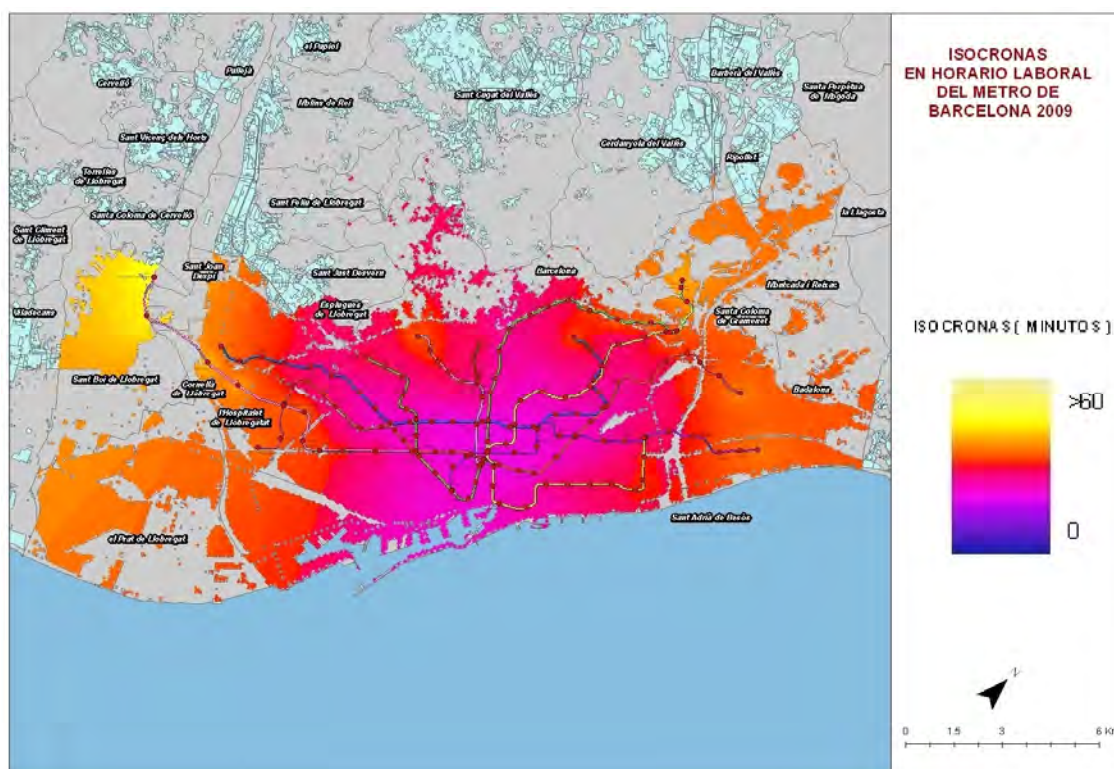
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.9. Isoaccesibilidad en horario laboral del metro de Barcelona, 2009



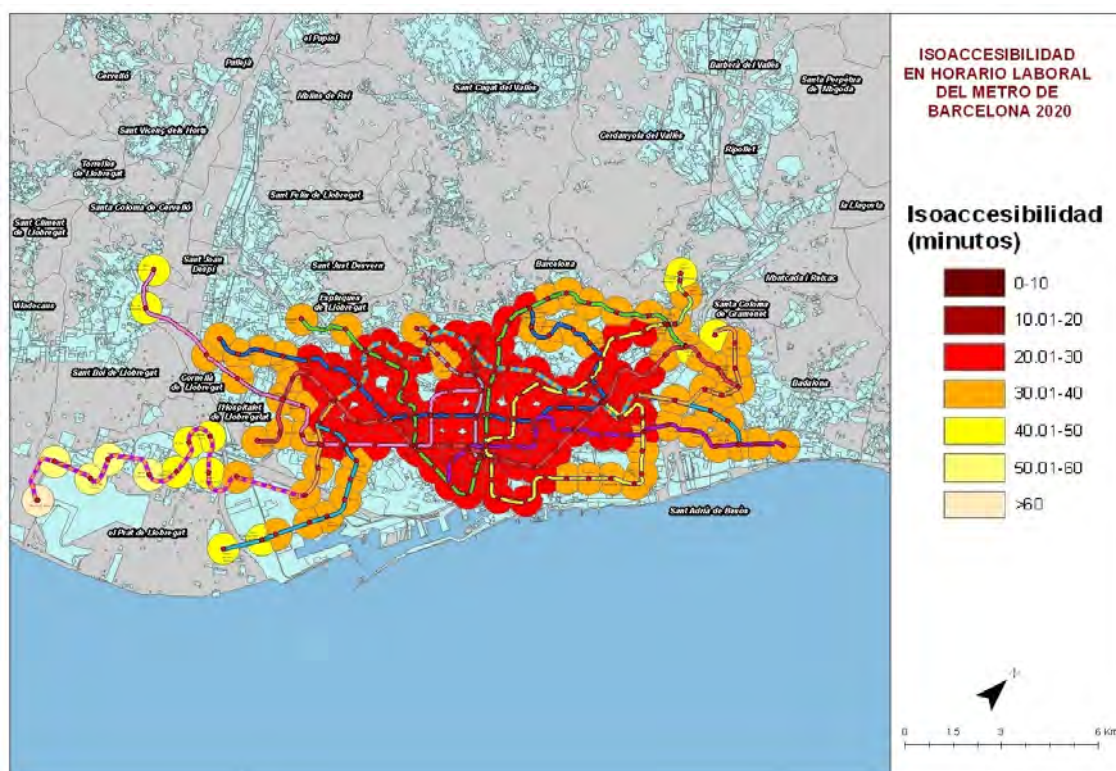
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.10. Isocronas en horario laboral del metro de Barcelona, 2009



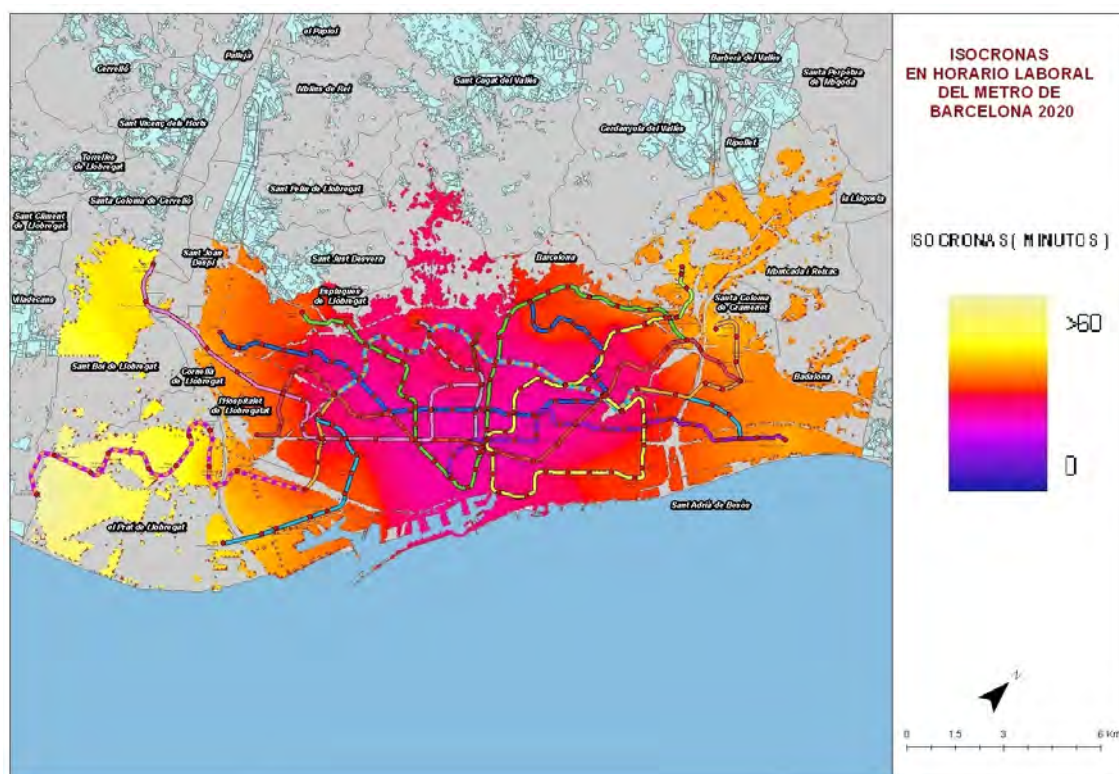
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.11. Isoaccesibilidad en horario laboral del metro de Barcelona, 2020



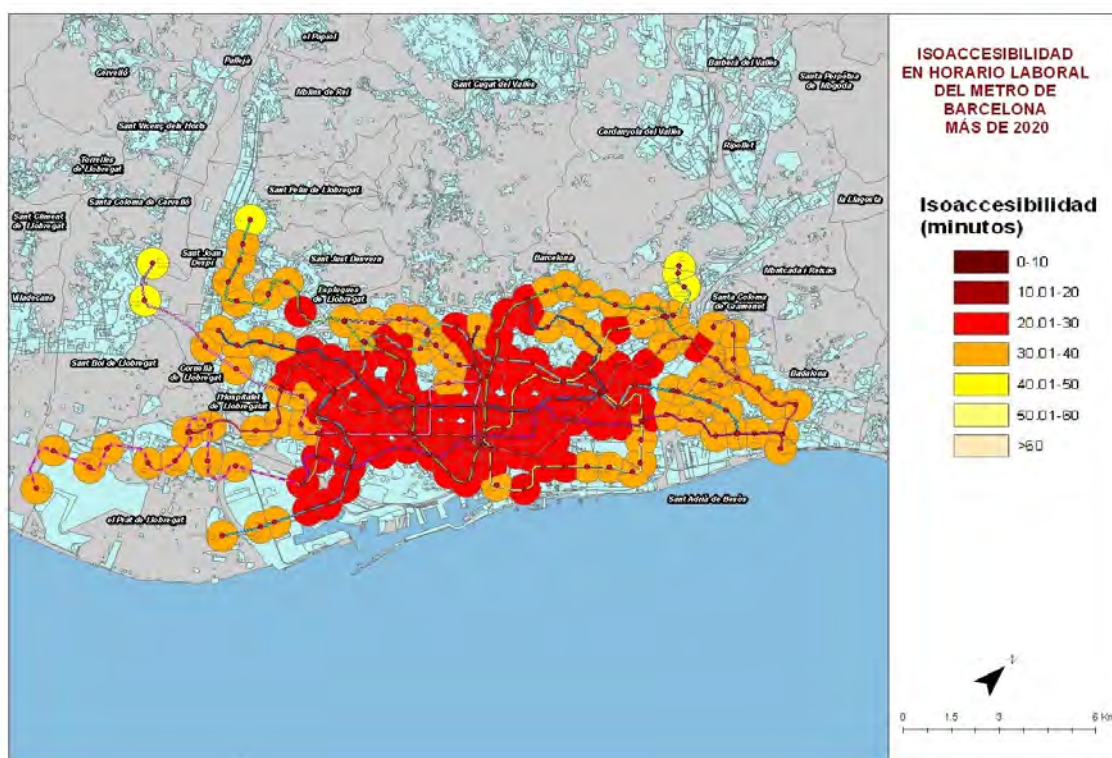
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.12. Isocronas en horario laboral del metro de Barcelona, 2020



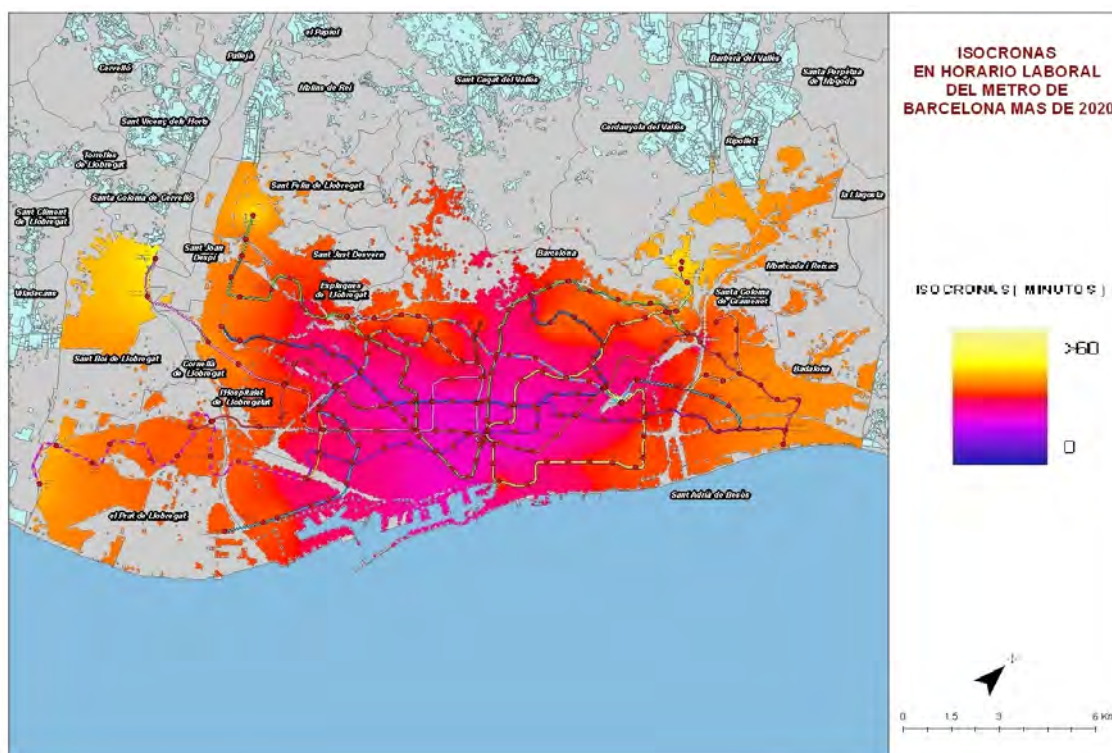
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.13. Isoaccesibilidad en horario laboral del metro de Barcelona, más de 2020



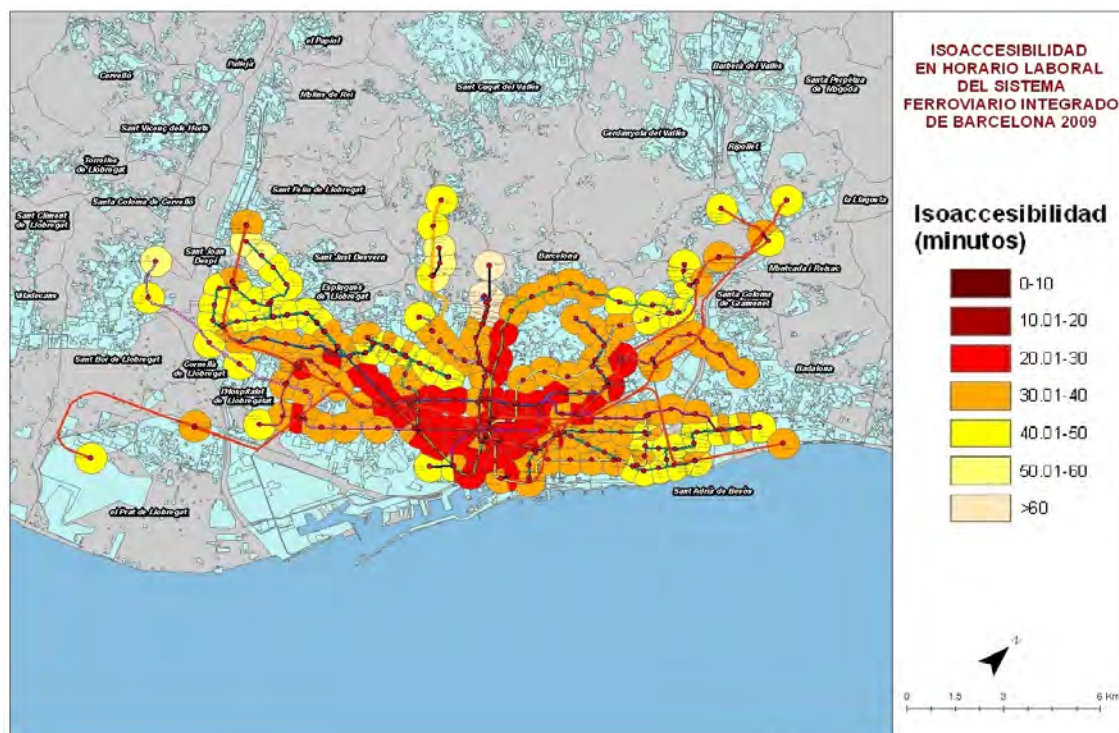
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.14. Isocronas en horario laboral del metro de Barcelona, más de 2020



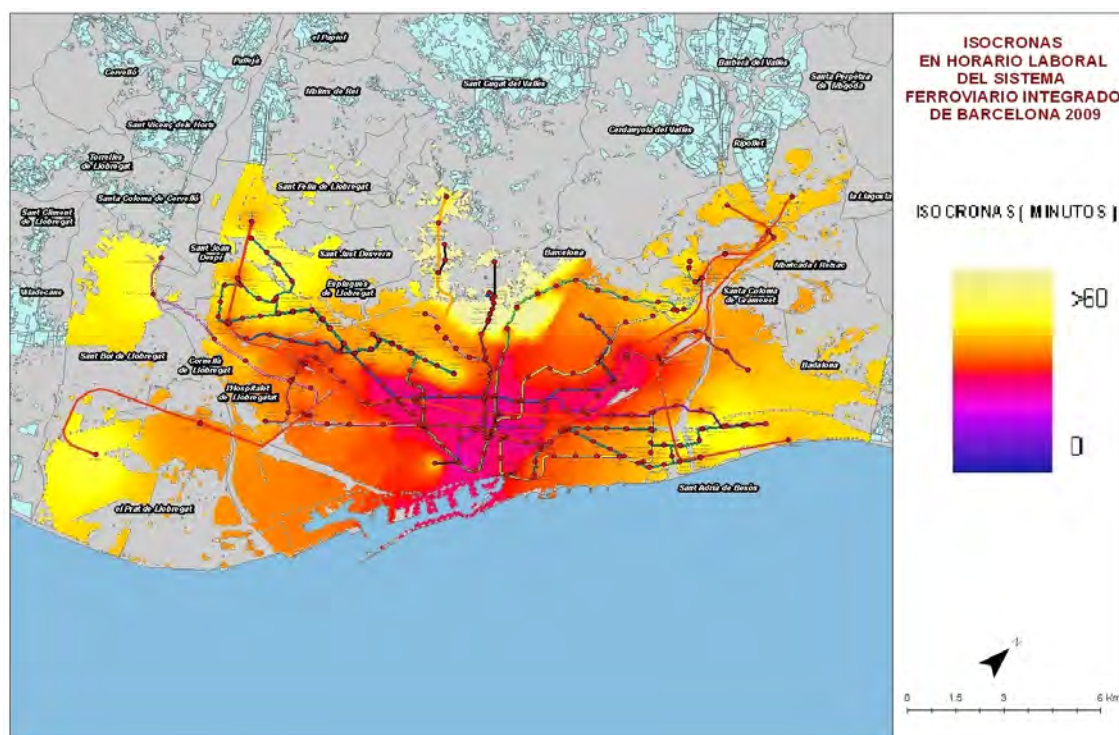
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.15. Isoaccesibilidad en horario laboral del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, 2009



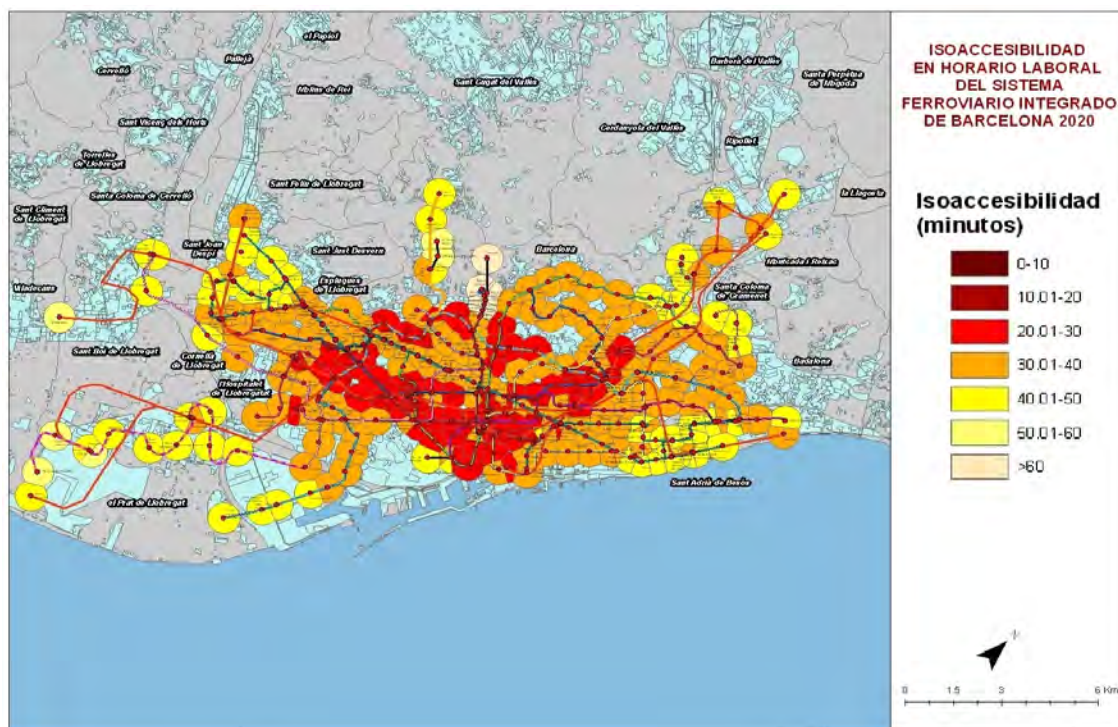
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.16. Isocronas en horario laboral del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, 2009



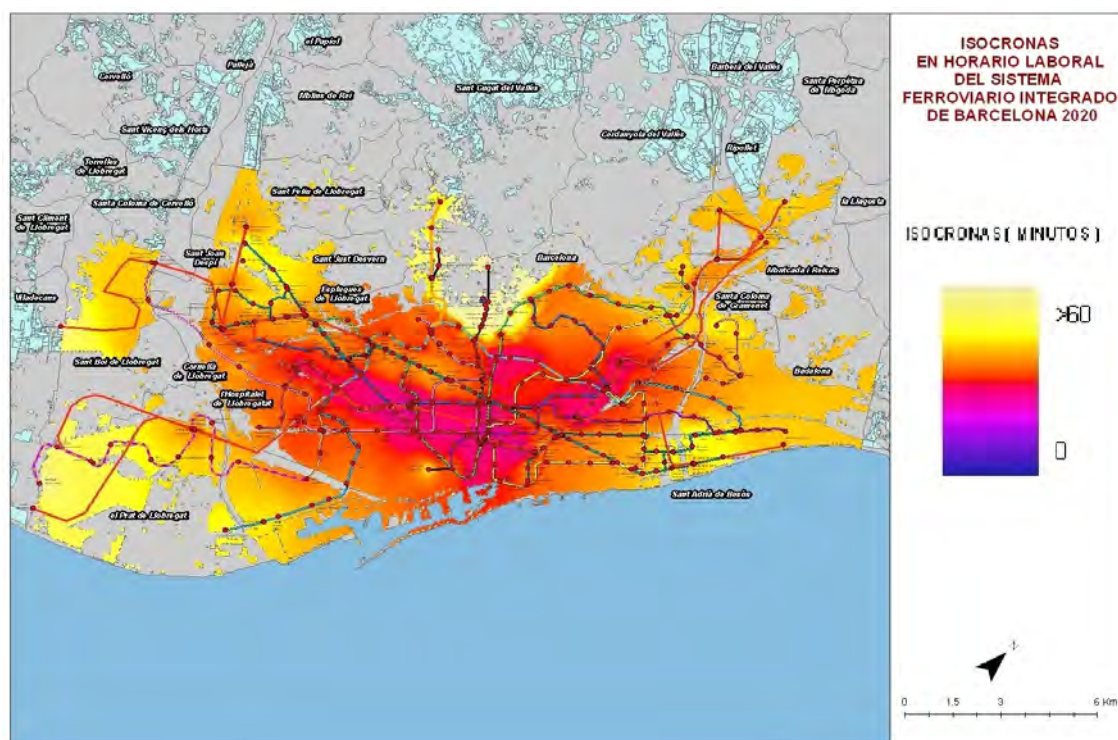
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.17. Isoaccesibilidad en horario laboral del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, 2020



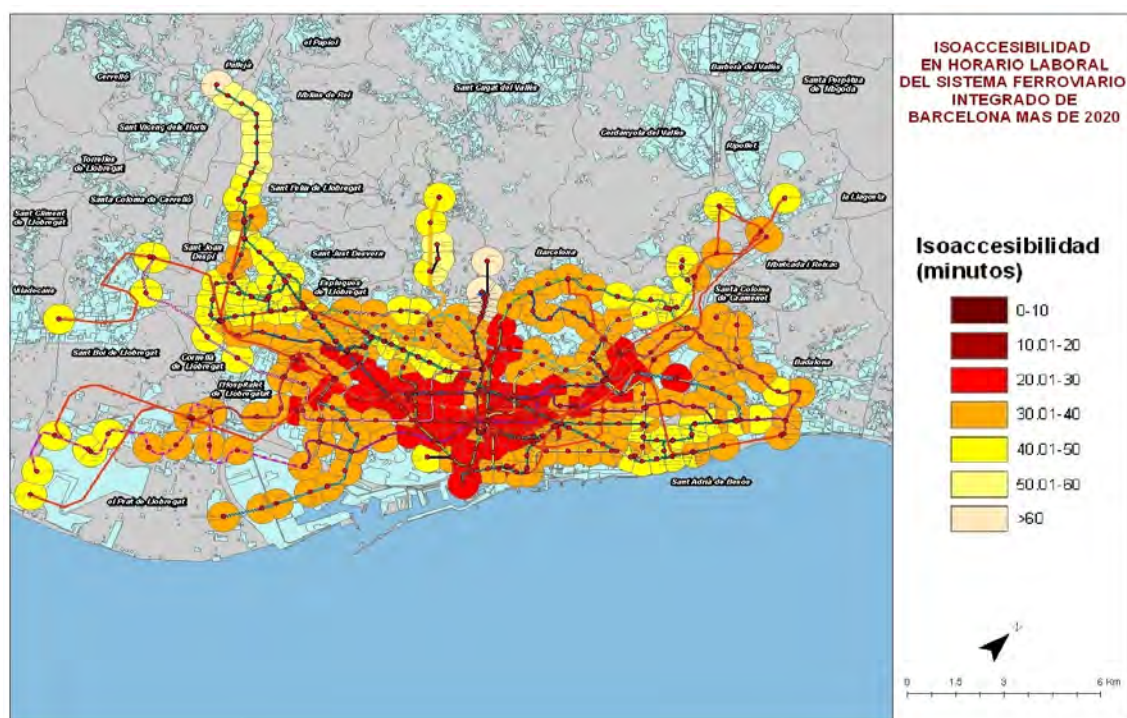
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.18. Isocronas en horario laboral del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, 2020



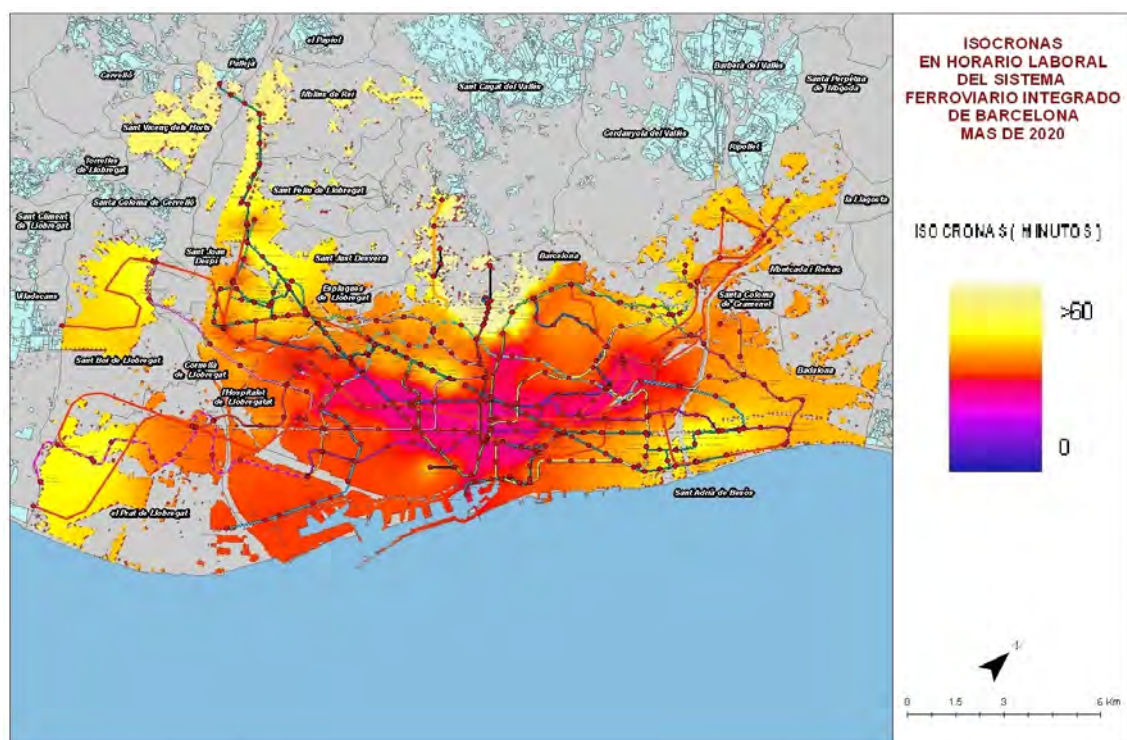
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.19. Isoaccesibilidad en horario laboral del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, más de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.20. Isocronas en horario laboral del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, más de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

3.1.2. Isoaccesibilidad e isocronas de Barcelona en horario festivo

La isoaccesibilidad en horario festivo se ha calculado a partir del año 2009, a partir del cual se pueden hacer comparaciones realmente significativas al poseer los datos necesarios para ello. Desde el año 2009 hasta más allá del 2020, el metro presentará una accesibilidad que se debatirá entre los 20,01-30 minutos y los 30,01-40 minutos. Los valores superiores a estos intervalos serán muy reducidos y minoritarios, aunque el rango de 40,01-50 minutos poseerá cierta relevancia a nivel espacial, aunque poca a nivel poblacional (10 por ciento de superficie y menos de un 5 por ciento de población). Los intervalos de 20,01-30 minutos y 30,01-40 minutos poseerán una cantidad de población servida similar, en torno al millón de habitantes, pero en superficie abarcada, el intervalo de 30,01-40 minutos supondrá las dos terceras partes del total.

Si se analiza al sistema ferro-viario integrado, la situación variará notablemente, y serán cuatro los intervalos predominantes (Cuadro 3.2 y figuras 3.21, 3.22, 3.23 y 3.24). El principal es el de 30,01-40 minutos, que aglutinará el 50 por ciento de la población y la superficie cubierta aproximadamente (alrededor de 50 km² y 1.000.000-1.200.000 habitantes), aunque también es importante el intervalo de 40,1-50 minutos que supondrá un 25 por ciento del total (30-40 km² y alrededor de 500.000 habitantes). El rango de 20,01-30 minutos perderá importancia exponencialmente, sobre todo en cuanto al área cubierta (10 km² aproximadamente), aunque mantendrá cifras razonables en cuanto a población servida (350.000 habitantes aproximadamente). Esta cifra de población cubierta será mayor que la que presentará el intervalo de 50,01-60 minutos, aunque éste cubrirá más área urbana (unos 16 km² y cerca de 200.000 habitantes). A partir de los 60 minutos de media apenas habrá reductos periféricos que posean importancia.

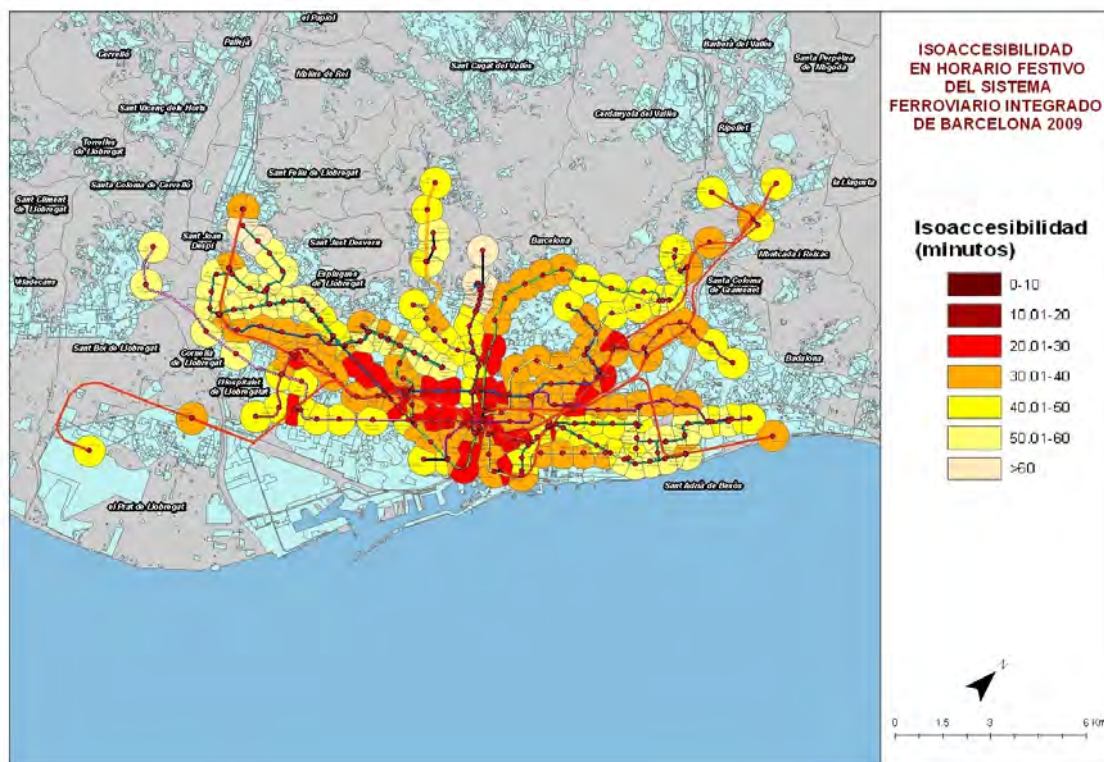
Si analizamos las isocronas, habrá un área central bien definida en el sistema metro, únicamente interrumpida por las líneas 6, 7 y 8 de metro que incidirán en ese centro. Una serie de coronas sucesivas irán configurando los tiempos predominantes en la superficie que abarcará el metro. En el sistema ferro-viario integrado, el área central estará más achatada y alargada y será el área intermedia la predominante. La miscelánea de sistemas ferroviarios configurará un escenario de gran diferenciación entre las áreas. El centro y la periferia serán muy visibles y contrastables en este entorno, al contrario de lo que sucede al analizar únicamente el sistema metro.

Cuadro 3.2. Isoaccesibilidad de la red ferro-viaria de Barcelona en horario festivo

	Horario Festivo													
Intervalo Tiempo (minutos)	0-10 minutos	10.01-20 minutos			20.01-30 minutos		30.01-40 minutos		40.01-50 minutos		50.01-60 minutos		> 60 minutos	
	Super- ficie (km2)	Pobla- ción	Super- ficie (km2)	Pobla- ción	Super- ficie (km2)	Pobla- ción	Super- ficie (km2)	Pobla- ción	Super- ficie (km2)	Pobla- ción	Super- ficie (km2)	Pobla- ción	Super- ficie (km2)	Pobla- ción
Metro 1926														
Metro 1950														
Metro 1966														
Metro 1980														
Metro 2000														
Metro 2009					31.48	1080121	28.66	678090	5.62	75825	1.57	13466		
Metro 2018					30.44	989742	59.58	1112385	11.24	165706	1.57	13466		
Metro 2020					32.24	1075294	49.29	957181	8.79	97945	0.78	13466		
Metro > 2020					32.31	1040003	56.23	1063636	11.3	136693	1.57	13466		
SFI 2009					10.35	346461	33.6	940044	27.61	530371	17.7	213477	3.14	16137
SFI 2020					10.36	341280	53.47	1205534	34.32	564630	17.06	205507	6.58	30395
SFI > 2020					11.02	367991	54.49	1188849	39.01	614254	16.01	194844	6.3	28419

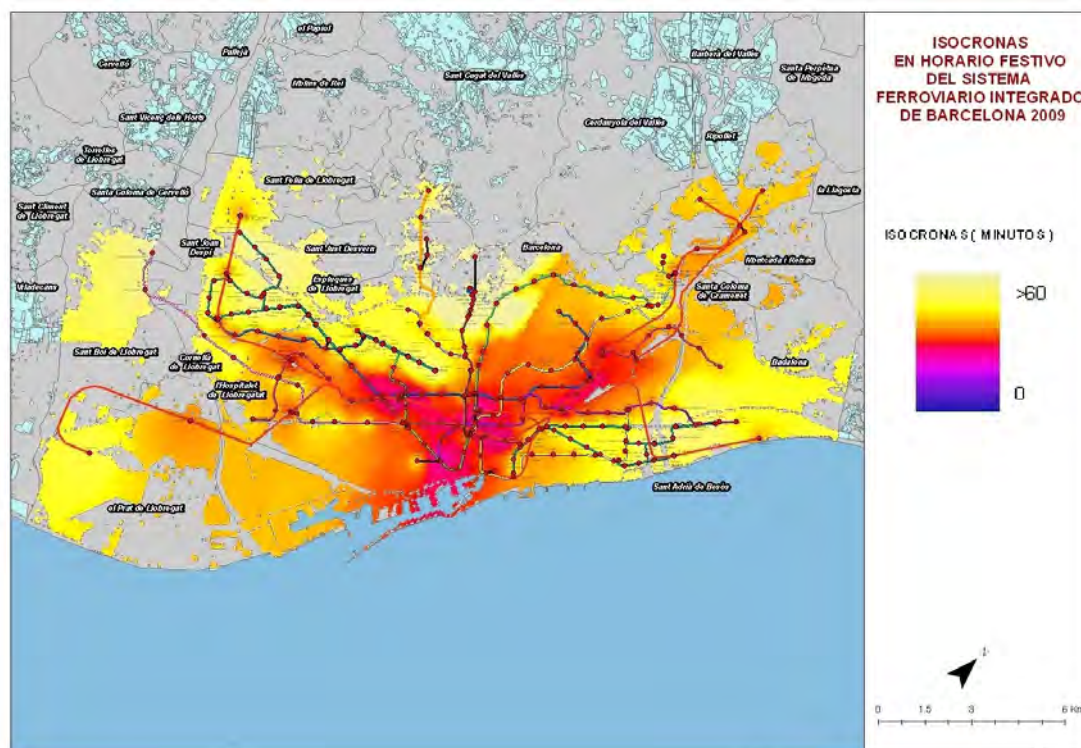
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.21. Isoaccesibilidad en horario festivo del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, 2009



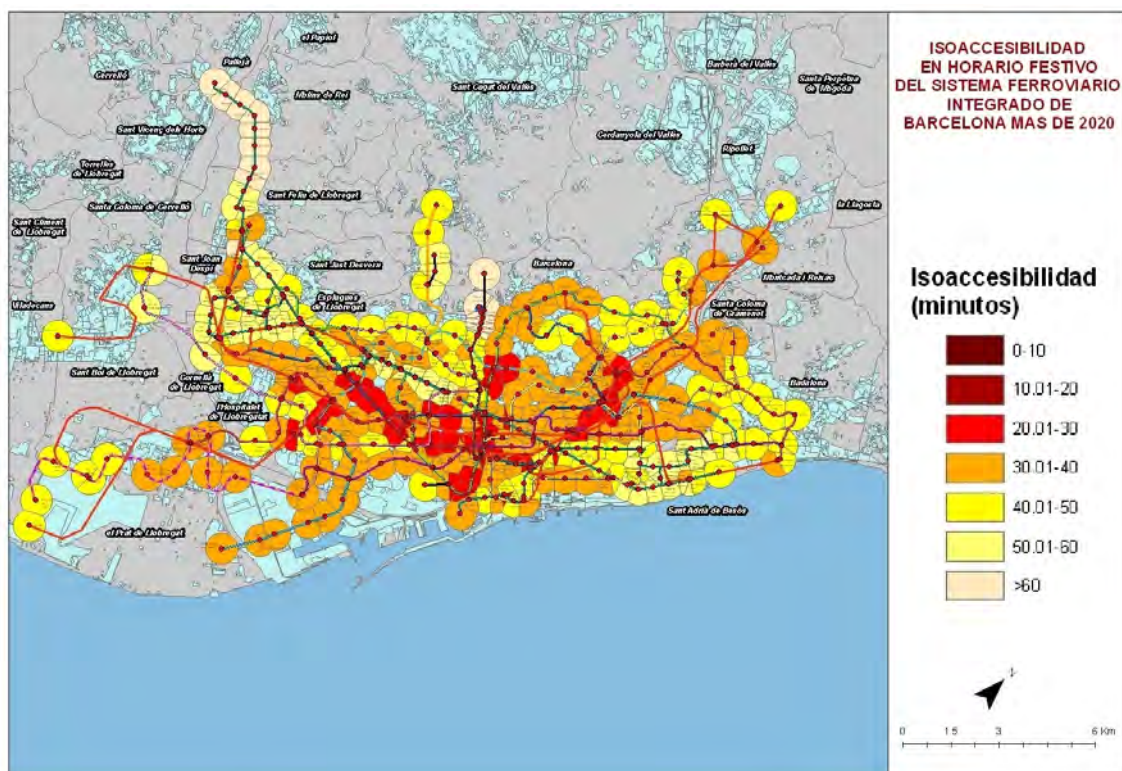
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.22. Isocronas en horario festivo del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, 2009



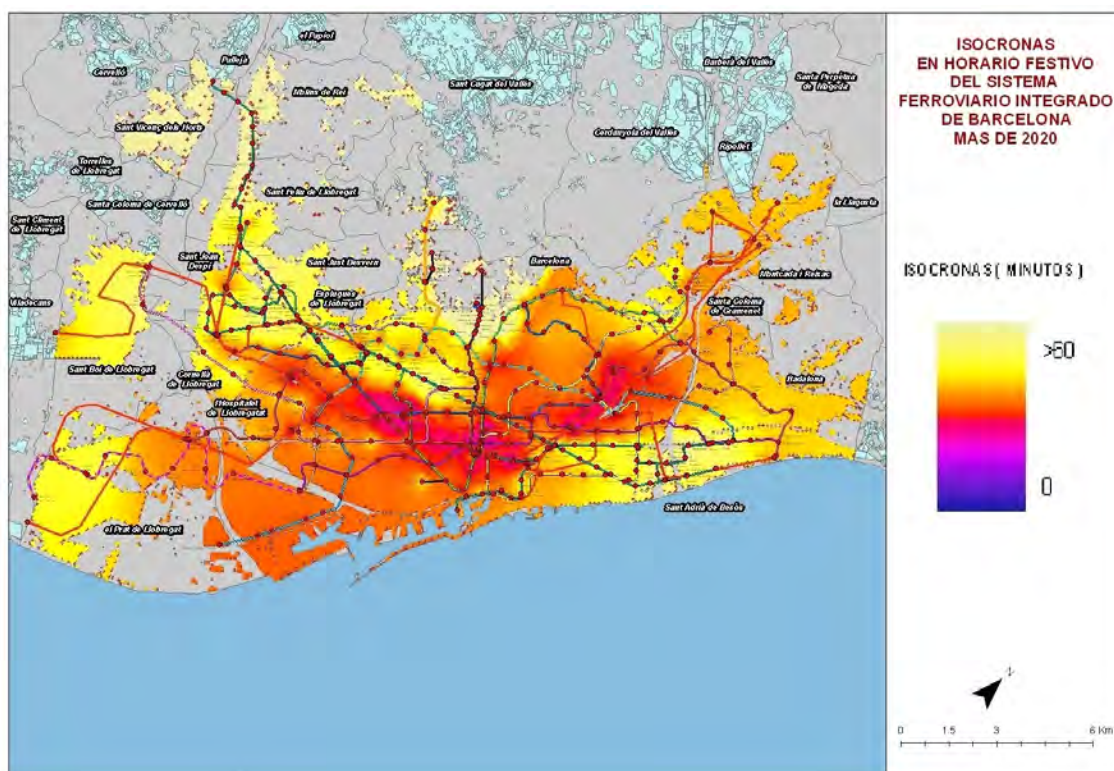
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.23. Isoaccesibilidad en horario festivo del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, más de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.24. Isocronas en horario festivo del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, más de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

3.1.3. Isoaccesibilidad e isocronas de Barcelona en horario nocturno

Al igual que en el horario festivo, el horario nocturno comenzó a calcularse a partir del año 2009. En el año 2009 el intervalo de 20,01-30 minutos junto con el de 30,01-40 minutos fueron los dominantes, con una superficie de cobertura de entre 25-30 km² cada uno y una población de cerca de un millón de habitantes para el primer intervalo y de más de medio millón para el segundo intervalo. Como es habitual, el área periférica presentaba, a igual superficie, menor población servida. Los valores temporales superiores a estos rangos poseían una presencia minoritaria. No obstante, en el período que va desde el año 2009 hasta más allá del 2020 se producirá un cambio significativo en la proporción de los tiempos. A nivel de superficie, el rango de 30,01-40 minutos será claramente dominante, con entre 50 y 60 km² frente a los 25-30 km² del intervalo de 20,01-30 minutos y los 15-20 km² del intervalo de 40,01-50 minutos. A nivel de población cubierta, el panorama es bien distinto, al existir un empate técnico entre los dos primeros intervalos, con casi un millón de habitantes cada uno. El intervalo de 40,01-50 minutos cubre apenas 200.000 habitantes.

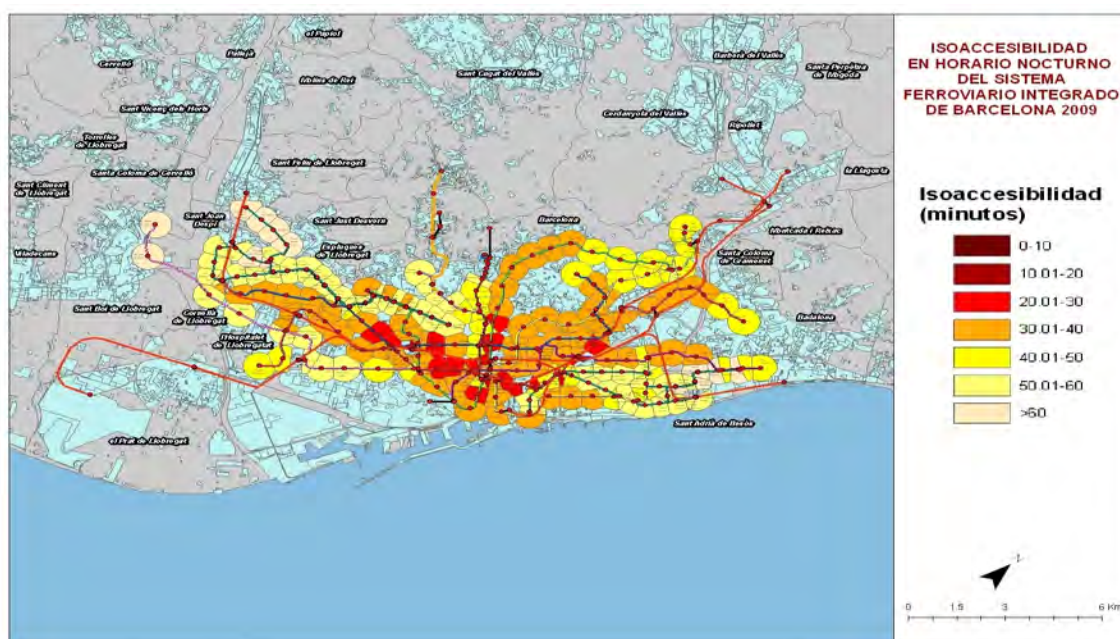
El análisis del sistema ferro-viario integrado indica una diversificación de la situación. El período de 30,01-40 minutos seguirá siendo el eje de la estructura con entre la tercera parte y casi la mitad de la superficie y población cubierta. Entre un 15 y un 25 por ciento de la población y superficie servida se adjudicará el rango de 40,01-50 minutos. El intervalo de 50,01 y 60 minutos obtendrá una amplia superficie de cobertura, con casi el 20 por ciento, pero apenas cubrirá un 10 por ciento de la población, al igual que el intervalo de 20,01-30 minutos, aunque éste poseerá un área de cobertura cuatro veces inferior. Estos datos volverán a destacar la importancia del centro en todo el conjunto del sistema. El análisis de las isocronas (Cuadro 3.3 y figuras 3.25, 3.26, 3.27 y 3.28) indica que en el sistema metro se dibujará un centro definido y amplio, con concéntricos intervalos temporales cada vez mayores conforme nos dirijamos al borde exterior del sistema. Sin embargo, las líneas gestionadas por F.G.C. (L6, 7 y 8) distorsionarán este análisis y ampliarán los valores temporales más altos, posibilitando así su incursión en el área central del conjunto. El análisis del sistema ferro-viario integrado indica otra situación. Existirá una distorsión provocada por el ferrocarril que mantendrá sus frecuencias en horario nocturno y configurará una serie de áreas centrales dispersas en torno a sus estaciones. Este hecho derivará en un área totalmente anisotrópica. Centro y periferias físicas se diluirán. Este será un ejemplo superlativo de cómo las distancias entre dos puntos dependen en mayor medida de las infraestructuras que conecten dichos puntos y no tanto de la distancia física existente entre esos dos puntos.

Cuadro 3.3. Isoaccesibilidad de la red ferro-viaria de Barcelona en horario nocturno

	Horario Nocturno													
Intervalo Tiempo (minutos)	0-10 minutos		10.01-20 minutos		20.01-30 minutos		30.01-40 minutos		40.01-50 minutos		50.01-60 minutos		>60 minutos	
	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población
Metro 1926														
Metro 1950														
Metro 1966														
Metro 1980														
Metro 2000														
Metro 2009					28.16	1004392	26.94	626654	9.23	190170	2.2	26285	0.78	
Metro 2018					24.34	847534	61.35	1134127	14.14	273351	2.98	26285		
Metro 2020					27.19	969500	49.94	954147	20.99	193953	2.98	26285		
Metro > 2020					24.86	879901	60.42	1130989	13.14	216622	2.98	26285		
SFI 2009					4.74	179859	30.13	961439	15.13	389304	19.35	294587	5.89	63225
SFI 2020					5.83	217866	43.93	1051387	25.61	580457	18.52	266733	10.2	77047
SFI > 2020					5.89	219585	45.07	1039845	29.64	634091	19.32	267390	9.12	66692

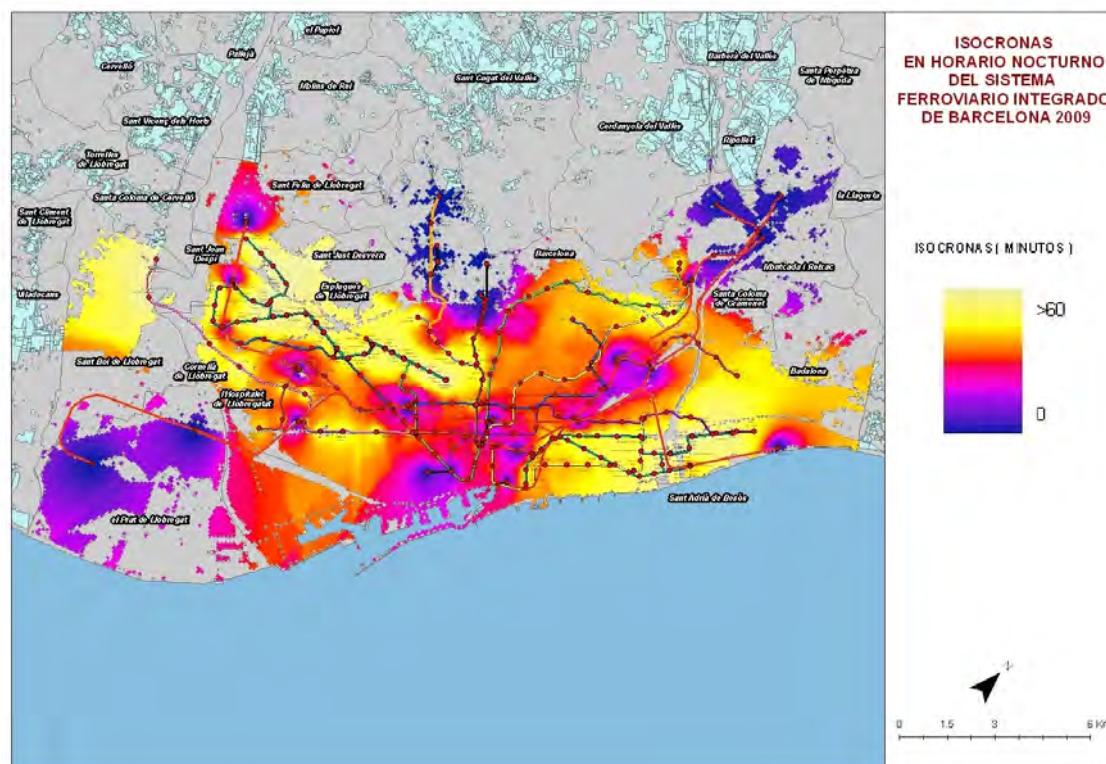
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.25. Isoaccesibilidad en horario nocturno del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, 2009



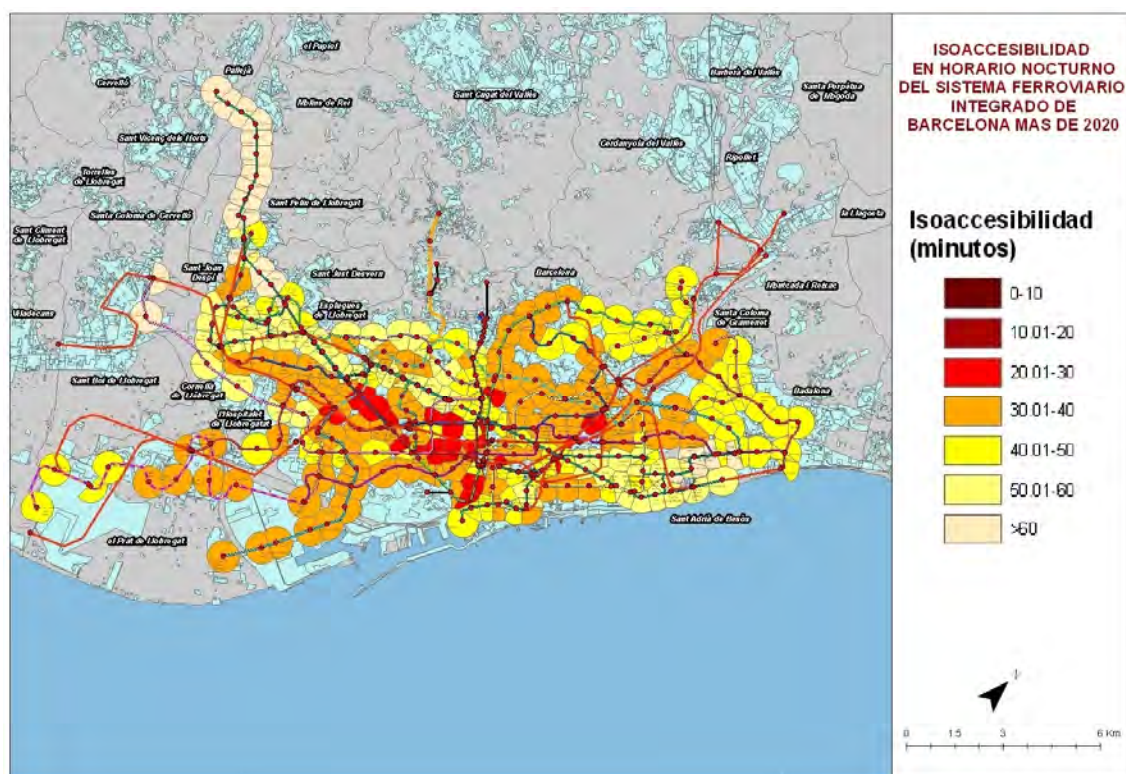
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.26. Isocronas en horario nocturno del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, 2009



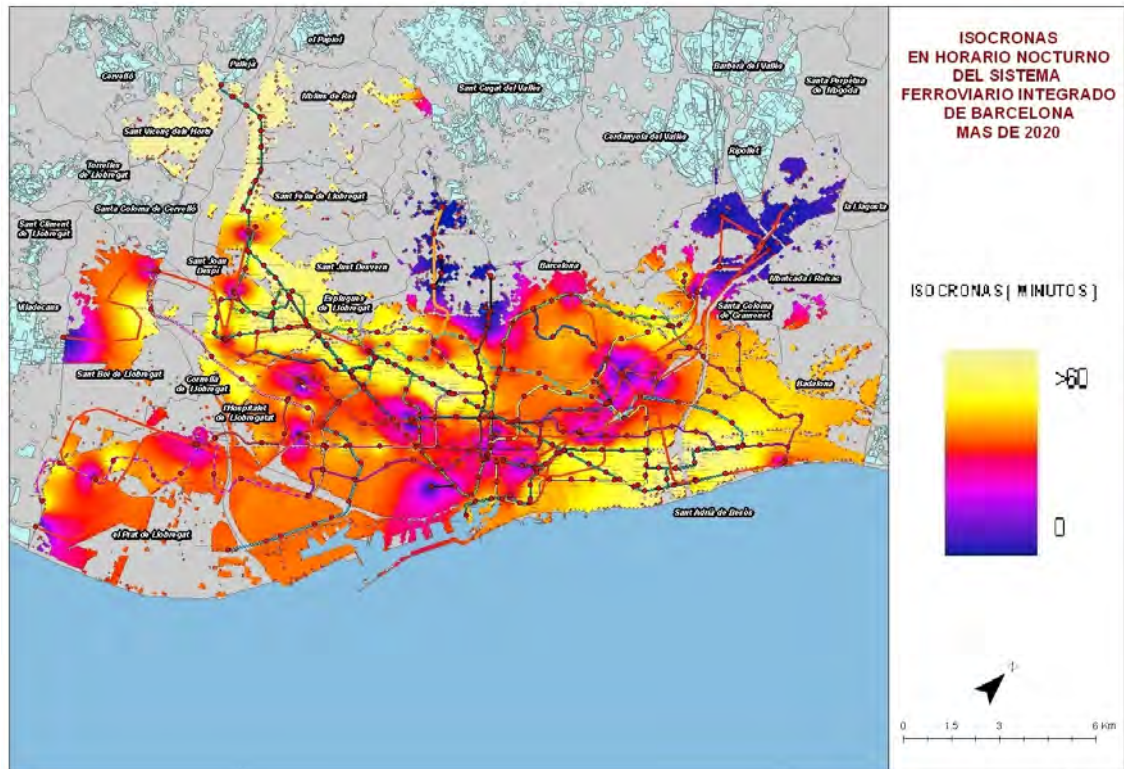
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.27. Isoaccesibilidad en horario nocturno del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, más de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.28. Isocronas en horario nocturno del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, más de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

3.1.4. Isoaccesibilidad e isocronas de Barcelona en horario medio

El horario medio se asemeja al horario laboral debido a la gran cantidad de horas que el horario laboral posee (Cuadro 3.4). Analizando el sistema metro, se observa como los intervalos de 20,01-30 minutos y 30,01-40 minutos son preponderantes, repartiéndose casi al 50 por ciento, la superficie y la población servida, si bien, el primer período, el que define el centro, posee menor cobertura espacial y mayor cobertura poblacional. El análisis del sistema ferro-viario integrado es más complicado (figura 3.29 y 3.31). El intervalo de 30,01-40 minutos poseen de media un 50-60 por ciento de la superficie y de la población, mientras el intervalo de 40,01-50 minutos y el rango de 20,01-30 minutos se reparten a partes casi iguales el resto de la población, a pesar de tener el último mucha menor incidencia a nivel espacial.

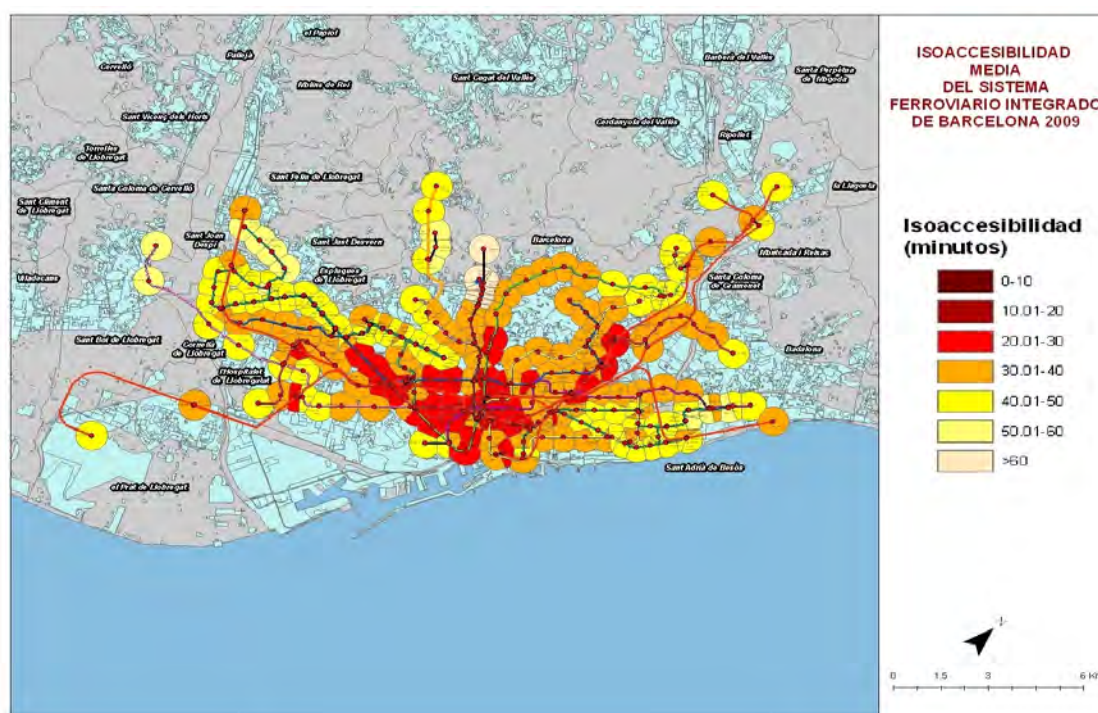
Las isocronas (figura 3.30 y 3.32) muestran una situación homogénea tanto en el sistema metro como en el sistema ferro-viario integrado. Las isocronas muestran un centro definido y coronas sucesivas con valores temporales elevados en la periferia. La diferencia principal radica en el tamaño del centro inicial, que es mucho más reducido al analizar el conjunto del sistema.

Cuadro 3.4. Isoaccesibilidad de la red ferro-viaria de Barcelona en horario

Intervalo Tiempo (minutos)	Horario Medio													
	0-10 minutos		10.01-20 minutos		20.01-30 minutos		30.01-40 minutos		40.01-50 minutos		50.01-60 minutos		> 60 minutos	
	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población	Superficie (km2)	Población
Metro 1926														
Metro 1950														
Metro 1966														
Metro 1980														
Metro 2000														
Metro 2009			0.43	5380	36.96	1225232	26.45	588005	3.49	28885				
Metro 2018					41.23	1210579	54.83	1016179	6.76	54540				
Metro 2020					42.33	1260839	43.48	845913	5.29	37135				
Metro > 2020					41.67	1226148	53.7	974730	6.03	52919				
SFI 2009					13.57	486444	40.34	1074669	30.09	428902	6.39	47440	2.02	9033
SFI 2020					14.99	532134	61.06	1332024	33.76	410733	8.32	59234	3.65	13220
SFI > 2020					16.14	572373	64.24	1336758	34.96	418020	7.84	53986	3.65	13220

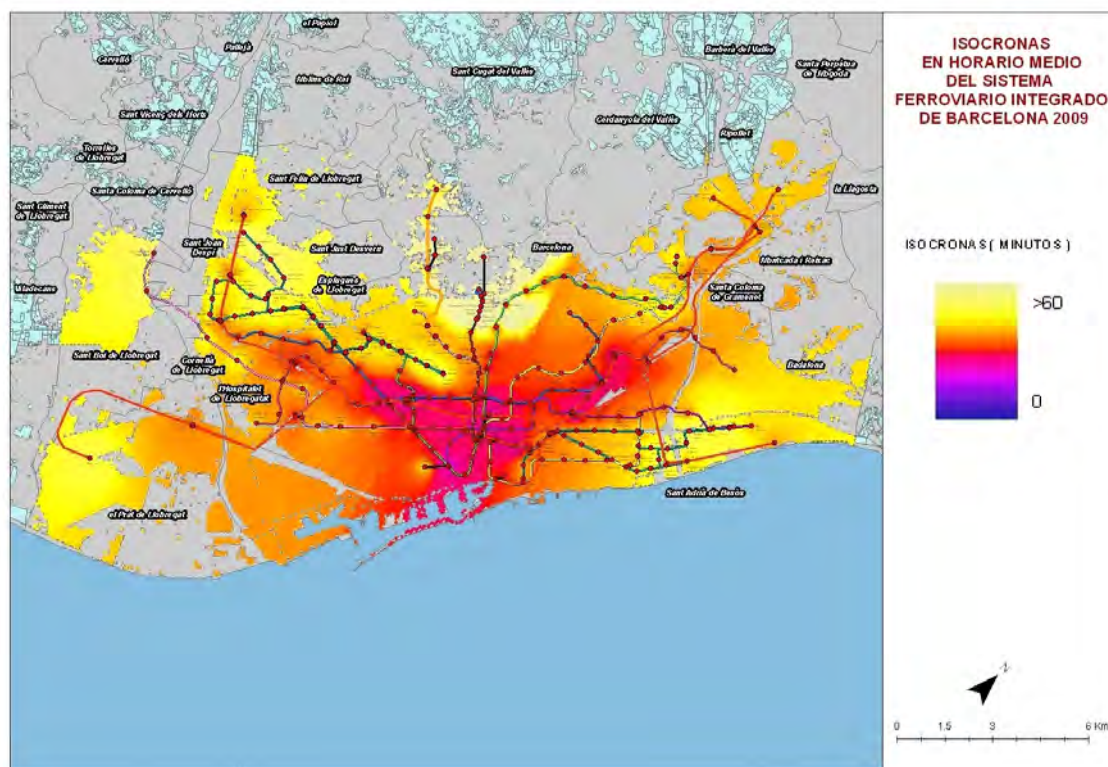
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.29. Isoaccesibilidad en horario medio del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, 2009



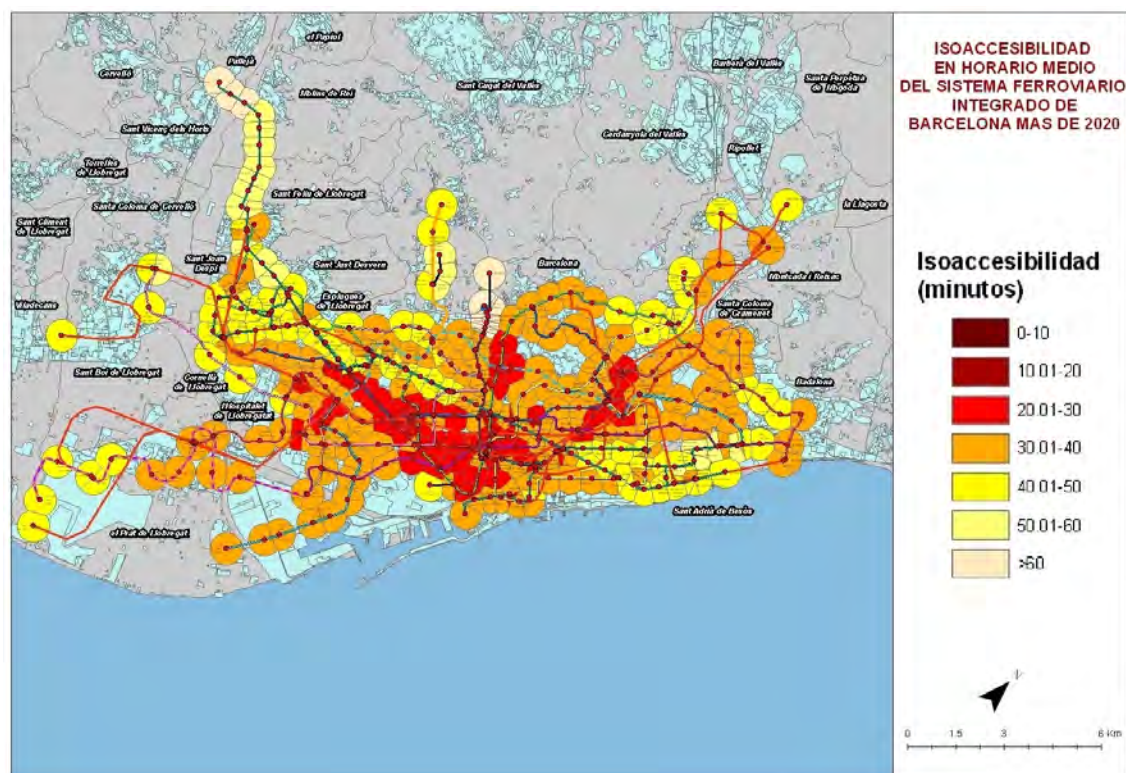
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.30. Isocronas en horario medio del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, 2009



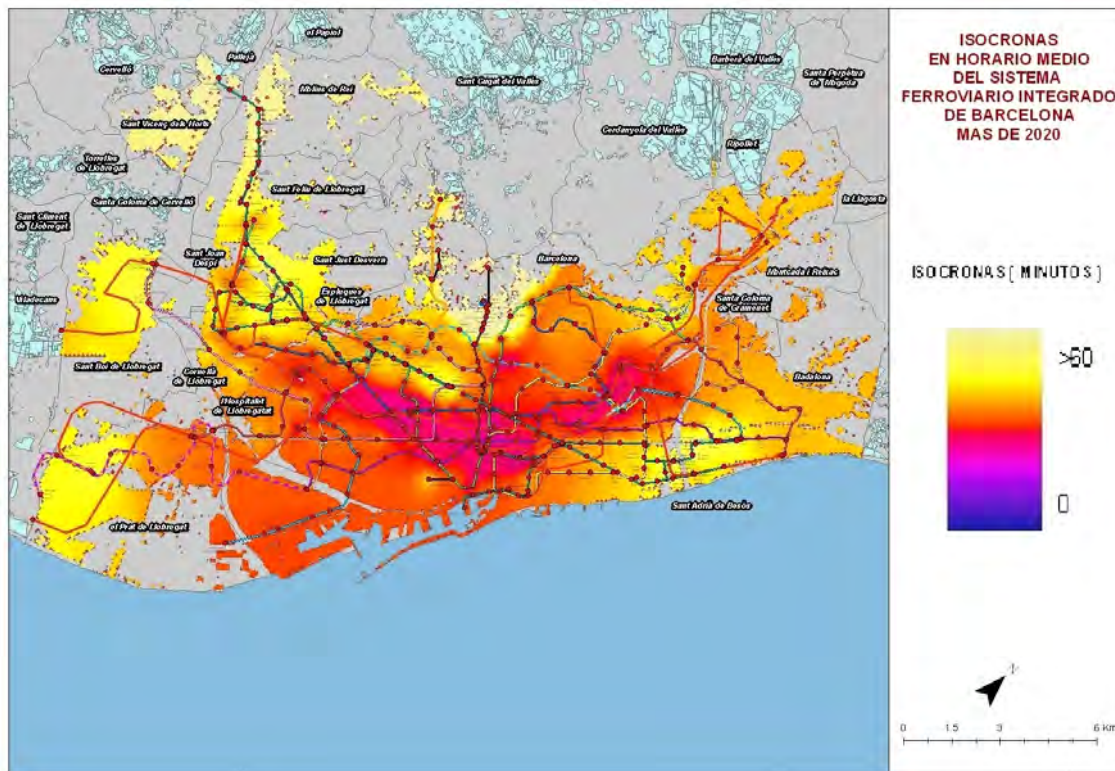
Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.31. Isoaccesibilidad en horario medio del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, más de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.32. Isocronas en horario medio del sistema ferro-viario integrado de Barcelona, más de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de datos de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

3.2. Accesibilidad según las estaciones y los tiempos de desplazamiento

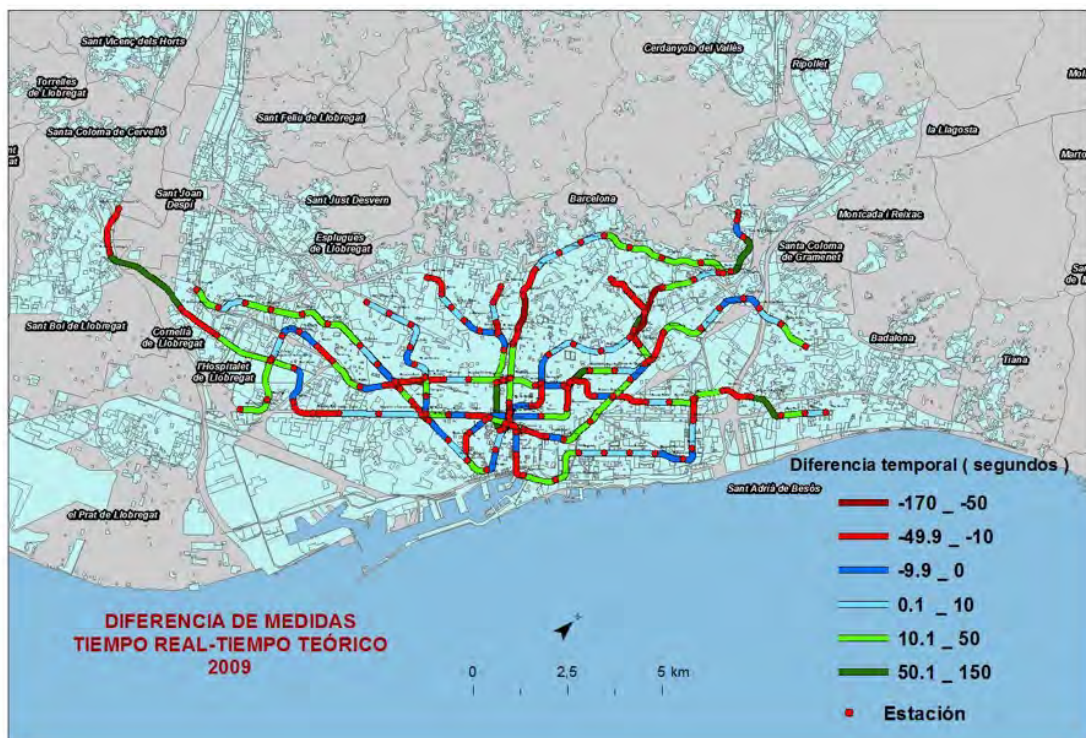
También se ha realizado, en este capítulo, una comparación entre los tiempos de desplazamiento reales que hay entre las diversas estaciones, y los tiempos teóricos. Existen, únicamente, dos mediciones en tiempo real, y este hecho impide que la comparación sea considerada relevante, pero es un dato interesante para ilustrar el nivel de diferencia existente entre las mediciones teóricas y la constatación empírica. Posteriormente, se ha realizado una comparativa entre el área de los centroides de las estaciones (su punto central), con el área de los accesos de cada estación. Por último, se ha analizado la adecuación de la apertura de estaciones de metro, en su día planificadas e incluso parcial o totalmente construidas, pero que jamás fueron inauguradas.

3.2.1. Diferencia entre medidas de tiempo real y tiempo teórico en la red de metro de Barcelona

En la figura 3.33 se muestra la diferencia entre los tiempos teóricos y reales y los tiempos reales (medidos manualmente el día 29 de noviembre de 2009) entre transectos de la red de metro de Barcelona. No existen patrones espaciales diferenciados, pero se pueden obtener algunas generalizaciones. Los rangos en azul muestran una desviación escasa entre los valores medidos en tiempo real y los teóricos. Eso significa que los tiempos teóricos se ajustan a la realidad. Los rangos verdes muestran los valores de tiempo teórico que exceden al tiempo real. En estos transectos se tarda menos de lo que el modelo topológico propone. Por el contrario, los valores en rojo muestran los transectos en los que, en medidas reales, se tarda más en desplazarse que lo que se indica en las medidas topológicas.

Como se ha mencionado, no existen patrones espaciales muy bien definidos ya que toda la red presenta indistintamente todos estos rangos, sin embargo, se observa que en las áreas que no son ni el centro ni la periferia, es decir, las áreas más intermedias, tienen un mayor peso los valores cuyo rango están en azul. Esto posiblemente sea debido a que cuando se realiza un modelo topológico de una red de metro, las partes más afectadas son el centro (que es donde se ordena, jerarquiza y conecta la red) y la periferia (que es donde se definen las extensiones de cada línea). Las áreas intermedias están menos modificadas y, por ello, poseen una mayor aproximación con la realidad.

Figura 3.33. Diferencia de medidas tiempo real-tiempo teórico 2009



Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

3.2.2. Diferencia existente ente ámbitos de las estaciones de la red ferroviaria de Barcelona según los accesos y según los centroides

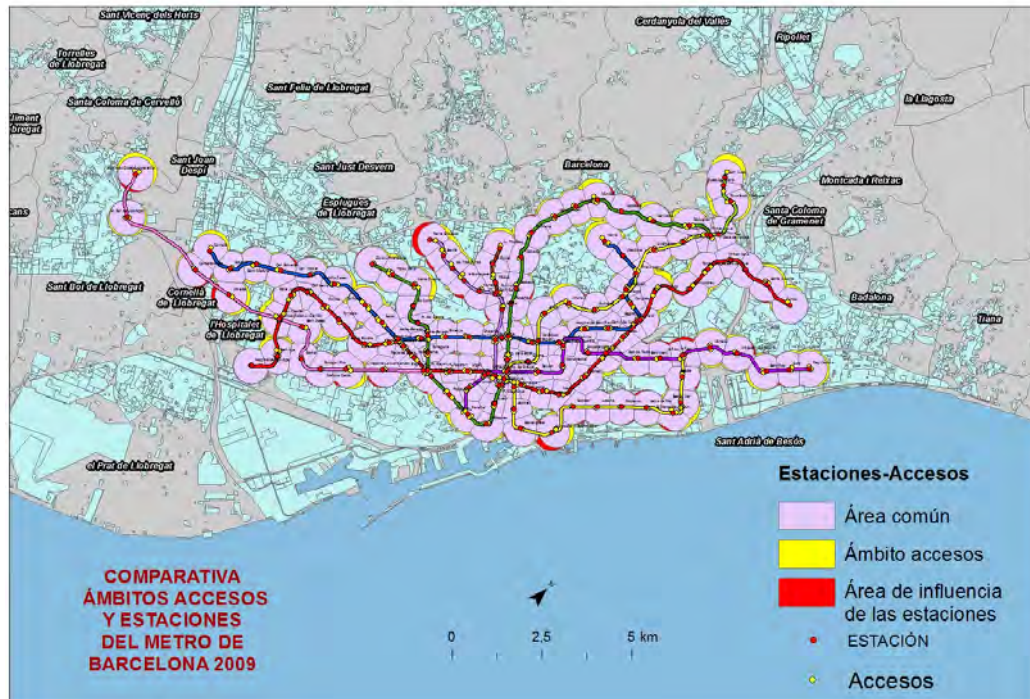
El cuadro 3.5 y la figura 3.34 plasman la comparativa entre el área de influencia de los centroides de cada estación (su punto medio), con el área de influencia de los accesos propios de dichas estaciones. Se puede realizar una prueba aislada de, por ejemplo, una estación como Paseo de Gracia que posee numerosos accesos y que están distribuidos de forma dispersa entre sí. Esta estación poseía un 86 por ciento más de superficie de influencia espacial que una estación que solo tuviese un acceso, como Poblenou. Sin embargo, las estaciones no se hallan aisladas entre sí, sino que se hallan próximas unas a otras. Si se realiza el cálculo del área de cada estación, teniendo en cuenta que su ámbito máximo está limitado por la influencia de las estaciones adyacentes, se obtiene un resultado más comedido. Se puede observar cómo el área común a ambas estaciones es predominante (gris), alcanzando los 66 km², mientras el área exclusiva de los accesos (amarillo) y de los centroides (rojo) es meramente testimonial, con 4 y menos de 1 km², respectivamente. No obstante, las superficies totales de cada una de estas áreas son muy similares entre sí, como atestigua el cuadro 3.1, aunque lo que les confiere verdadero significado es, sin duda, el área que les es exclusiva a cada una de ellas. Las áreas exclusivas de los accesos y de los centroides se encuentran en las periferias de la red y son poco significativas debido a que estas estaciones disponen de pocos accesos y éstos están muy próximos entre ellos. En total hay más de 300 accesos, más del doble que de estaciones. Se constata que no existen grandes diferencias entre unos y otros, lo cual viene a demostrar que la accesibilidad de una estación, en el conjunto de la red es independiente de la ubicación de sus accesos, los cuales se sitúan siempre cercanos entre sí y cercanos al centroide. Por tanto, la accesibilidad de una estación no depende de sus accesos, siempre y cuando se analice el sistema ferroviario en su conjunto. Sin embargo, a gran escala, la ubicación y número de los accesos pueden constituir elementos de gran relevancia en la configuración urbana y social de un barrio y en la subida o bajada del precio de los inmuebles.

Cuadro 3.5. Diferencias entre la superficie entre las áreas de los centroides de las estaciones del metro de Barcelona y las áreas según los accesos de las estaciones del metro de Barcelona, 2009

	Superficie (km2)
Área estaciones	67,33
Área accesos	70,4
Área común	66,36

Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.34. Comparativa entre ámbitos accesos y estaciones del metro de Barcelona, 2009



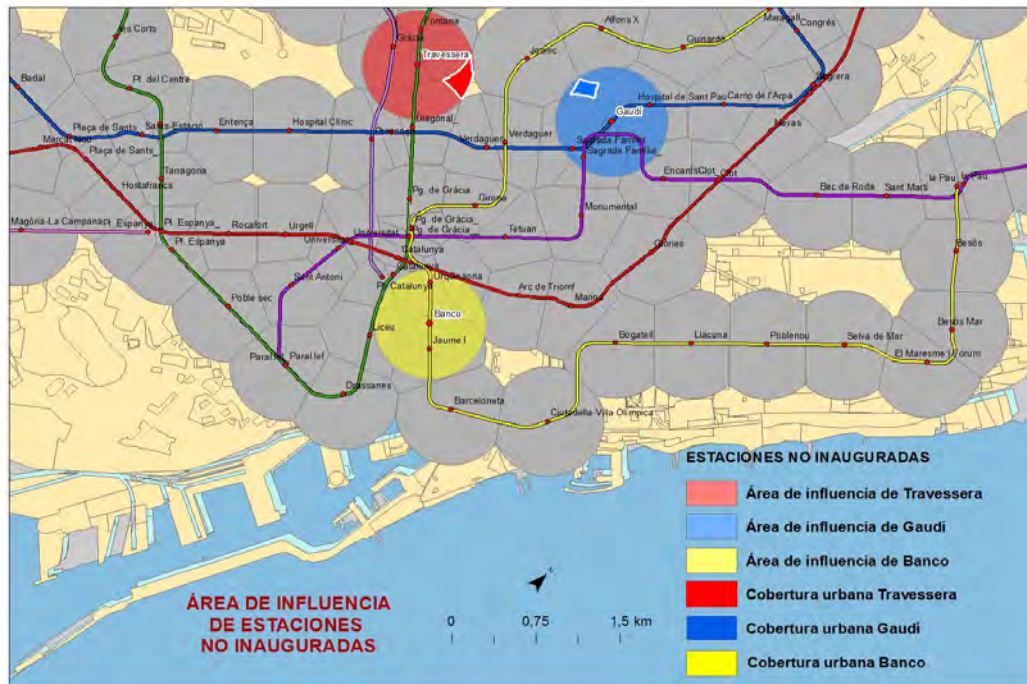
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

3.2.3. Estudio de accesibilidad de las estaciones no inauguradas de la red ferroviaria de Barcelona

La figura 3.35 presenta la hipotética situación en la cual aparecen las estaciones nunca inauguradas de Gaudí, Travessera y Banco. Según el análisis realizado (teniendo en cuenta el ámbito de 500 metros que abarca cada estación alrededor suyo con un área máxima de cobertura de la estación de 785400 m²), los resultados son los siguientes: la estación Banco, situada entre Jaume I y Urquinaona, se construyó y se usó con fines privados, pero nunca fue incorporada de forma oficial a la red de metro. Su implantación no añadiría mayor cobertura a la red de metro y la escasa distancia entre Urquinaona y Jaume I no justifica su implantación. La estación Gaudí, situada entre Hospital de Sant Pau y Sagrada Familia, se construyó pero nunca se inauguró. Actualmente es utilizada con fines publicitarios y puede llegar a verse ocasionalmente. Si se implantase esta estación, se añadirían 0,24881 km² de superficie a la cobertura de la red de metro y 2.463 personas se verían beneficiadas por ello. Además cubre un enclave poblacional muy céntrico que actualmente no dispone de cobertura. Teniendo en cuenta que la estación ya está construida, sería interesante su incorporación a la L5. Por último, la estación Travessera, situada entre Fontana y Diagonal, nunca se construyó, pero se planificó su construcción. Si se implantase la estación se añadirían 0,45833 km² de superficie a la cobertura de la red de metro y 2.076 personas se verían beneficiadas. Además, esta estación cubre un

enclave poblacional céntrico y sin cobertura por lo que implantación en la L3 también podría resultar positivo.

Figura 3.35. Ámbito de estaciones no inauguradas



Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

3.3. Accesibilidad al centro de la red ferroviaria de Barcelona

El siguiente análisis (cuadro 3.6 y figuras 3.36, 3.37, 3.38, 3.39, 3.40 Y 3.41) tiene en cuenta la distancia de las estaciones de la red al centro de ésta, que en todos los años analizados ha sido la misma estación, Plaza Cataluña.

En 1926, en la totalidad de las estaciones de la red de metro se tardaba menos de 10 minutos en llegar al centro de la red. Poseía gran prominencia el área situada a 5 minutos del centro. La escasa longitud de la línea propició su homogeneidad. En 1950 esta situación permaneció inalterada, prácticamente. Existía un área, que iba de Rocafort a Marina y de Catalunya a Paseo de Gràcia, desde cuyas estaciones se tardaba apenas 5 minutos en llegar al centro (esta franja temporal mantiene su distribución espacial en todos los años analizados del sistema metro. Ello es debido a la dificultad que presenta la red para modificar las líneas inmediatamente adyacentes al centro, la zona más consolidada por la red y por lo tanto la más inmutable), mientras el resto de la red podía recorrer el trayecto al centro en 10 minutos o menos. Los valores superiores a 10 minutos correspondían con las terminaciones de las líneas. En 1980 la red de metro ya presentaba una cierta madurez y se habían ampliado todas las líneas. Las

estaciones desde las que se tardaba menos de 10 minutos en llegar al centro de la red, representaban la mitad de la misma, concretamente aquellas que se hallaban entre Navas y Mercat Nou y entre Diagonal y Drassanes. Las estaciones desde las que se precisaba de, entre 10 y 20 minutos de tiempo en poder alcanzar el centro de la red, eran, sin embargo, la franja temporal más predominante, ocupando el resto de la red de metro, excepto en las terminaciones de la L5 y L3, que poseían valores superiores, aunque poco significativos. En el año 2000, la red de metro se amplió en todos sus extremos y se añadieron las líneas 6, 7 y 8. Las áreas servidas por valores de 5 y 10 minutos permanecieron estacionarias, mientras que las de valores de 20 minutos dominaron muy ampliamente el sistema en su conjunto, aunque no totalmente, ya que la perifericidad de las líneas 4, 5 y 8 hicieron que sus terminaciones de líneas tuviesen un tiempo de desplazamiento más elevado. De cualquier manera, la mayor parte de la red se situaba a menos de media hora del centro, lo cual es altamente positivo. El año 2009 presentó unos valores muy similares al período anterior, con la diferencia de que las ampliaciones de la línea 3 y la apertura de la L11 hicieron que en esas áreas se superase el valor de media hora de desplazamiento al centro. En los años 2020 y más allá de 2020 no habrá cambios significativos a los mencionados anteriormente, excepto por la ampliación de la L3 hacia Sant Feliu que, debido a su posición respecto al resto de la red, poseerá valores temporales elevados y una distancia considerable al centro.

Si se analiza el sistema ferro-viario integrado del año 2009, se divisa un aumento de los valores temporales menores, es decir, la red era más accesible a menos de 10 minutos. Concretamente, el área accesible a menos de 5 minutos se amplió notablemente, desde Sants-Estació a Glòries y de Catalunya a Diagonal. La interrelación de sistemas facilitó la posibilidad de interconexión de manera más eficiente y posibilitó al viajero la elección de la ruta más apta y conveniente para él. El área central era la que sufrió una mayor modificación. Esto es debido a que el centro es el área donde se aglutinan todos los sistemas ferroviarios. Es, por tanto, el espacio donde los sistemas convergen, donde procuran conectarse para que, sea cual sea el origen o destino de los pasajeros, siempre puedan poseer un lugar común de encuentro. Los valores temporales de hasta 10 minutos también se ampliaron, de Vallbona a Drassanes y de Torrassa a Fabra i Puig. Los valores temporales de hasta 20 minutos ocuparon la mayor parte de la red, relegando las terminaciones de las líneas a los valores temporales superiores a 20 minutos. Sin embargo, la forma en la que se distribuían esos valores superiores a 20 minutos era un tanto errática, debido a la distorsión producida por sistemas ferro-viarios como el tranvía o el metro ligero que, aunque amplían el área cubierta, no poseen la rapidez ni frecuencia que sí poseen el ferrocarril o el metro convencional. Así pues, se hallan estaciones de valores superiores a 30 e incluso 40 minutos junto a otras de valores de entre 5 y 10 minutos. En todo caso se mantiene una armonía en el conjunto de la red y la integración ferroviaria tiene como resultado una mejora de los tiempos y del área cubierta.

Los sistemas ferro-viarios integrados de 2020 y más de 2020 serán muy similares entre sí y mantendrán una estructura muy coherente. A pesar de las dimensiones de la red y la promiscuidad de sistemas ferroviarios, la casi totalidad de la red se

mantendrá a menos de 30 minutos del centro. Esto será debido a que la red poseerá una estructura que multiplicará las interconexiones (L9 y L10) y convertirá al sistema en una malla homogénea por casi todo el continuo urbano barcelonés. Las anomalías provocadas por el metro ligero se reducirán, sin embargo, el tramo de metro ligero que irá hacia Molins de Rei y Pallemà será el más periférico de todo el conjunto. Se comprueba cómo existen unos patrones que indican que los diferentes tiempos de acceso al centro poseían un nivel máximo de extensión a lo largo de los años. Así pues, los valores de hasta 5 minutos abarcan un área máxima de 3 km², los valores de hasta 10 minutos abarcan un área de 10 km², los valores de hasta 20 minutos abarcan un área de 50 km², y los valores superiores a media hora abarcan un área de entre 100 y 120 km². Sin embargo, en los períodos superiores a 2009 existen ciertas variaciones en los valores, aunque mantienen una proporción similar. Si se analiza el sistema ferroviario integrado los resultados varían. Los valores de hasta 5 minutos poseen un área de 8 km², los valores de hasta 10 minutos poseen un área de 20 km², los valores de hasta 20 minutos se sitúan en torno a los 75 km² cubiertos y los valores superiores a 20 minutos están entre 130 y 150 km² de área cubierta.

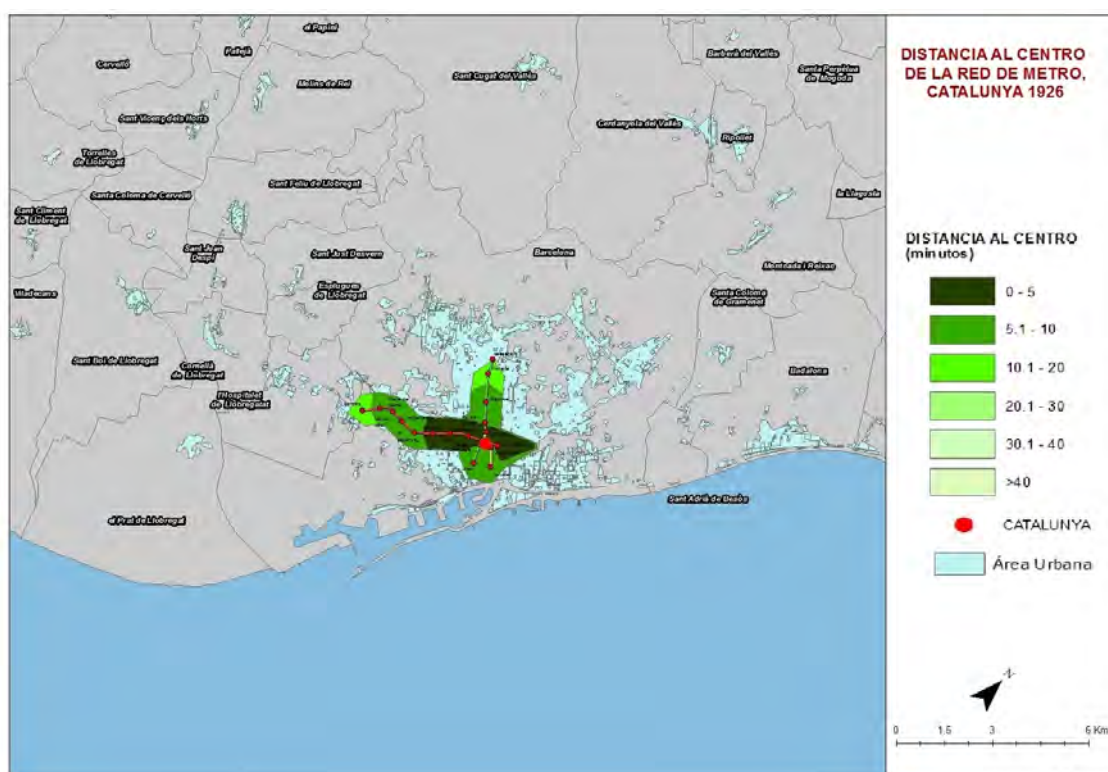
Hay dos razones fundamentales para que a pesar de que el período temporal cambie, el área máxima de extensión de cada valor se mantenga. La primera de ellas es la propia morfología del sistema urbano barcelonés, el cual está constreñido por diversos elementos geográficos (mar, río Besòs y Llobregat y sierra de Collserola) que hace que la extensión máxima a cubrir por las redes ferroviarias esté en torno a los 130-150 km². En los primeros estadios de la red, el continuo urbano estaba en expansión, pero a partir de 1980 se definieron claramente los límites máximos del mismo. Es por ello que, a partir de ese año, los valores de accesibilidad son casi simétricos, año tras año. El segundo factor hace referencia a la estructura de la red. Una vez se produjeron las primeras interrelaciones entre líneas, esa área central no se volvió a alterar, por lo tanto, los valores de accesibilidad del centro de la red tampoco se modificarán por mucho que la red crezca. Sin embargo, a partir de 2020 habrá ciertos cambios en la red, con la introducción de las líneas 9, 10 y la incursión de la L8 por el centro de Barcelona. Sin embargo, los valores centrales no se verán alterados significativamente, aunque sí los valores de peor accesibilidad, ya que la interconexión de líneas aumenta la cantidad del tiempo de desplazamiento. Por otra parte, los valores más accesibles no se verán significativamente modificados. Esto es debido a que, a pesar del cambio de estructura en la red, las altas frecuencias de la L8 hacen que, a pesar de su céntrica posición en 2020, esta línea no sea suficiente para reorientar y ampliar el centro de forma significativa. En todo caso constituye un interesante canal para la realización de rutas alternativas al centro. En el sistema ferro-viario integrado, la aparición e interrelación de diferentes sistemas con amplia presencia en el centro hacen que los valores de mayor accesibilidad se vean más representados. Es éste el cambio real respecto al sistema metro: el crecimiento de los valores de acceso al centro menores de 10 minutos. El aumento del resto de valores se explica por la mayor área cubierta por el resto de sistemas ferro-viarios. Es un aumento proporcional al aumento del área cubierta.

Cuadro 3.6. Superficie según la franja temporal de distancia al centro de la red

	Superficie en km2 según franja temporal de distancia al centro					
	0-5 min	5.1-10 min	10.1-20 min	20.1-30 min	30.1-40 min	más de 40 min
Metro 1926	2.68	7.1	8.35			
Metro 1950	3.3	8.02	9.41			
Metro 1966	3.48	11.38	40.53	43.58		
Metro 1980	3.35	9.65	29.95	35.22		
Metro 2000	2.79	9.92	45.71	69.02	69.85	
Metro 2009	3.21	10.72	48.33	74.29	77.13	
Metro 2018	3.21	10.37	52.65	93.78	113.31	117.99
Metro 2020	3.21	10.68	48.49	87.18	97.31	103.87
Metro > 2020	3.21	10.59	51.09	93.48	112.85	117.53
SFI 2009	8.18	21.33	69.92	108.5	113.09	114.69
SFI 2020	8.26	21.51	74.01	130.79	141.86	148.06
SFI > 2020	8.28	21.66	76.45	135.3	147.16	153.34

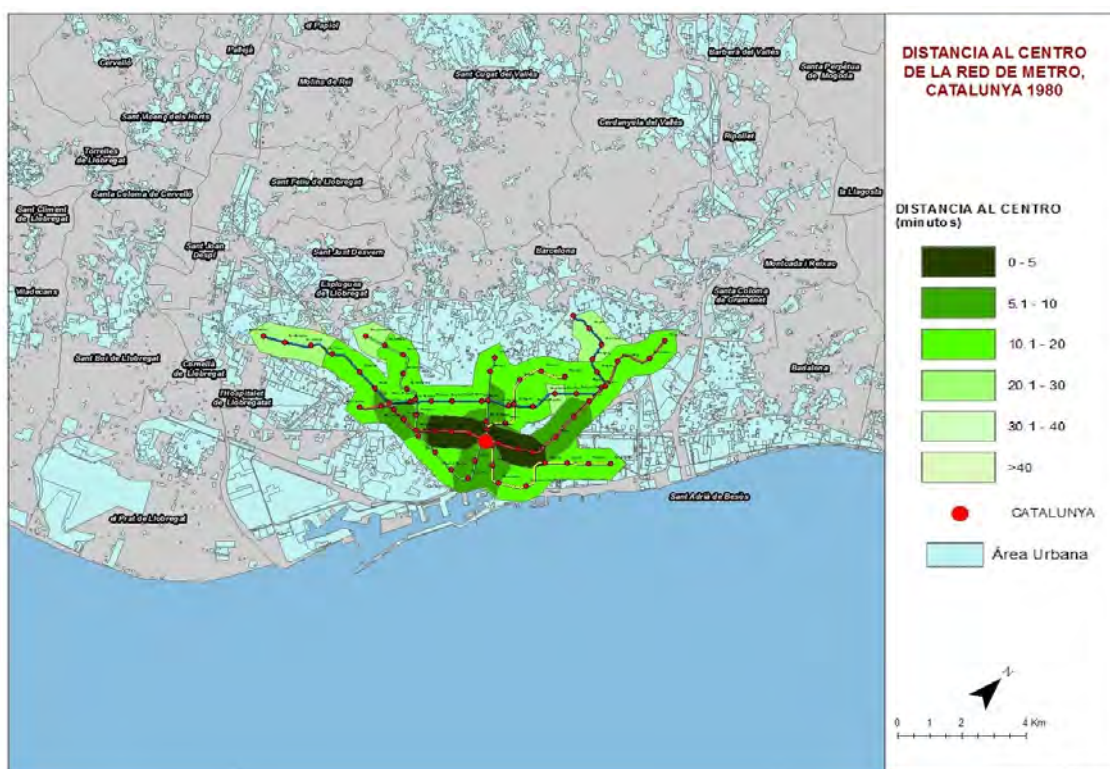
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.36. Distancia al centro de la red de metro, Catalunya 1926



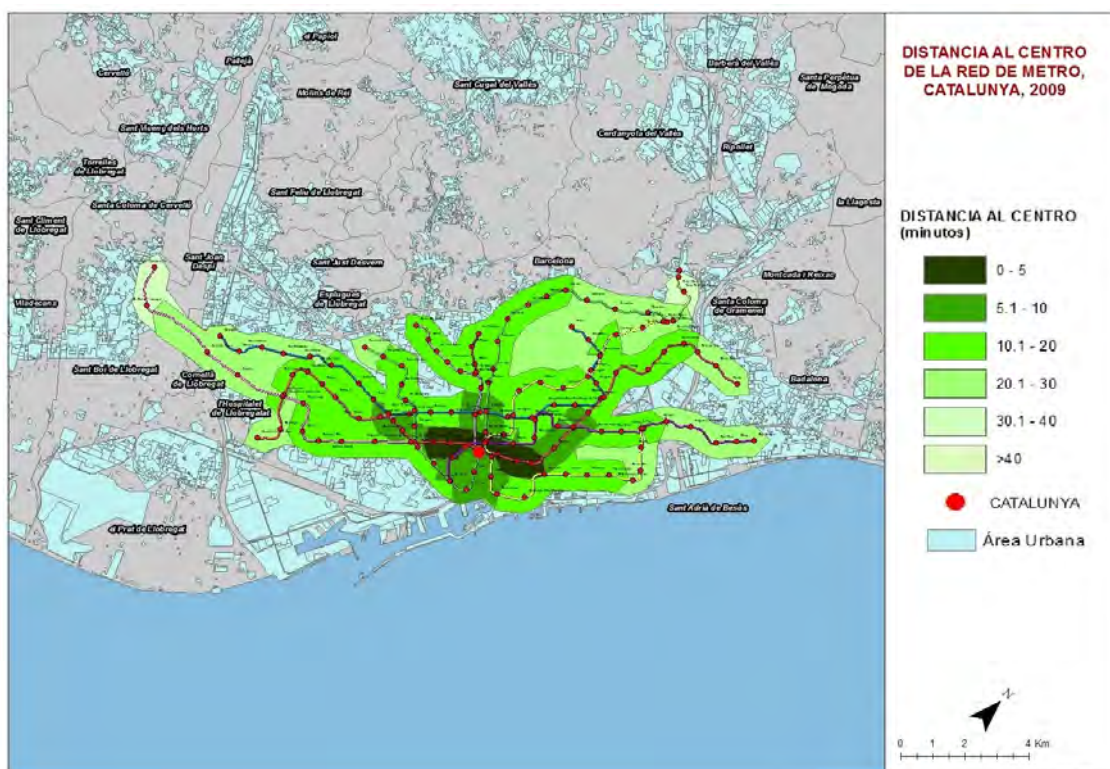
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.37. Distancia al centro de la red de metro, Catalunya 1980



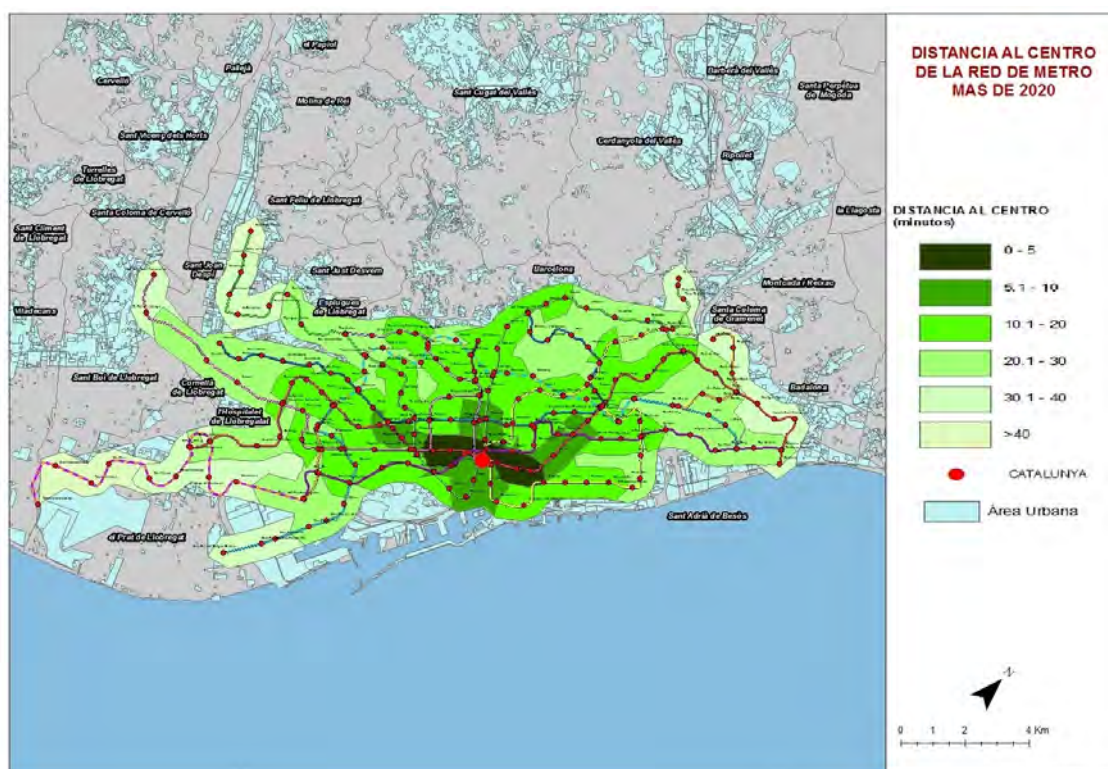
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.38. Distancia al centro de la red de metro, Catalunya 2009.



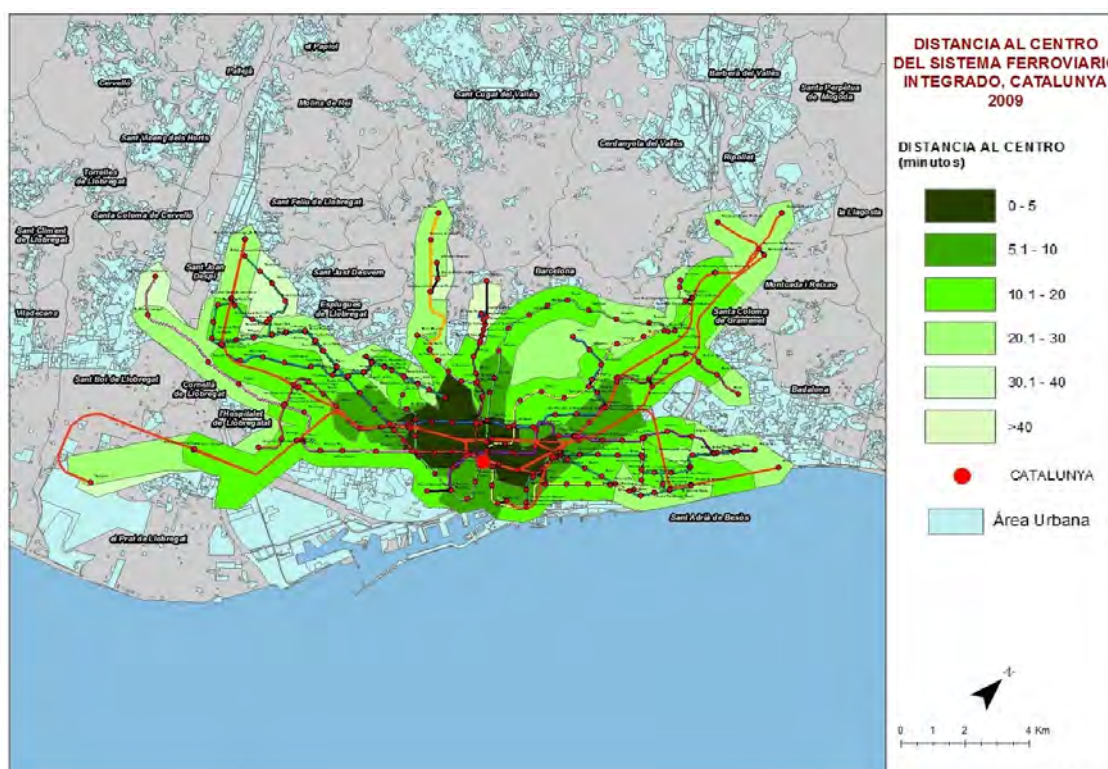
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.39. Distancia al centro de la red de metro, Catalunya más de 2020



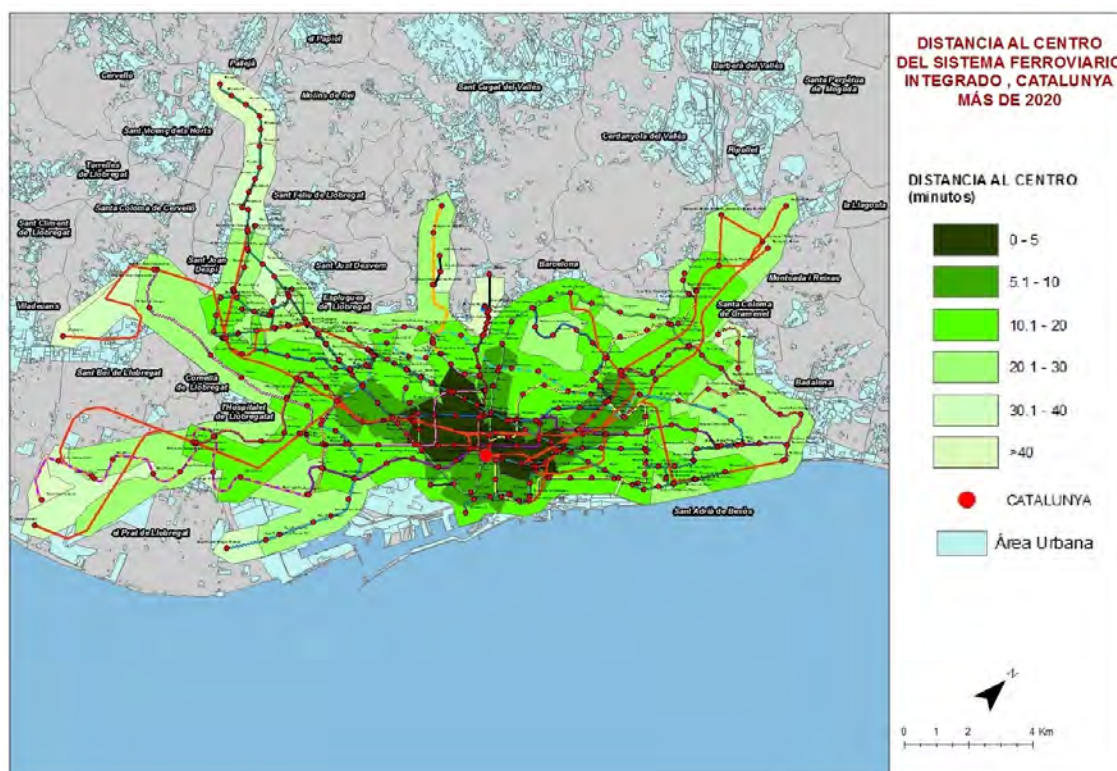
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.40. Distancia al centro del sistema ferroviario integrado, Catalunya 2009



Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.41. Distancia al centro del sistema ferroviario integrado, Catalunya más de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

3.4. Usuarios potenciales de la red ferro-viaria de Barcelona

La cantidad de usuarios que potencialmente pueden utilizar la red ferro-viaria de Barcelona es un factor importante a tener en cuenta para definir el grado de aptitud de la red y su utilidad en el funcionamiento de la movilidad general del sistema.

El ferrocarril y especialmente el metro son unos sistemas de transporte de masas. Su adecuado funcionamiento depende, en buena medida, de la funcionalidad del sistema y de la existencia de grandes contingentes de población en las inmediaciones. Estos factores justifican la inserción de una estación de metro en el espacio urbano preciso. El espacio urbano se caracteriza por su heterogeneidad especialmente en cuanto a la distribución de su población ya que hay espacios que presentan una mayor concentración de ésta, por lo que resultan de mayor interés para la transportística, constituyendo nodos prioritarios de enlace o lugares de conexión obligatoria de la red.

Cabe aclarar que la distribución de la población es altamente compleja y no corresponde claramente a los límites de un área concreta, sino que varía

enormemente de una estación a otra de la misma línea (es importante indicar que, a medida que la red de metro se amplía, la superficie que le corresponde a cada estación decrece, debido a la incorporación de las nuevas estaciones que modifican la fractalidad del conjunto. El área máxima de influencia de una estación se ha calculado en 500 metros y la distancia media entre estaciones es menor que ese valor. Debido a ello, las áreas de influencia máxima de las estaciones intersecarán entre ellas, reduciendo así su ámbito de influencia máxima por estación).

En términos totales de población (cuadro 3.7 y figuras 3.42, 3.43, 3.44 y 3.45), en el año 2000, las estaciones de metro que daban cobertura a una población de entre 5.000 y 15.000 habitantes representaban la mitad del total, pero el resto de intervalos demográficos poseían un gran peso en el conjunto y estaban repartidos de forma bastante equitativa entre sí. Es decir, los cinco intervalos en los que se ha catalogado la cantidad de usuarios potenciales (de 0 a 5.000 habitantes, de 10.000 a 15.000 habitantes, de 15.000 a 20.000 habitantes, de 20.000 a 25.000 habitantes y más de 25.000 habitantes) poseían un peso relevante en el conjunto de valores temporales presentes en la red ese año. Por otra parte, en las áreas con población de 0 a 5.000 habitantes y de 15.000 a 20.000 habitantes se concentraba la tercera parte de la población, mientras que los valores superiores a 20.000 habitantes eran menos profusos.

En 2009 los intervalos de 0 a 5.000 habitantes, los de 5.000 a 10.000 habitantes y los de 10.000 a 15.000 habitantes poseían un peso similar en el conjunto de la red, con cerca de 30 estaciones cada uno y representaban las dos terceras partes del total de población. Los valores superiores a estos intervalos se mantuvieron estacionarios, siendo pocas las estaciones con una cantidad de usuarios potenciales superiores a 25.000 habitantes.

En el año 2020 habrá una progresión, de mayor a menor, en el número de estaciones presentes en cada intervalo de población. Cuanto mayor sea el número de habitantes cubiertos por una estación, menor será el número de estaciones. A partir de este año, esta tendencia se mantendrá constante, tanto para el sistema metro existente a partir de 2020, como para el sistema ferroviario integrado de los años 2009, 2020 y más allá de 2020. El intervalo de 0 a 5.000 habitantes será el más numeroso, llegando a cotas de entre la mitad y las dos terceras partes del total de las estaciones de la red. El resto de intervalos verá reducida su importancia de forma progresiva, siendo las estaciones con cobertura de más de 25.000 habitantes muy escasas.

Cuadro 3.7. Número de estaciones según usuarios potenciales por estación

	Nº de estaciones según usuarios potenciales por estación					
Fecha	0-5000	5000.01-10000	10000.01-15000	15000.01-20000	20000.01-25000	> 25000
Metro 2000	24	38	31	19	16	9
Metro 2009	30	33	35	20	16	13
Metro 2018	85	60	49	29	15	8
Metro 2020	69	50	44	26	16	9
Metro más de 2020	85	55	47	27	16	9
SFI 2009	157	68	27	19	13	9
SFI 2020	223	86	40	21	12	7
SFI más de 2020	260	89	43	20	12	6

Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

La densidad de población (cuadro 3.8 y figuras 3.46, 3.47, 3.48 y 3.49) presente en cada estación es otro dato de gran relevancia a la hora de ubicar una estación en un área. En el sistema metro del año 2000 se mantuvo una cierta proporción en todos los valores de densidad de población por estación, excepto en los valores superiores a 50.000 habitantes por km², en donde el número de estaciones se redujo drásticamente. Esta circunstancia se mantuvo en todos los estadios de la red de metro, excepto en los últimos años analizados (años 2020 y más allá de 2020). En estos años, la red de metro alcanzará áreas periféricas de baja densidad y ello aumentará el número de paradas de metro presentes en el intervalo de 0 a 10.000 habitantes por km². Por otra parte, es en el sistema ferroviario integrado donde se producirá la mayor diferenciación entre rangos de densidad de población por estación. La profusión de sistemas ferroviarios y la mayor amplitud del ámbito espacial que posee el sistema ferroviario integrado hace que el ferrocarril, en sus diversas variantes, pueda llegar a áreas de densidad muy baja. Esto es debido a que sistemas como el metro ligero, poseen una mayor versatilidad en cuanto a la capacidad de pasajeros transportada, es decir, pueden rentabilizar su uso en áreas de baja densidad, al contrario de lo que ocurre en el caso del sistema metro. Por esta razón, el sistema ferroviario integrado presenta inequívocamente una progresión descendente en el número de estaciones conforme la densidad aumenta y, de hecho, en el último año analizado, o sea, más allá de 2020, este hecho se acentúa aún más.

Cuadro 3.8. Número de estaciones según la densidad de usuarios potenciales por estación

	Nº de estaciones según densidad de usuarios (usuarios/km2) potenciales por estación					
Fecha	0-10000	10000.01-20000	20000.01-30000	30000.01-40000	40000.01-50000	> 50000
Metro 2000	19	24	32	31	21	10
Metro 2009	17	29	32	31	24	14
Metro 2018	57	51	48	44	27	19
Metro 2020	42	42	45	40	26	19
Metro más de 2020	58	46	47	43	26	19
SFI 2009	83	63	56	41	32	18
SFI 2020	133	84	67	56	37	22
SFI más de 2020	152	89	69	58	40	22

Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Si el análisis se realiza teniendo en cuenta la distribución espacial de los intervalos de usuarios potenciales y de densidad de usuarios, se puede observar cómo el centro de la red de metro poseía unos valores bajos en el año 2000. A pesar de la centralidad de la zona, la ocupación masiva del terciario y el alto precio de la vivienda mermaban la posibilidad de acceso a la vivienda de buena parte de la población general (sin embargo, su importancia para el funcionamiento de la ciudad es vital, debido a la concentración de puestos de trabajo presentes en este CBD). Los valores medios de densidad y usuarios potenciales fueron los predominantes en la red de metro del año 2000, pero existían valores elevados en ambas mitades del Eixample, destacando el área cubierta por las estaciones de la L5, de Badall a Cornellà y las estaciones de la L1, de Santa Eulàlia a Hospital de Bellvitge, en la margen izquierda del Eixample. También destacaban las estaciones de la L4, de Joaníc a Trinitat Nova, las estaciones de la L1, de Clot a Fondo y las estaciones de la L2, de Sagrada Familia hasta La Pau y de aquí hasta Pep Ventura, en la L4. Los valores de densidad no muestran grandes diferencias en ese año. Existía un centro poco denso, seguido de valores medios y altos en ambos lados del Eixample y valores medios y bajos en la periferia. Algunas estaciones se destacaban especialmente por su densidad y por su número de habitantes, como por ejemplo Badal, Poble Sec, Trinitat Nova o Via Júlia.

En el año 2009 existieron importantes variaciones respecto al período anterior. La distribución de la población se agudizó. El centro, claramente se vació de población y perdió densidad. Se dibujaban alrededor de grandes nodos de

comunicación como Paseo de Gracia, Plaza Cataluña, Plaza España, Sants-Estació o Trinitat Nova, unas amplias zonas de baja densidad de población. Esto se debió a que, al aumentar su grado de centralidad e importancia, estos nodos expulsaron la función residencial de su entorno, para atraer los sectores más productivos y de mayor valor añadido de la economía, los cuales están basados en el terciario. De esta manera, la ciudad se reorganizó en función de las particularidades de cada zona. También es significativo el hecho de que los sectores residenciales presentaban, a su vez, marcadas diferencias en función de la localización geográfica en donde estaban ubicados. De esta manera, Sarriá, siendo un barrio eminentemente residencial, presentaba bajas densidades de población, debido al alto estatus económico y social de sus residentes, mientras los barrios obreros de las ciudades de l'Hospitalet de Llobregat y Badalona presentaban fuertes densidades de población. Es importante tener en cuenta que la política del mercado de suelo modifica sustancialmente la distribución de la población y la fisonomía de las ciudades.

En resumen, se puede decir que destacaban por su densidad de población en el año 2009, el área comprendida entre Joanic-Encants-Navas, el área de Rocafort-Paral·lel-Poble Sec y el área de Florida-Badal-Plaza del Centre. Por su población total destacaba una gran área que iba de Badal a Collblanc y de Santa Eulàlia a Torrasa, en el margen izquierdo del sistema urbano barcelonés. En el margen derecho del Eixample destacaba el final de la L1 (Santa Coloma y Fondo) y las estaciones de Joanic y Alfonso X.

Al analizar años superiores a 2009 se presentan varios problemas de análisis, ya que la verdadera situación y localización de la población no se puede saber con exactitud al no poseer indicaciones que orienten cual sería la política territorial que se plantearía respecto a los cambios que la red sufriese, ni se puede prever con exactitud las variaciones poblacionales inducidas por la subida o bajada de los precios de los inmuebles. Sin embargo, sí se puede deducir que el elevado número de interconexiones que, principalmente en la L9 y L10, se llegarían a concretar, posibilitaría la conformación de muchos subcentros y polos de centralidad dentro del continuo urbano.

Viendo cómo afectó al año 2009 esa polarización de las nuevas centralidades, puede deducirse que el área adyacente a las estaciones interconectadas expulsaría población y atraería servicios y que las áreas más periféricas densificarían su total de población.

El sistema ferro-viario planteado en el año 2020 podría considerarse, en buena parte, como todo un centro en sí mismo, con lo que la expulsión de la población se produciría a la segunda o tercera coronas de la aglomeración barcelonesa. En todo caso, es una perspectiva especulativa. El análisis, por tanto, sólo se puede realizar viendo o considerando a la población como si esta se mantuviese inmutable en el territorio, considerando el año 2009 como la base a tener en cuenta. Predominarían ampliamente los valores medios y bajos, entre 0 y 15.000 habitantes, debido a que, a mayor número de estaciones, más equitativo será el reparto de la población, puesto que las áreas de influencia exclusiva de cada una

de ellas serán menores. Aun así habría zonas con valores mayores. De Hospital Clínic a Paral·lel, de Can Vidalet a Badal, de El Carmel a Vía Júlia, de Artigues|Sant Adrià a Santa Coloma. Todas estas áreas presentarían un nivel total de población muy superior al resto de la red. Atendiendo a la densidad, se advertirían tres núcleos fundamentales en donde la densidad sería muy elevada (mayor de 50.000 habitantes por km²). El primero y más importante sería un arco que va de Florida a Poblesec pasando por Entença, el segundo iría de Joanic a Sagrera y el tercero se ubicaría entre Fondo y Santa Rosa. El resto de la red poseería valores medios y bajos.

De igual manera puede analizarse a la red de metro estimada en un período superior al año 2020 en el que la ampliación de la L3 será la prolongación de mayor importancia en un área. Concretamente, la que llega hasta Sant Feliu de Llobregat, (la cual posee una baja densidad de población) y que no alterará la estructura ni distribución del resto de la red, puesto que será una prolongación muy periférica de ésta.

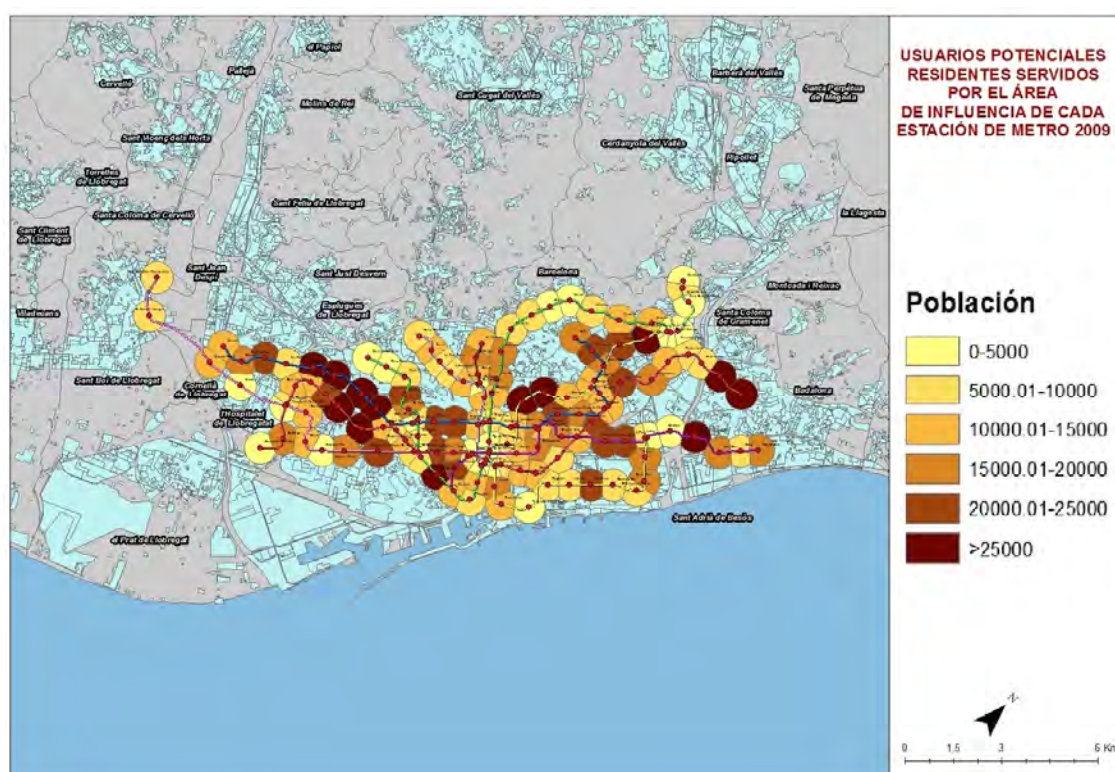
Si se analiza el sistema ferro-viario integrado de 2009 se puede observar cómo existía una diferenciación en la distribución de la población por áreas y en función del sistema ferroviario instalado. Si bien, las grandes áreas de densidad se mantuvieron casi inmutables. Estas áreas iban desde Can Vidalet a Paral·lel, desde Joanic a Sagrera y desde Santa Coloma a Fondo y las tres áreas sobrepasaban los 50.000 habitantes por km². Por otra parte, las estaciones con mayor cantidad de población total se distribuían de Sant Ildefons a Poble Sec, pasando por Badal y Entença, y de Joanic a Fondo, pasando por Vía Júlia. Estas dos grandes áreas concentraban una población de entre 15.000 y más de 25.000 habitantes por estación. Siguieron apareciendo los grandes huecos poblacionales alrededor de las estaciones de intercambio más importantes, aunque era otro fenómeno el que llamaba poderosamente la atención. Las áreas con una densidad de población más elevadas estaban servidas por la red de metro, mientras que aquellas zonas donde se implantó el funicular, el tranvía y, sobre todo y especialmente, el metro ligero, presentaban baja densidad de población y de población total por estación. Este sistema pudo resultar rentable en áreas de baja o media densidad, obteniendo beneficios debido a que los costes de su implantación eran muy bajos en comparación con el metro convencional.

El análisis del sistema ferro-viario integrado de 2020 indica que el hecho mencionado anteriormente se agravará. El metro ligero unirá sus dos sistemas a través de la Diagonal y se convertirá en una auténtica red. La gran proximidad, entre sí, de las estaciones de metro ligero, producirá que la fragmentación del espacio en áreas de proximidad sea mayor. Se atomizará la superficie correspondiente a cada estación, creando un área donde predominen las estaciones con pocos potenciales usuarios. Esta área irá de noroeste a sureste, formando una diagonal que atravesará el centro y de esta manera, el metro ligero será el más coherente y homogéneo de todos los sistemas ferro-viarios analizados, ya que la disposición de su red y, sobre todo, de sus estaciones,

provocará una mayor división del espacio asignado a cada estación, en función de la menor distancia existente entre ellas.

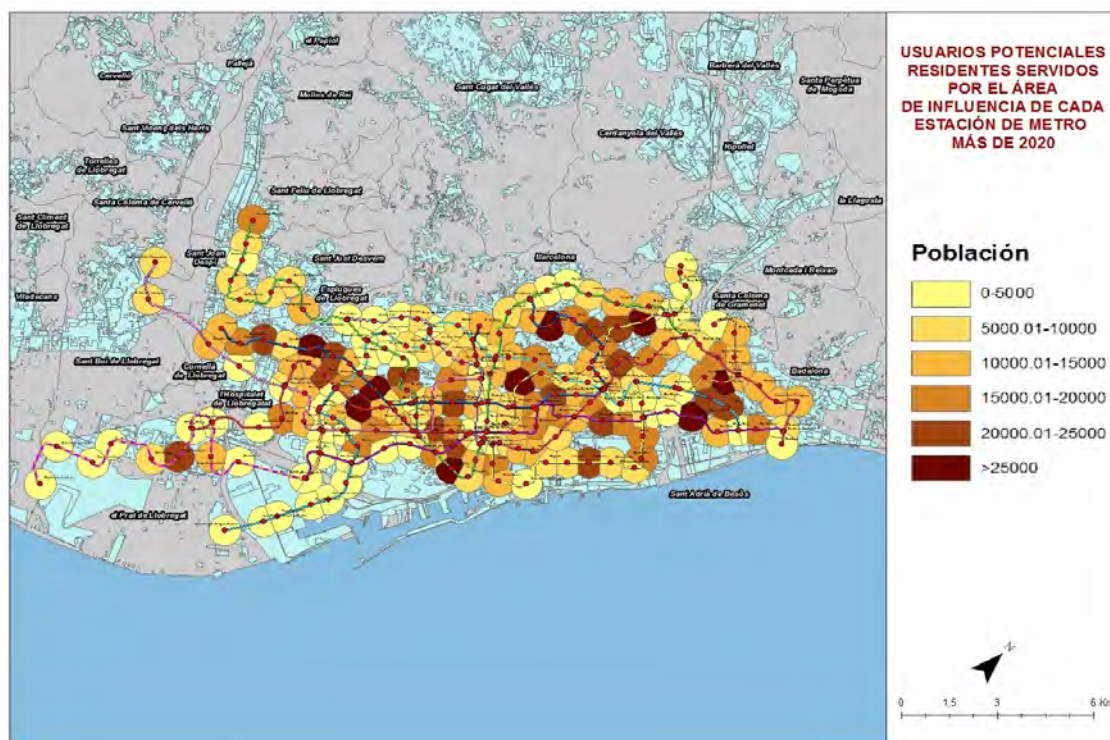
La periferia de este sistema ferro-viario integrado será la que resulte más homogénea, poseyendo valores reducidos de densidad y de población total por estación. No habrá grandes contingentes de población ubicados en la periferia y la expansión de los trenes de cercanías y el metro ligero serán muy convenientes. Sin embargo, en esta misma área se ubicará el ramal de la L9-L10 que irá hacia el aeropuerto. Esta es la más cuestionada de todas las ampliaciones de metro de la red barcelonesa, debido a su cuestionable utilidad como medio de transporte de masas en una zona con densidades tan débiles. La utilidad de esta parte de la red como comunicadora de espacios estratégicos, como puede ser el aeropuerto, queda refutada por el hecho de que existe un tiempo crítico que cada usuario está dispuesto a invertir para llegar al centro de la ciudad. Superado este tiempo crítico el usuario desiste. Ya existe una línea de cercanías que permite la conexión con el centro de la ciudad, en un tiempo bastante prudente, por lo que las críticas justificadas hacia esta línea continuarán presentes durante largo tiempo. Por otra parte, más allá de 2020, el sistema mantendrá su estructura general sin presentar grandes modificaciones respecto a la red prevista en 2020.

Figura 3.42. Usuarios potenciales residentes servidos por el área de influencia de cada estación de metro, 2009



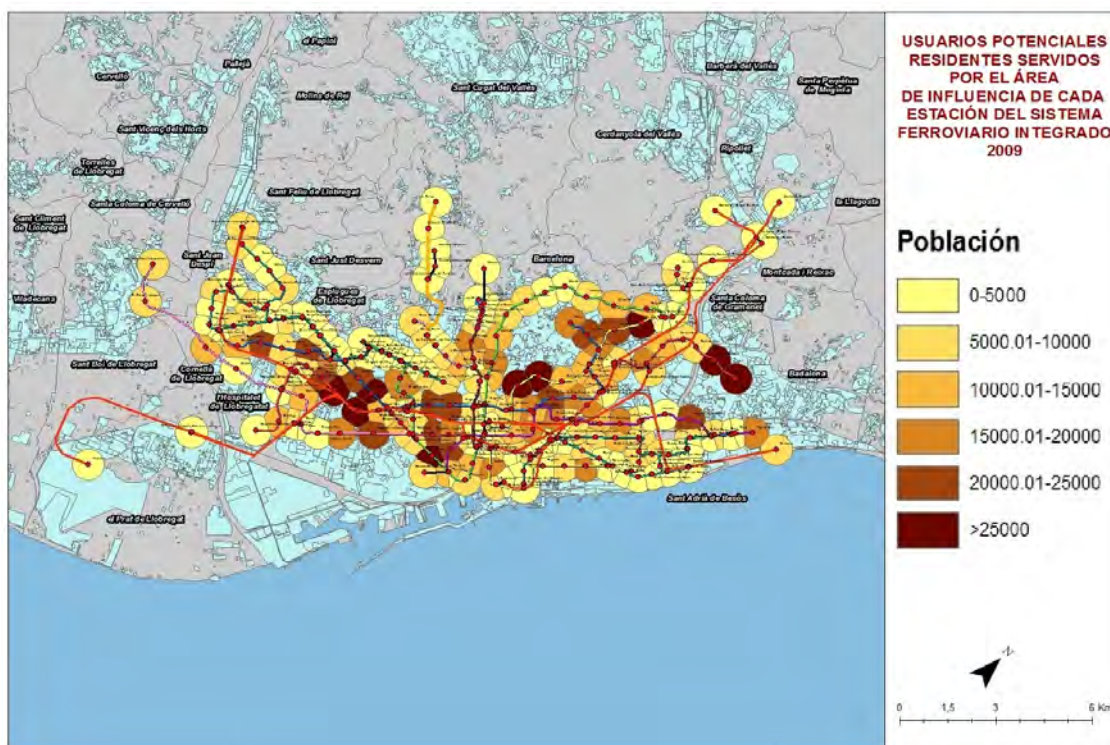
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.43. Usuarios potenciales residentes servidos por el área de influencia de cada estación de metro, más de 2020



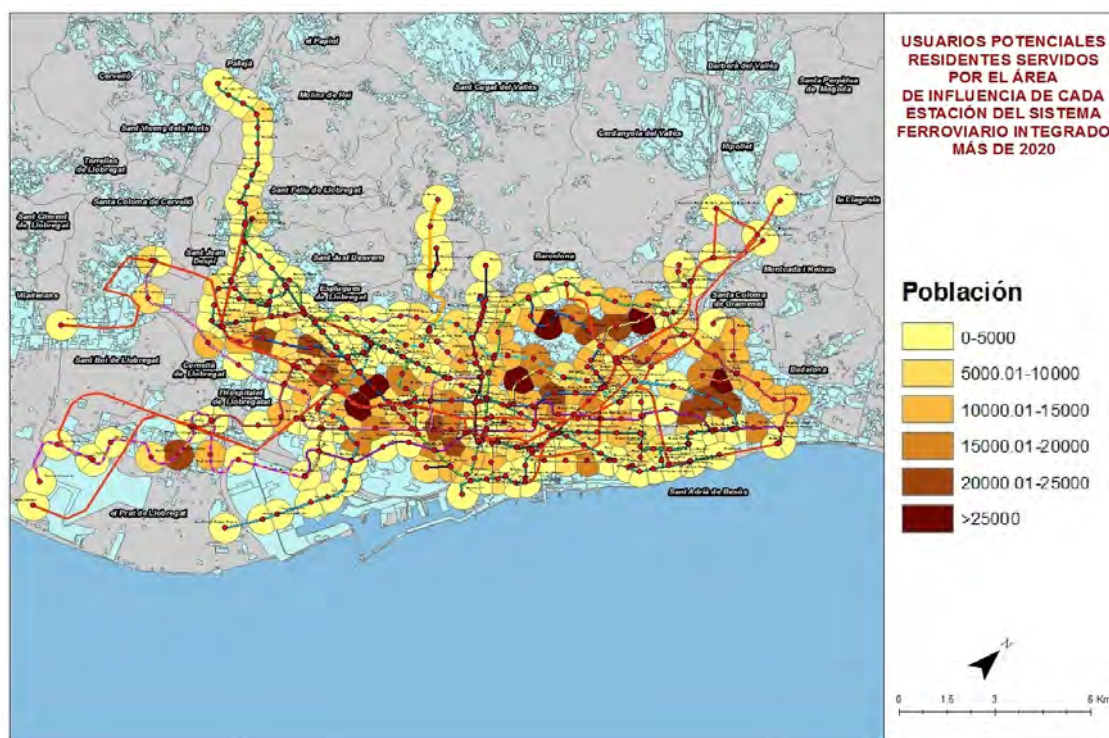
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.44. Usuarios potenciales residentes servidos por el área de influencia de cada estación del sistema ferroviario integrado, 2009



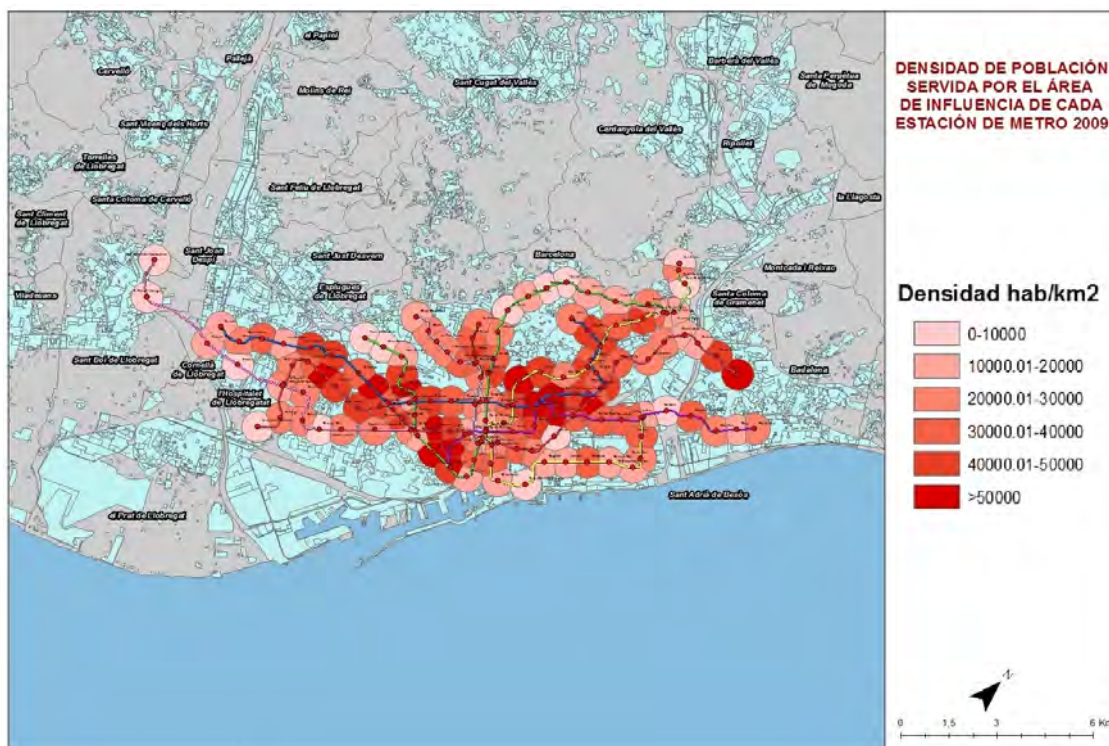
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.45. Usuarios potenciales residentes servidos por el área de influencia de cada estación del sistema ferroviario integrado, más de 2020



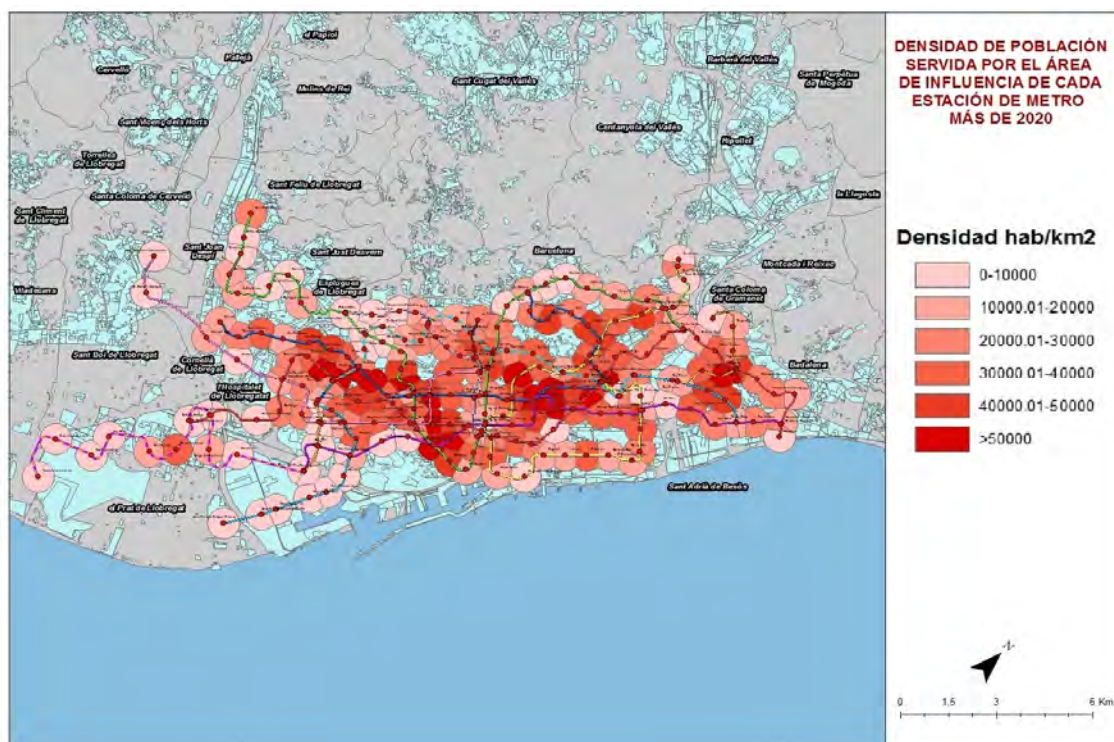
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.46. Densidad de población servida por el área de influencia de cada estación de metro, 2009



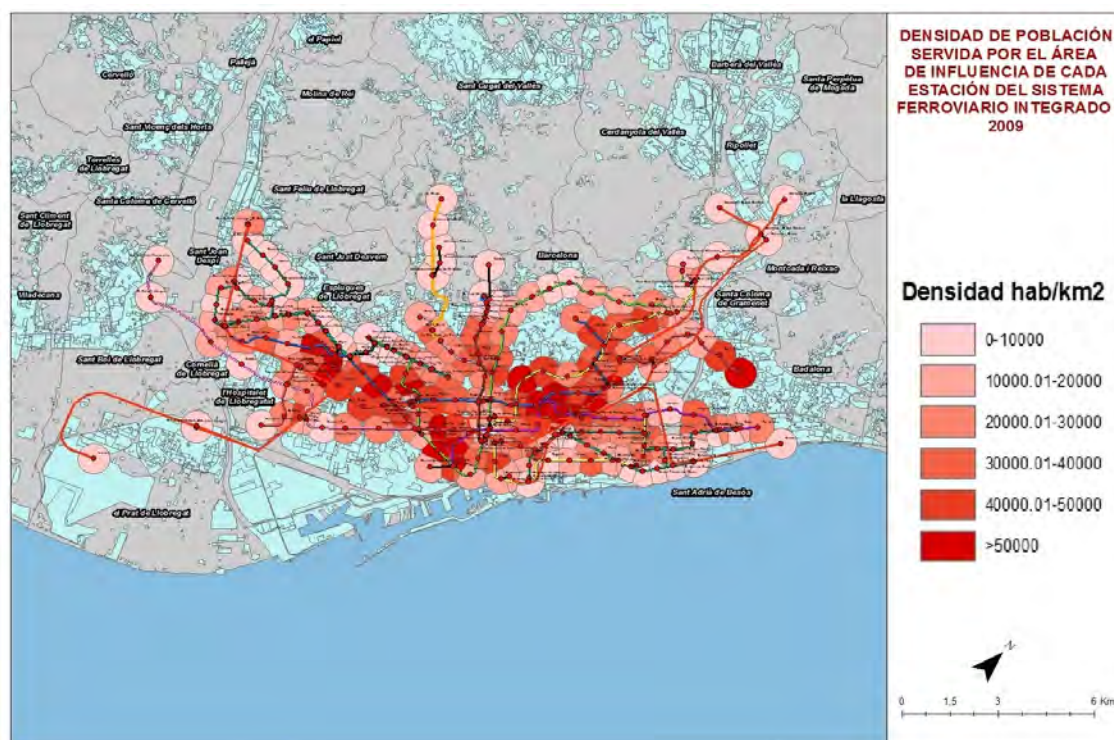
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.47. Densidad de población servida por el área de influencia de cada estación de metro, más de 2020



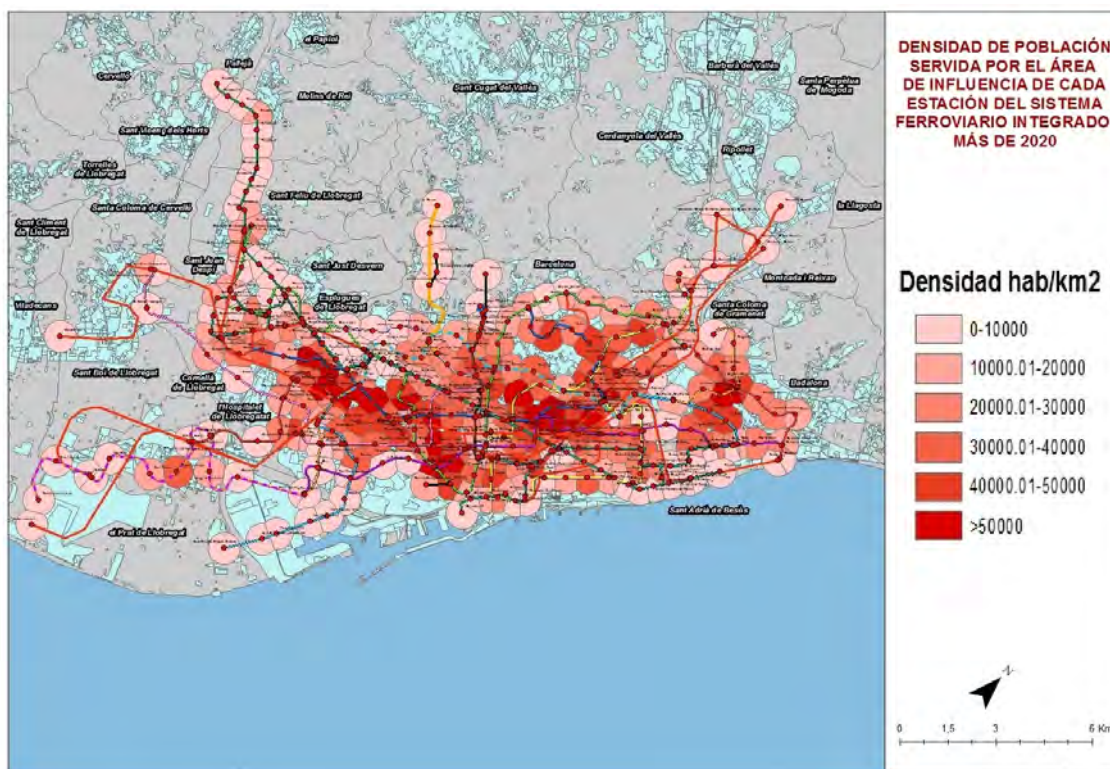
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.48. Densidad de población servida por el área de influencia de cada estación del sistema ferro-viario integrado, 2009



Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.49. Densidad de población servida por el área de influencia de cada estación del sistema ferro-viario integrado, más de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

3.5. Isoaccesibilidad de la red ferro-viaria de Barcelona por líneas

Si se analiza la red por líneas y no solo por estaciones, se obtienen resultados interesantes (figuras 3.50, 3.51, 3.52, 3.53, 3.54 y 3.55). Las líneas constituyen medios independientes de transporte en sí mismas. Son vías de comunicación directa. Un usuario siempre elegirá el menor número de transbordos posibles para llegar a su destino, así que, por lo tanto, la importancia de analizar el nivel de accesibilidad medio de cada línea, midiendo su tiempo medio de desplazamiento entre estaciones, resulta vital para comprender el funcionamiento real del sistema ferroviario. Hasta el año 1980, la red de metro mantuvo unos valores medios de desplazamiento entre estaciones por líneas muy uniformes, de entre 75 y 100 segundos. Esto implica que, en el momento de crear nuevas estaciones, se tuvo en cuenta que la distancia entre ellas fuese similar, para que los tiempos de desplazamiento entre ellas también lo fuesen. Sin embargo, en 1980, ya comenzaron a vislumbrarse diferencias significativas entre líneas, especialmente con la L5 que superaba los 100 segundos de media de desplazamiento medio de estaciones por línea.

En el año 2000, aparte de la L5, se destacó muy especialmente la L8, que superaba los 125 segundos de media por desplazamiento de estaciones por línea. Esto era así porque las estaciones de esa línea se hallaban muy separadas entre sí. Esta línea estaba concebida como una línea de cercanías (F.G.C.) y no como una línea de metro, pero la expansión urbana ha propiciado que posea las características del sistema metro. Aun así, es obvio que, en el momento de crear las estaciones, la pauta seguida por T.M.B. y por F.G.C. fueron completamente diferentes, porque planificaban sistemas ferroviarios completamente distintos.

En el año 2009 únicamente se produjeron cambios con la aparición de la L11, una línea de escasa longitud, pero con pocas estaciones que hacen que posea una media de tiempo de desplazamiento entre estaciones bastante elevado. En cualquier caso, siguió existiendo una preponderante mayoría de las líneas que poseen un tiempo medio de desplazamiento entre estaciones bajo, entre 75 y 100 segundos.

Es en el año 2020 cuando se producirá un cambio radical. Toda la red en conjunto aumentará su tiempo medio de desplazamiento entre estaciones por línea, llegando a alcanzar los 100-125 segundos de media. Esto se explica porque la red sufrirá cambios traumáticos al expandirse por la periferia barcelonesa. Esta expansión por esta área de menor densidad poblacional propiciará que la separación entre estaciones sea mayor para que el área de influencia de cada estación sea más extensa y se capte a un número de pasajeros lo suficientemente amplio como para justificar la instalación de la estación. Como la gran mayoría de las líneas penetrará en las áreas periféricas, la mayoría de éstas verán cómo su tiempo medio de desplazamiento entre estaciones por líneas aumenta. Pero hay excepciones. La L4, por su estructura semicircular, no tendrá fluctuaciones en su tiempo medio. Igualmente ocurrirá con la L6 y la L7. Por el contrario, la L9-L10, en su trayecto hacia el aeropuerto, se consolidará como la línea con mayor tiempo de desplazamiento entre estaciones por línea, haciendo aún más inverosímil su viabilidad como vía de acceso rápido del aeropuerto al centro de Barcelona. Por otra parte, la L8, pese a haber aumentado su número de estaciones seguirá siendo la línea que poseerá un tiempo más elevado de desplazamiento entre estaciones.

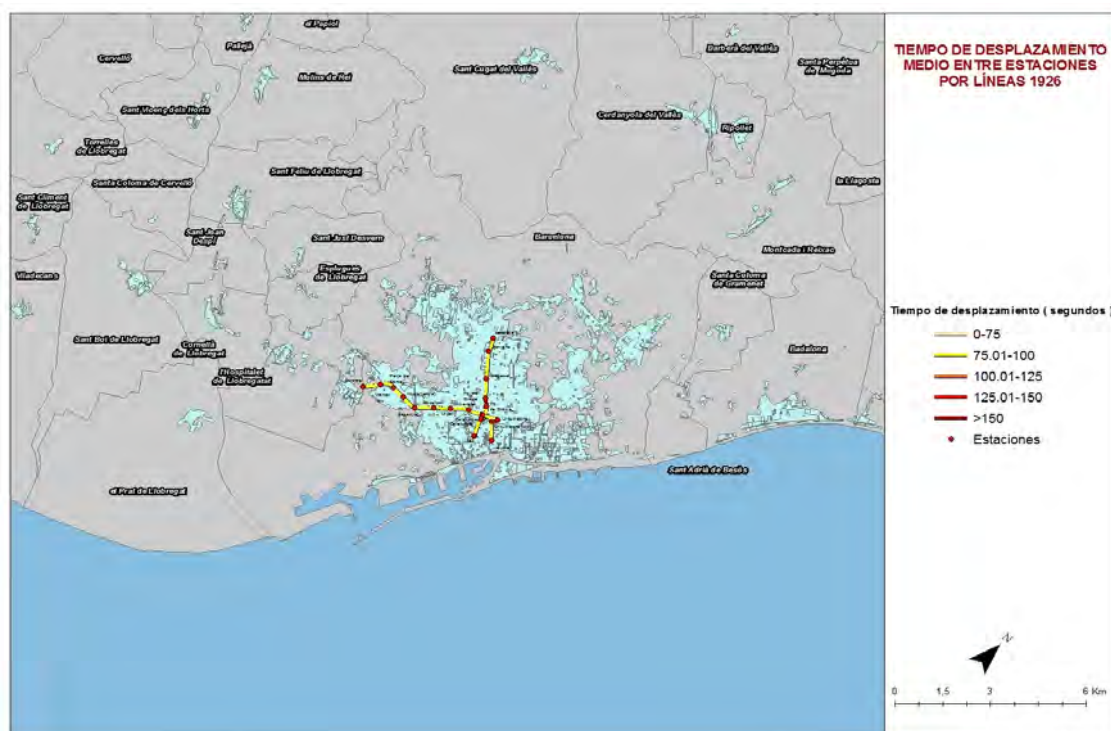
En el período superior a 2020 se producirá un escenario aún más complejo. Las líneas se expandirán y sus ratios temporales aumentarán, pero no en todos los casos. La L4, L6 y 7 y la L1 se mantendrán en niveles bajos, mientras el resto de la red mantendrá unos valores medios o altos. En definitiva, se creará un sistema diferenciado, en donde el centro mantendrá las mejores ratios temporales frente a la periferia.

Al analizar el sistema ferro-viario integrado, tanto de 2009, como de 2020 y más allá de 2020, se puede advertir la segmentación de la red en tres intervalos claramente diferenciados y segregados en tres medios de locomoción diferentes. El ferrocarril es el medio que poseerá valores temporales más altos, con una media temporal superior a 150 segundos. Esto es lógico, puesto que el ferrocarril está concebido para recorrer grandes distancias y en los centros urbanos suele

realizar paradas en unas pocas y estratégicas estaciones. Por este motivo las estaciones del ferrocarril están separadas entre ellas y por lo tanto poseen un valor temporal más elevado. En un intervalo medio, de entre 100-125 segundos se halla la mayor parte de la red de metro. La red de metro es muy amplia en estos años analizados y, por ello, las estaciones están más distanciadas entre sí, en las áreas periféricas. En todo caso mantiene unos valores medios bastante aceptables dentro del conjunto de la red. Por último, los valores medios más bajos corresponden sin lugar a dudas al metro ligero, un sistema ferroviario con múltiples estaciones muy próximas entre ellas. La baja velocidad que alcanza este medio, en comparación con el ferrocarril o con el metro convencional, hace que precise de estaciones cercanas entre ellas para resultar eficiente. Su ámbito de acción es el más local de los tres sistemas; de hecho, es un sistema de transporte que cubre muy eficazmente un área muy concreta del continuo urbano y esta eficacia del sistema de metro ligero se ve reflejada en sus bajas medias temporales.

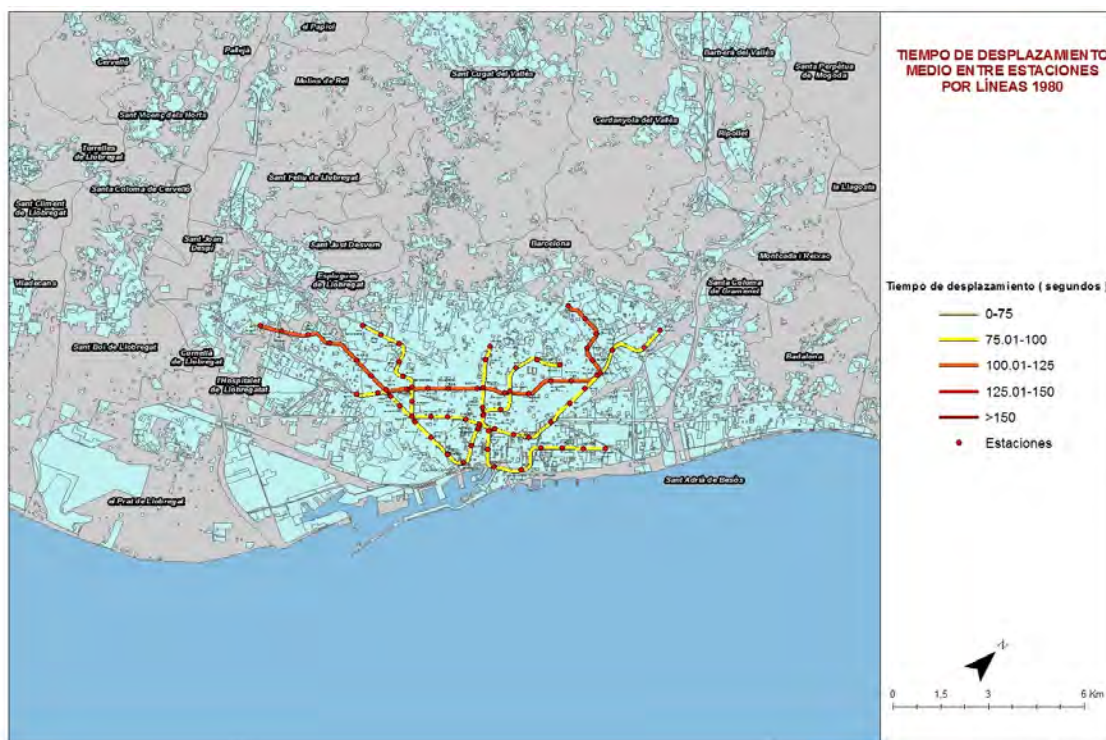
Como conclusiones generales, puede decirse que el ferrocarril mantiene cotas temporales elevadas debido a la propia naturaleza de su fisonomía como red y como sistema. De igual forma ocurre con el metro ligero que mantiene cotas bajas debido a la necesidad de la proximidad entre estaciones para ser un sistema eficiente. El sistema metro es el más variable de todos, ya que en las áreas urbanas más consolidadas y céntricas, el metro tiende a ubicar sus estaciones próximas mientras en las áreas periféricas y menos pobladas tiende a expandirlas.

Figura 3.50. Tiempo de desplazamiento medio entre estaciones por líneas del sistema metro, 1926



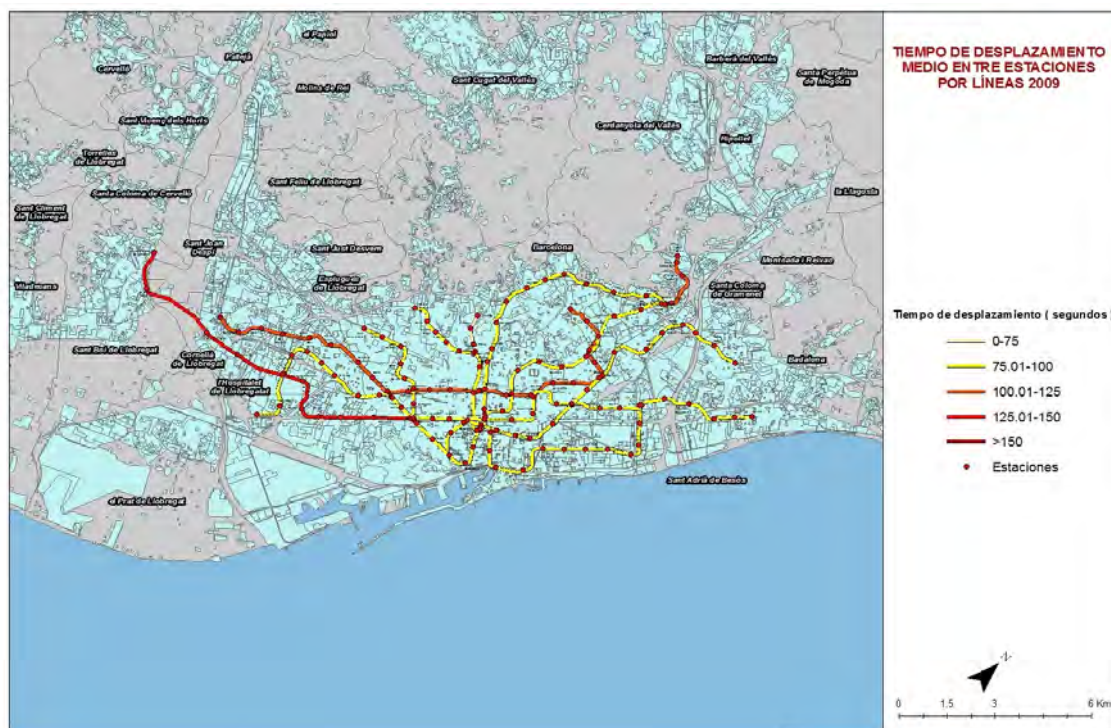
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.51. Tiempo de desplazamiento medio entre estaciones por líneas del sistema metro, 1980



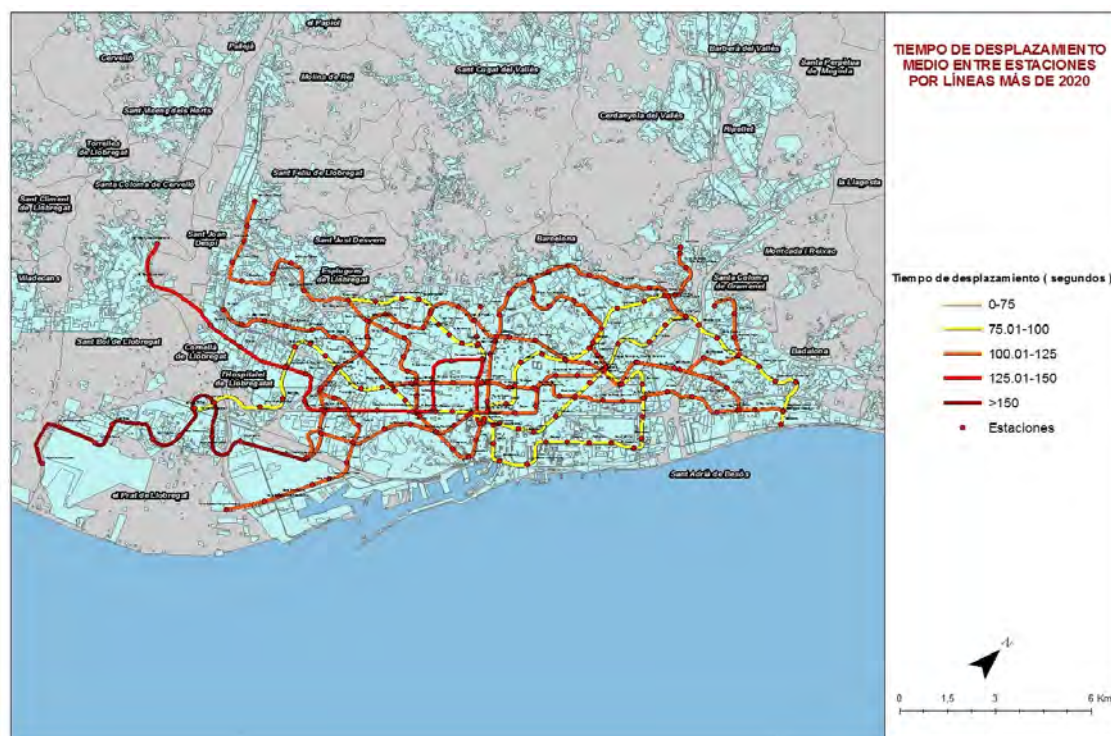
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.52. Tiempo de desplazamiento medio entre estaciones por líneas del sistema metro, 2009



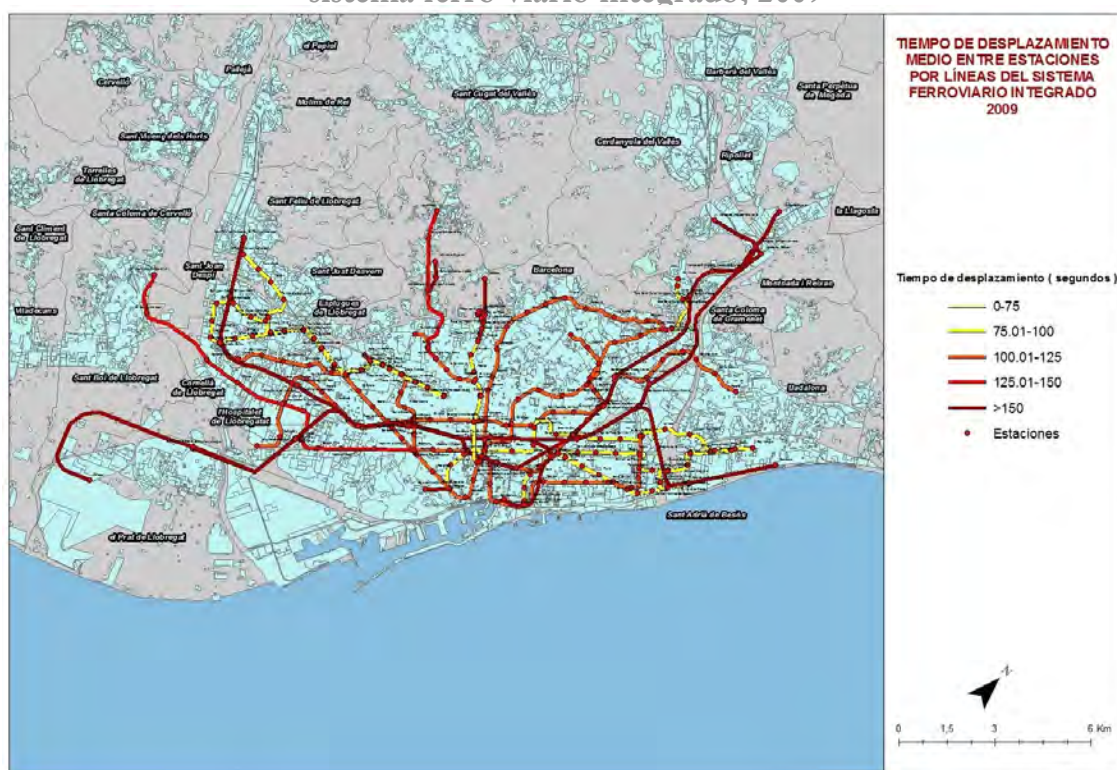
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.53. Tiempo de desplazamiento medio entre estaciones por líneas del sistema metro, más de 2020



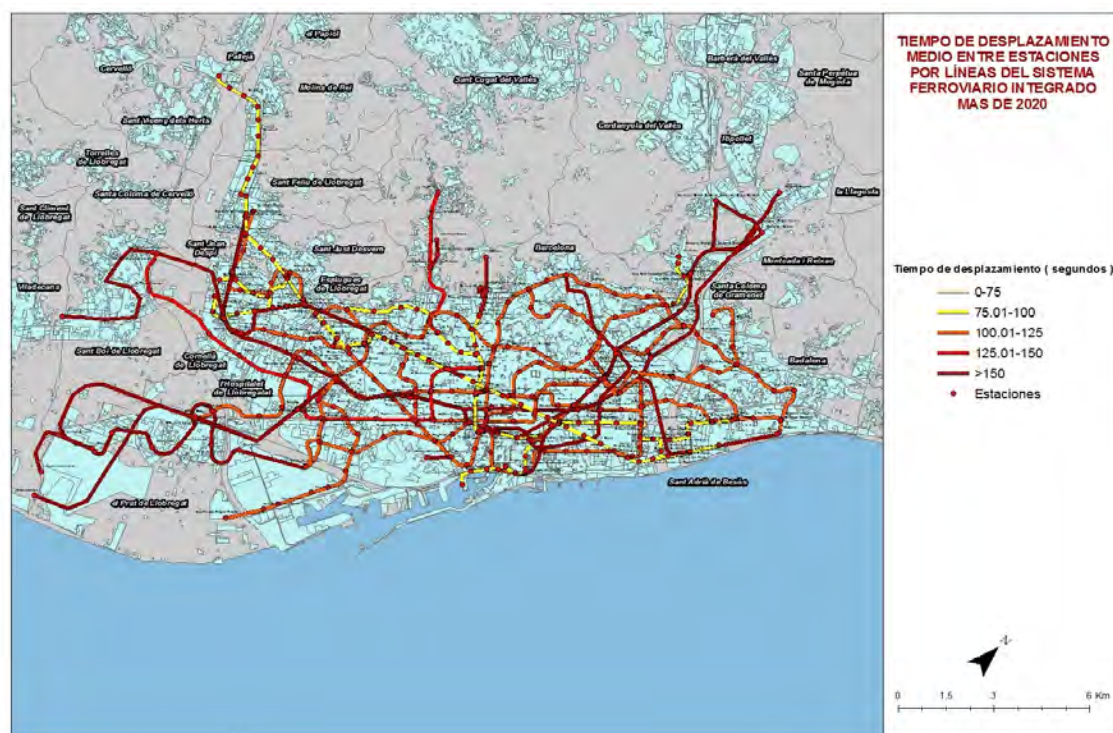
Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.54. Tiempo de desplazamiento medio entre estaciones por líneas del sistema ferro-viario integrado, 2009



Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

Figura 3.55. Tiempo de desplazamiento medio entre estaciones por líneas del sistema ferro-viario integrado, más de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de información de T.M.B., A.T.M., F.G.C. y R.E.N.F.E.

4. MOVILIDAD FERRO-VIARIA EN BARCELONA

El presente capítulo versa sobre la movilidad de los diversos sistemas ferroviarios en Barcelona. El primer apartado hace referencia al número de pasajeros transportados, el nivel de recaudación del sistema y la habilitación de las estaciones a las personas con movilidad reducida. El segundo apartado hace referencia a las encuestas de movilidad ferro-viaria que se han efectuado en Barcelona.

4.1. Movilidad según el número de pasajeros por línea y modo de transporte en Barcelona

Los transportes y su impacto en el medio ambiente urbano es un estudio clásico de la geografía moderna debido a que el desarrollo de los transportes define la evolución urbana, la localización de las actividades y las formas de vida y socialización de los habitantes. Por ello varios autores han realizado diversos estudios al respecto (Seguí Pons, J.M. y Petrus Bey, J.M., 1991; Subero Munilla, J.M., 2009 y Vallès Ferrer, J. y Hap Dubois, E., 1978). Sin embargo, los primeros registros que se realizaron sobre la afluencia de pasajeros en una línea de transporte ferro-viario fueron en el siglo XIX. El registro era muy simple y se obtenían gracias a la contabilización de los tickets de compra. No se obtenían datos sobre el género del pasajero, su motivación de viaje o el origen y el destino del mismo, pero, en cualquier caso, proporcionaba una valiosa información acerca de la variación en la cantidad de pasajeros existente en una red o línea de transporte. Posteriormente, las encuestas de movilidad, proporcionaron datos relevantes sobre la tipología de los viajes y de los viajeros.

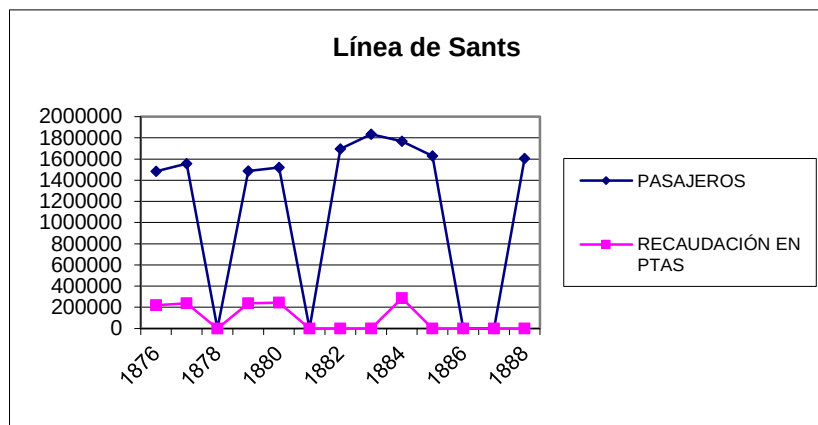
En este apartado se analizan los diversos sistemas ferro-viarios de Barcelona desde varias ópticas. La afluencia de pasajeros, el nivel de inversión y beneficio económico de las líneas y la habilitación de las líneas para las personas con movilidad reducida son puntos importantes que se analizan en el artículo.

4.1.1. Análisis de las líneas y modos de transporte en función de la afluencia de pasajeros

El tranvía fue uno de los primeros medios ferro-viarios que dejaron registros relativos a los pasajeros. De la línea de Sants (figura 4.1) se han extraído datos que comprendían el período 1876-1888, en los que el número de los pasajeros transportados es constante, siendo cercanos al millón y medio anual. Un caso diferente es el de las líneas de Sant Andreu y Horta (figura 4.2), las cuales sí

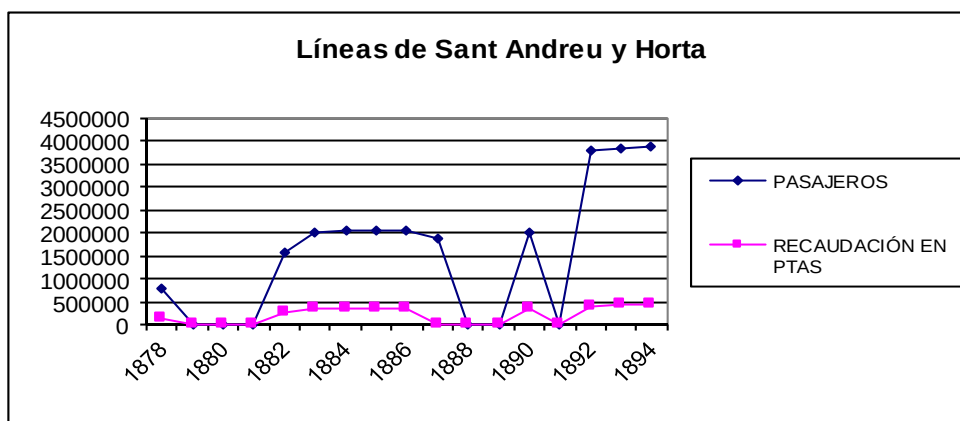
sufren una evolución palpable. De los casi 800.000 pasajeros existentes en 1878, se pasa a casi 4 millones en apenas 16 años. Por otra parte, si el análisis se realiza a toda la red de tranvías de Barcelona, desde los inicios del siglo XX (figura 4.3), se obtienen varios resultados. Desde 1906 hasta la guerra civil española, el número de pasajeros del tranvía va aumentando progresivamente, desde los 70 millones hasta alcanzar los casi 250 millones de usuarios. Superada la guerra, a inicios de los años cincuenta del siglo XX, el número de pasajeros continuó avanzando hasta llegar a los casi 360 millones de usuarios. A partir de este momento, la afluencia de pasajeros cayó en picado debido al rápido desmantelamiento de la red tranviaria que, en apenas 20 años, desapareció casi por completo.

Figura 4.1. Beneficios de la línea de Sants (ptas.)



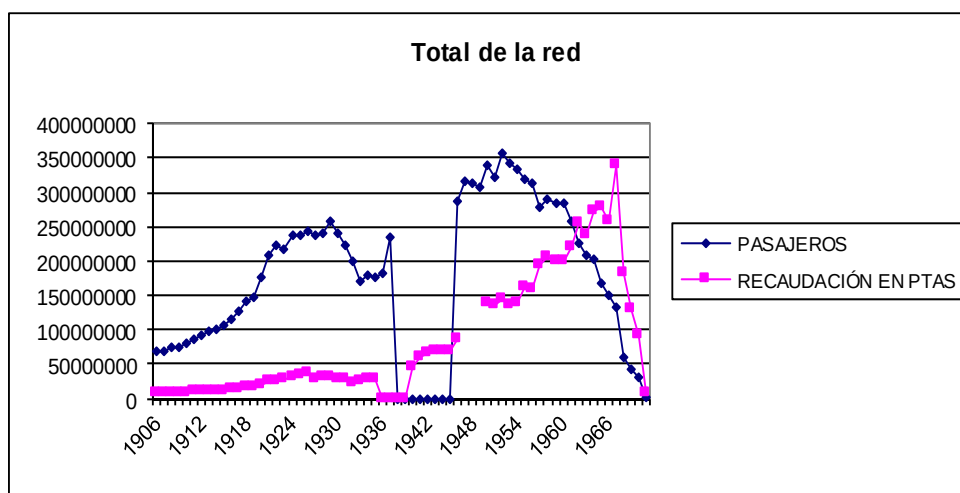
Fuente: Elaboración propia a partir de González Massip, 1992-1994.

Figura 4.2. Beneficios de las líneas de Sant Andreu y Horta (ptas.)



Fuente: Elaboración propia a partir de González Massip, 1992-1994.

Figura 4.3. Recaudación de la red de tranvías (ptas.)



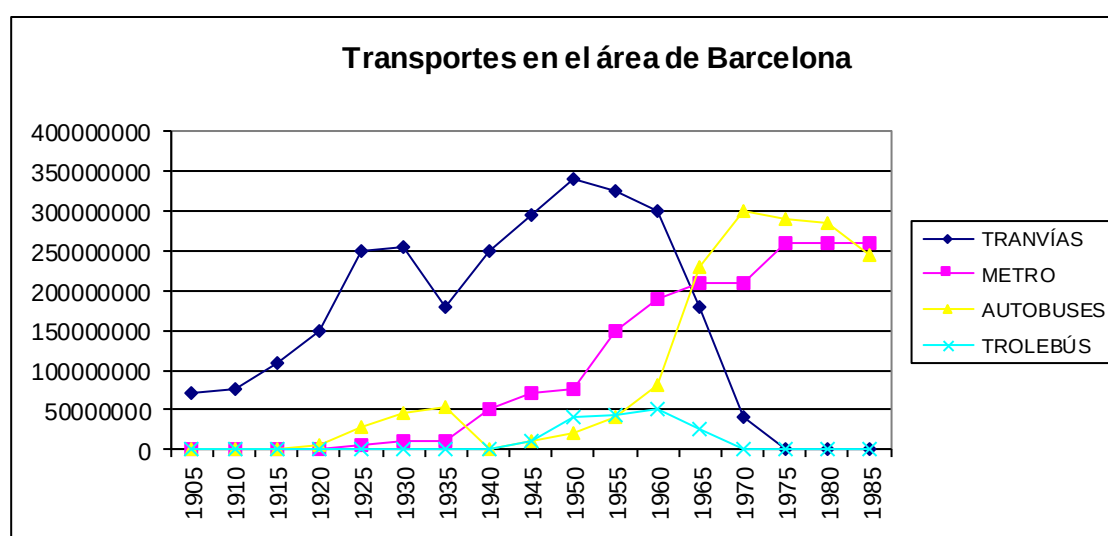
Fuente: Elaboración propia a partir de González Massip, 1992-1994.

Otras fuentes ofrecen una comparativa entre diversos sistemas de transporte; Concretamente entre el tranvía, el metro, el autobús y el trolebús (figura 4.4). Tanto para el tranvía, como para el metro y el autobús, la fecha clave en su desarrollo parece ser 1950; Mientras el tranvía alcanzó su máxima expansión en esta fecha y comenzó su rápido declive, el metro y el bus comenzaron a crecer abruptamente. Estos dos sistemas de transporte sustituyeron a la tupida red tranviaria, que representaba un obstáculo al desarrollo del transporte rodado. El trolebús, a su vez, tuvo una breve existencia entre los años 40 y principios de los 70 del siglo XX, caracterizada por poseer un relativo poco peso en la totalidad de la red de transportes barcelonesa.

En cuanto al análisis de la red de metro (figuras 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10) hay que decir que, en sus inicios, la L3 (la primera de la red de metro barcelonesa) transportaba pocos pasajeros. La novedad del transporte, junto con el miedo a los desplazamientos en profundidad y el precio del billete desalentaban a muchas personas a ir en este medio de transporte. Hasta los años 50 del siglo XX, tanto G.M.B. (Gran Metropolitano de Barcelona) como F.M.B. (Ferrocarri Metropolitano de Barcelona) transportaban unos 50 millones de pasajeros cada uno. Es en este momento, durante la década de los años 50, cuando la actual L1 experimentó un salto cualitativo y cuantitativo. La línea se amplió considerablemente y el número de pasajeros se multiplicó por dos, llegando a los 100 millones de pasajeros, aproximadamente. La L1 y la L3 llegaron a alcanzar su cuota máxima de pasajeros en 1966, cuando la primera alcanzó los 140 millones de pasajeros y la segunda sobrepasó los 57 millones. Pocos años antes ya se había puesto en funcionamiento la L5 que, paulatinamente, comenzaba a drenar pasajeros a ambas líneas. Posteriormente, la apertura de la L4 (una parte de la misma ya funcionaba como un ramal de la L3) pronunció este hecho, de tal modo que, a mediados de los 70, la L5 poseía una afluencia de unos 80 millones de pasajeros anuales, mientras la L3 y L4 estaban en torno a los 30-40 millones de pasajeros. La L1 seguía liderando el ranking, con cerca de 100 millones de pasajeros.

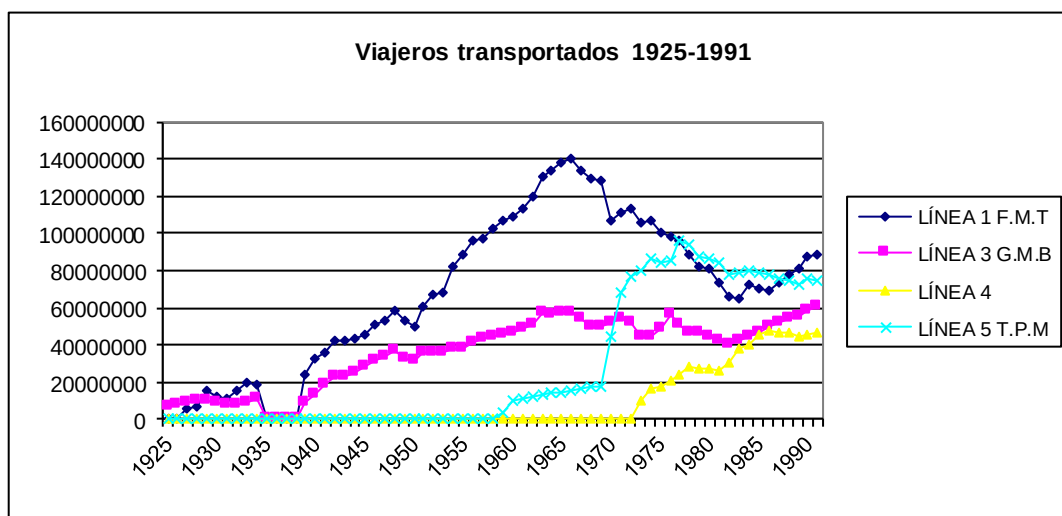
Pero no fue hasta mediados de la década de los 80 del siglo XX, cuando la L1 y la L5 alcanzaron cotas similares de pasajeros, en torno a los 90 millones cada una, mientras la L4 y L3 iban en aumento, superando conjuntamente los 50 millones de pasajeros. La integración de la red era ya plena hace tiempo y la afluencia de pasajeros en una línea ya no dependía exclusivamente del trazado de ésta, sino de su conectividad con el resto de la red. Al integrarse todas las líneas en un solo sistema, podían efectuarse diversos transbordos y la afluencia de pasajeros se podía distribuir de forma más homogénea. Así pues, a principios de los años 90 del siglo XX, la L5 transportaba 88 millones de pasajeros, la L3, 60 millones, la L4, 46 millones y la L5, 75 millones (a partir de 1979 se expidieron billetes de carácter social y para la tercera edad que les permitía viajar gratis, por ello en el período 1979-1991 hay que sumar a los existentes, 13 millones de viajeros estimados). El acercamiento de las cifras de pasajeros en cada línea era síntoma del uso generalizado de la red por parte del pasajero y del buen funcionamiento de la red como sistema integrado. Más adelante, en 1995 se inauguró la L2, con escasa afluencia de pasajeros, pero se mantenía cierta estabilidad entre el resto de líneas en cuanto a número de pasajeros transportados. En el año 2005 cambió el panorama sorpresivamente. La L3 se amplió y aumentó en gran medida su número de pasajeros transportados anualmente, al superar los 100 millones. La L1 y la L5 se mantuvieron en 80 millones de pasajeros, mientras la L2 alcanzó el nivel de pasajeros de la L4 con, cerca de 50 millones cada una. En esta época se inauguró la red de metro ligero, la cual tuvo poca afluencia de pasajeros, como suele suceder al comienzo de una nueva línea o modo de desplazamiento. En 2009, la L1 y la L5 recuperaron su estatus hegemónico, junto a la L3. Al mismo tiempo, la L9 y L10 hicieron su aparición, iniciando un nuevo ciclo en la historia del transporte ferro-viario de Barcelona. Como era de esperar, por el momento no poseen gran cantidad de pasajeros desplazados.

Figura 4.4. Recaudación de las redes de tranvías, metro, autobuses y trolebuses (ptas.)



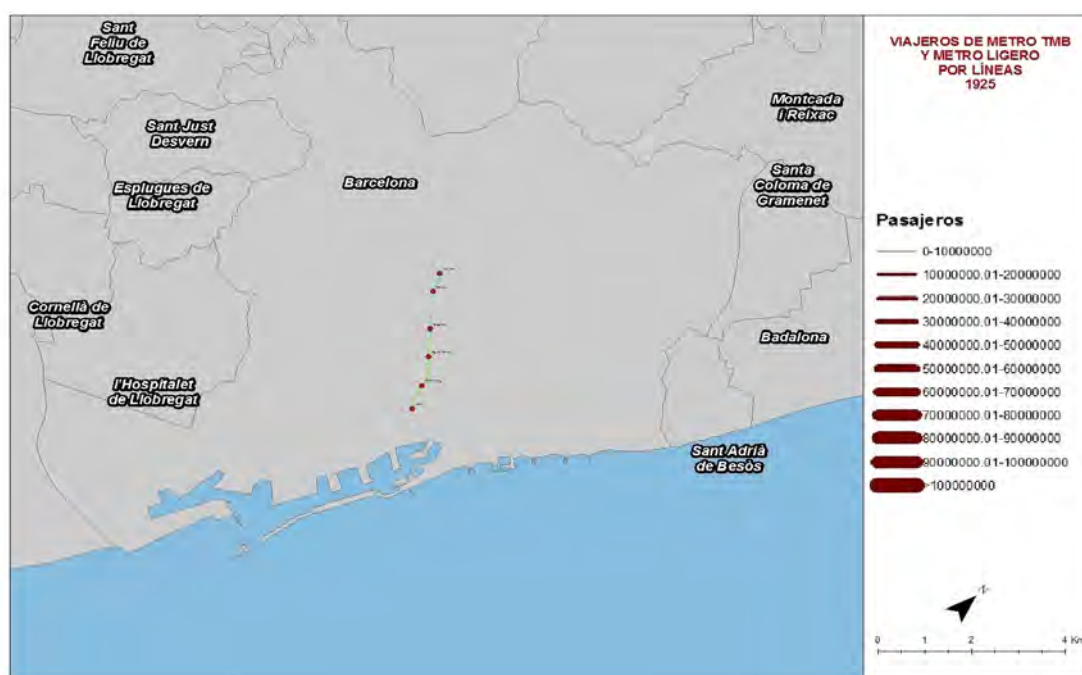
Fuente: Elaboración propia a partir de Alemany y Mestre, 1986.

Figura 4.5. Viajeros transportados por el metro, 1925-1991



Fuente: Elaboración propia a partir de Salmerón i Bosch, 1992.

Figura 4.6. Viajeros de metro T.M.B. y metro ligero por líneas, 1925



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.7. Viajeros de metro T.M.B. y metro ligero por líneas, 1950



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.8. Viajeros de metro T.M.B. y metro ligero por líneas, 1975



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.9. Viajeros de metro T.M.B. y metro ligero por líneas, 2000



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.10. Viajeros de metro T.M.B. y metro ligero por líneas, 2010.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

4.1.2. Análisis de las líneas y modos de transporte en función de la recaudación obtenida y el gasto de inversión

Para conocer la evolución de un sistema ferro-viario es imprescindible conocer la evolución del saldo monetario de dicho sistema. Como en el caso anterior, los primeros datos de los que se tiene constancia son los del tranvía.

La línea de tranvías de Sants (figura 4.1), durante el período 1876-1888 recaudó cerca de 250.000 pesetas anuales, de forma constante. Es de suponer que, con la devaluación, esa cifra fuese hoy en día mucho mayor. La línea de Sant Andreu y Horta (figura 4.2), en cambio, experimentó un gran aumento en su recaudación, pasando de 150.000 pesetas, a casi 450.000. En cuanto a la red de tranvías (figura 4.3), durante todo su período en activo (1872-1972), obtuvo una recaudación que varió de los 7 millones de pesetas en sus inicios, a cerca de 350 millones en su punto más álgido (la devaluación monetaria tuvo gran importancia en este hecho). Pero la recaudación más cuantiosa y también los gastos más importantes los acaparó la red de metro (figura 4.5). Se obtuvieron resultados de interés al realizar una comparativa entre el total de ingresos y gastos realizados por las diferentes compañías privadas que gestionaron las diversas líneas de la red de metro y por la compañía pública resultante del proceso de municipalización de la red de metro. Entre 1925 y 1960, el Gran Metropolitano de Barcelona (G.M.B) tuvo, a lo largo de todo su período, mayor número de ingresos totales que de gastos (figura 4.11). De hecho, en 1960, concluyó ese período con un beneficio neto de 6 millones de pesetas. Similar proceso tuvo el Ferrocarril Metropolitano Transversal (F.M.T) que, en 1960, tuvo 75 millones de ingresos y casi 68 millones de gastos, dejando como beneficio neto, cerca de 7 millones de pesetas (figura 4.12). Posteriormente, a principios de los años 60, se municipalizaron las líneas de metro en una sola red y en una sola compañía, el Ferrocarril Metropolitano de Barcelona o F.C.M.B (figura 4.13). Si bien, esta compañía comenzó obteniendo beneficios netos, pronto comenzó a ser deficitaria. Es notorio el período comprendido entre finales de los años 70 y principios de los años 80 del siglo XX, en los que el gasto de la red duplicaba a los beneficios (2-4 mil millones de beneficios frente a 4-8 mil millones de gasto). A principios de los años noventa, continuaba la balanza negativa de gastos, pero las cifras habían sufrido una considerable aproximación (17.000 millones de beneficio, frente a 19.000 millones de gasto).

Durante estos años, en 1993, se pergeñó un plan intermodal de transportes que pretendía ampliar la red de metro existente en ese momento. Destacaba el gran gasto en infraestructura frente a las superestructuras y el material móvil (100.000 millones de pesetas dedicado a infraestructuras, de un total presupuestario de 150.000 millones). Se pretendía realizar grandes ampliaciones de la red y resaltaba un proyecto sobre la L6 que habría convertido a esta línea en circular. Casi la mitad del presupuesto en infraestructuras se destinaba a este proyecto que nunca llegó a plasmarse en la realidad. Según los datos proporcionados por

TRANSMET, en el año 1996 se recaudaron más de 31.000 millones de pesetas en todo el sistema de transporte ferro-viario de la ciudad. Hubo casi 400 millones de pasajeros, de los cuales, las dos terceras partes correspondían al metro. En 1997, se incrementó un 5% el total recaudado, pero el número de pasajeros descendió levemente. Eso fue debido a una subida en el precio del billete. En 1998, se alcanzaron los 35.000 millones de pesetas recaudados y los 420 millones de viajeros, de los cuales, la mitad correspondían al metro, habiendo un aumento de un 8% en recaudación y en pasajeros. Posteriormente, en 1999, se alcanzaron los 37.000 millones de pesetas recaudados y los 433 millones de pasajeros, habiendo un aumento más modesto que año anterior, de un 2 % aproximadamente.

En el año 2000 se recaudaron 40.000 millones de pesetas de presupuesto y se llegó a la cifra de 450 millones de pasajeros, mientras en el año 2005 se recaudaron 330 millones de euros y se superaron los 555 millones de pasajeros, lo que indica un aumento de un 2.8%. En el año 2009 se recaudaron 392 millones de euros y se transportó a 575 millones de pasajeros, lo que supone un descenso de un 3.3% respecto del período anterior. Que haya descendido el nº de pasajeros y haya aumentado la recaudación, indica un aumento del precio del billete. Ya en el año 2012, se recaudaron 451 millones de euros y se superaron los 578 millones de pasajeros, habiendo un ligero descenso de un 3.6 por ciento respecto al año anterior. Se produjo un aumento paulatino de los pasajeros y del total recaudado, pero si bien hay años en los que hubo un descenso de pasajeros, no fue así en la recaudación, ya que se fue aumentando el precio del billete, progresivamente.

Al realizar una comparativa entre los diferentes medios de transporte ferroviarios de Barcelona, se puede observar que se mantuvo casi constante la proporción de pasajeros en los diferentes medios de transporte, desde el año 1996 hasta el año 2010. Las dos terceras partes de los desplazamientos se producían en metro. Entre una cuarta y una sexta parte de los desplazamientos se realizaron en Rodalies y entre una sexta y una octava parte de los viajes fueron en F.G.C. Sin embargo, en cuanto a recaudación, las cifras varían, ya que el metro recaudaba más de la mitad del total, Rodalies recaudaba una cuarta parte (en ocasiones una tercera parte) y F.G.C. entre una sexta y una cuarta parte del total. El metro ligero poseía un peso muy menor en cuanto a número de desplazamientos y dinero recaudado, concretamente un 2.5 por ciento del total recaudado y un 4 por ciento de los desplazamientos. Por lo tanto, el número de viajes no guardaba proporción directa con el dinero recaudado. Este hecho es lógico, ya que los viajes realizados en Rodalies y en F.G.C. solían ser de mayor duración y distancia, que los realizados en metro. Es importante señalar que de entre todas las líneas destacaban sobremanera las líneas 1, 3 y 5 de metro que rondaban los 100 millones de desplazamientos cada una.

En cualquier caso, el hecho de que en el momento de la municipalización de la red de metro comenzasen a ampliarse considerablemente los gastos, no respondía necesariamente a una deficiente gestión de la administración pública,

sino a otro tipo de condicionantes. En el momento de heredar la red de metro, a principios de los años 60 del siglo XX, la administración pública se hizo cargo de una serie de líneas sin conexión entre ellas y con escaso desarrollo y longitud. La red de tranvías comenzaba su declive y era necesario una red de transporte sustitutoria. El autobús procuró sustituir al tranvía, pero el metro se iba imponiendo y se reclamaba en toda el área barcelonesa. La unión de las líneas en diversas actuaciones y planes de enlaces fue costosa, pero aún más costosa fue la ampliación de las líneas y la creación de nuevas, a profundidades cada vez mayores. No es por tanto un caso de mala gestión, necesariamente, más bien, la balanza negativa de gasto se debe a la creación de una red madura y amplia, como es el caso de la red de metro de Barcelona.

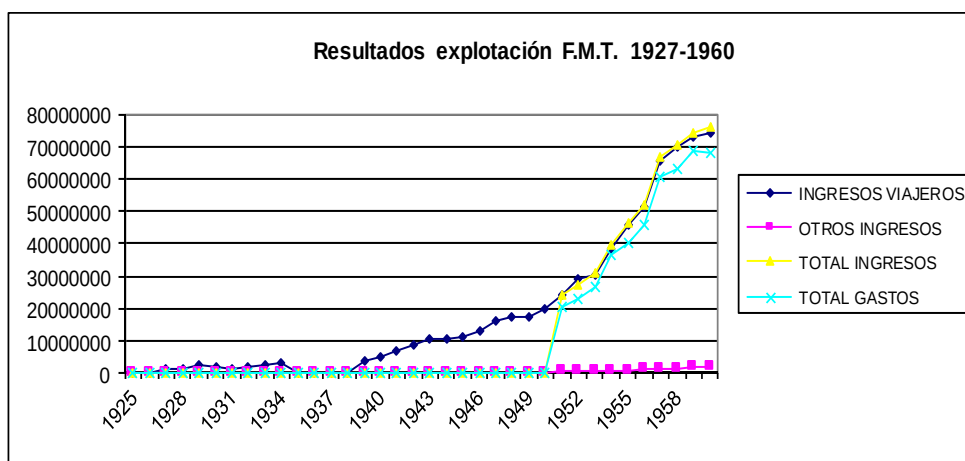
Actualmente, el Pla Director d'Infraestructures 2010-2020 pretende acometer una serie de ampliaciones en la red ferro-viaria barcelonesa. Destacan las actuaciones proyectadas en la red de metro, que son muy copiosas, con un gasto estimado cercano a los 4.000 millones de euros. Destaca la inversión que se realizará en la L9 y L10, que tienen un gasto de inversión de 3.000 millones de euros. Esta es sin duda la infraestructura estrella, la línea que será, una vez completada, una de las más largas de Europa. A pesar de ello, posee una demanda estimada similar a la existente en la actual red de metro ligero, la cual solo necesitará de menos de 200 millones de euros de inversión para sus ampliaciones, en el período 2010-2020. Una de las mayores actuaciones e inversiones se realizará en la red ferroviaria estatal, con un presupuesto superior a los 4.000 millones de euros, más de la mitad de los cuales se concretarán en la construcción de la nueva línea entre Castelldefels y Cornellà-Zona Universitària. Hubo dudas iniciales sobre la inclusión de esta línea como parte de la red de metro o como parte de la red ferroviaria estatal, pero, en cualquier caso, la importante suma destinada a su implantación atestigua la relevancia de dicha infraestructura. Por otra parte, es importante destacar el programa de actuación en los intercambiadores, que resulta vital para la pervivencia de una red ferroviaria en plenas condiciones. Sin embargo, su costo no resulta excesivo, ya que ronda los 400 millones de euros. Por otra parte, la necesaria modernización de la red ferro-viaria, que pretende mejorar, tanto las instalaciones y estaciones como los convoyes y diversos sistemas, no resulta barata. En total, son más de 4.000 millones de euros los necesarios para renovar una red compleja como es la red ferro-viaria barcelonesa. Se puede concluir que, a pesar de que el plan pretende realizar una mejora y una ampliación global de la red, es evidente que existen dos infraestructuras principales que copan la atención: La línea de metro L9-L10 y la línea entre Castelldefels y Cornellà-Zona Universitària. Por otra parte, la suma destinada a la mejora de infraestructuras denota la intención de impulsar el uso de la infraestructura existente, haciéndola más cómoda, agradable y moderna a ojos del pasajero.

Figura 4.11. Resultados explotación G.M.B. 1925-1960 (ptas.)



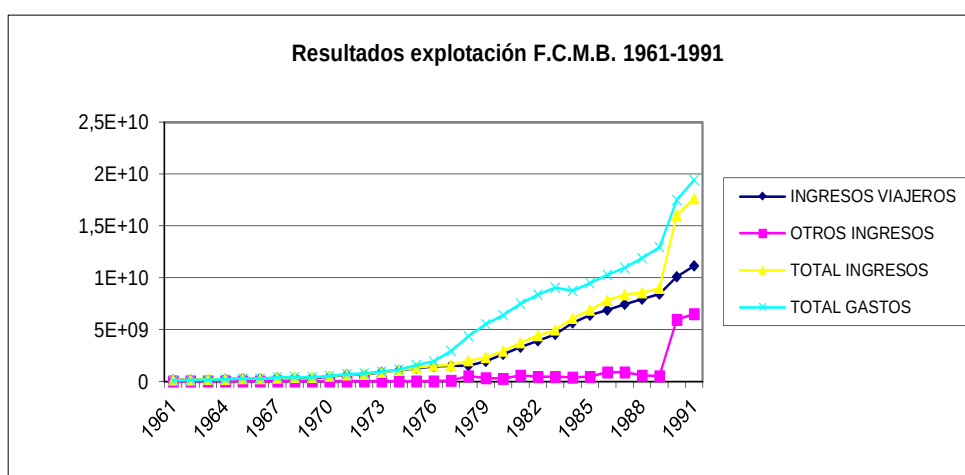
Fuente: Elaboración propia a partir de Salmerón i Bosch, 1992.

Figura 4.12. Resultados explotación F.M.T. 1927-1960 (ptas.)



Fuente: Elaboración propia a partir de Salmerón I Bosch, 1992.

Figura 4.13. Resultados explotación F.C.M.B. 1961-1991 (ptas.).



Fuente: Elaboración propia a partir de Salmerón I Bosch, 1992.

4.1.3. Movilidad por estación: afluencia de pasajeros y habilitación de las estaciones a personas con movilidad reducida

El análisis de la afluencia de pasajeros es importante enfocarlo hacia las estaciones con mayor número de usuarios, para poder identificarlas como focos de aglomeración de pasajeros y puntos nodales de importancia dentro de la red. El número de pasajeros que transita por una estación resulta de vital importancia en los estudios de movilidad, así como importante es la habilitación de dichas estaciones para las personas con movilidad reducida. En otro orden de cosas, la profundidad de las estaciones es también crucial, debido a que puede ser un indicador sobre su nivel de accesibilidad, en especial para las personas con movilidad reducida.

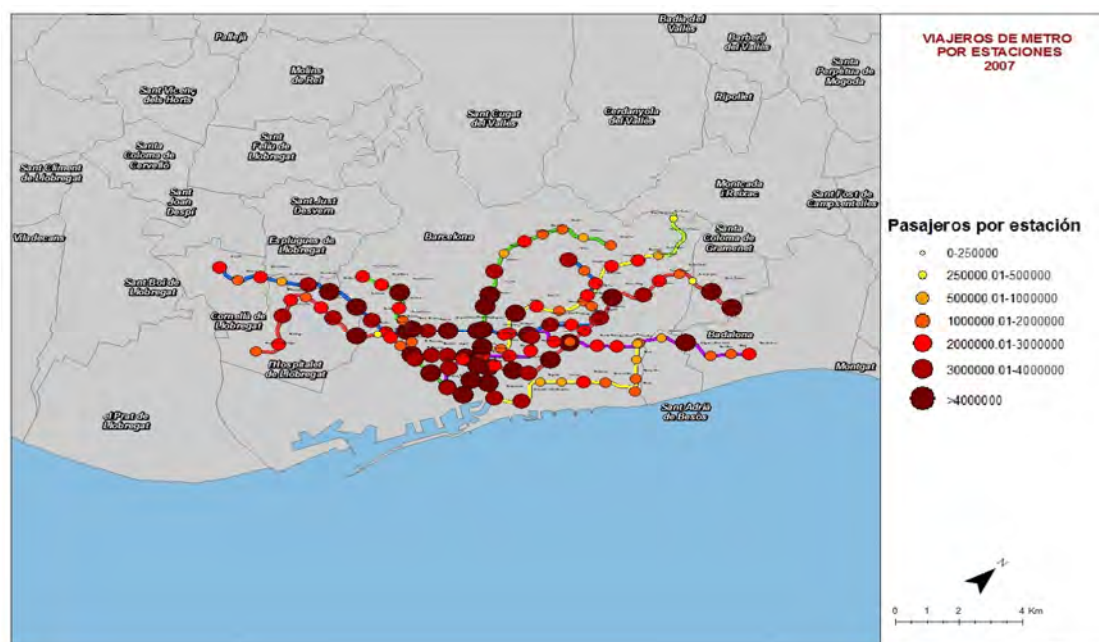
En cuanto al número de pasajeros por estaciones, los datos son los siguientes. En 1987, el número de pasajeros por estación (figuras 4.14, 4.15 y 4.16) presentaba una homogeneidad bastante acusada, aunque se apreciaba que las estaciones más utilizadas eran las conformadas por el eje Cataluña-Diagonal y el eje Sagrada Família –Sants Estació, en donde se acumulaban las estaciones que tenían más de 3 millones de pasajeros anuales. En esta área trapezoidal se producían la mayor parte de las interconexiones entre las líneas de metro y entre la red de metro y la red de ferrocarril. Destacaban la mayoría de las estaciones de la L4, por su escasa afluencia de pasajeros. En el año 1997, esta situación permanecía igual y la aparición de la L2 no supuso grandes cambios significativos. Posteriormente, en el año 2001, aunque se mantuvo a grandes rasgos esta situación, las estaciones más periféricas de la L1 comenzaron a aglutinar una mayor cantidad de pasajeros. Sin embargo, generalmente, a mayor perifericidad había menor afluencia de pasajeros, debido a que la mayoría de interconexiones y transbordos se producían en el trapecio central de la red ferro-viaria. En el año 2005 no se apreciaban grandes diferencias respecto a los períodos anteriores. Sin embargo, en 2007 y en 2009 se percibió un cambio significativo de tendencia. Se ampliaron el número de estaciones con un ratio elevado de afluencia de pasajeros (de más de 3 millones de pasajeros). Esto se manifestaba con especial incidencia en las periferias de las líneas L1, L3 y L5. En el año 2020, se creará una red en la que la mayoría de las estaciones que conforman la semicircunferencia que dibujará la L9, poseerán una gran aglomeración de tráfico, debido, principalmente, a la enorme cantidad de interconexiones que se pretenden realizar con el resto de líneas. Este escenario configurará un enorme espacio céntrico, con gran afluencia e interconexión entre líneas, dejando como estaciones secundarias, en cuanto al número de pasajeros, a aquellas que se hallan en los extremos de la L8, L9, L10 y L11.

Figura 4.14. Viajeros de metro por estaciones, 1987



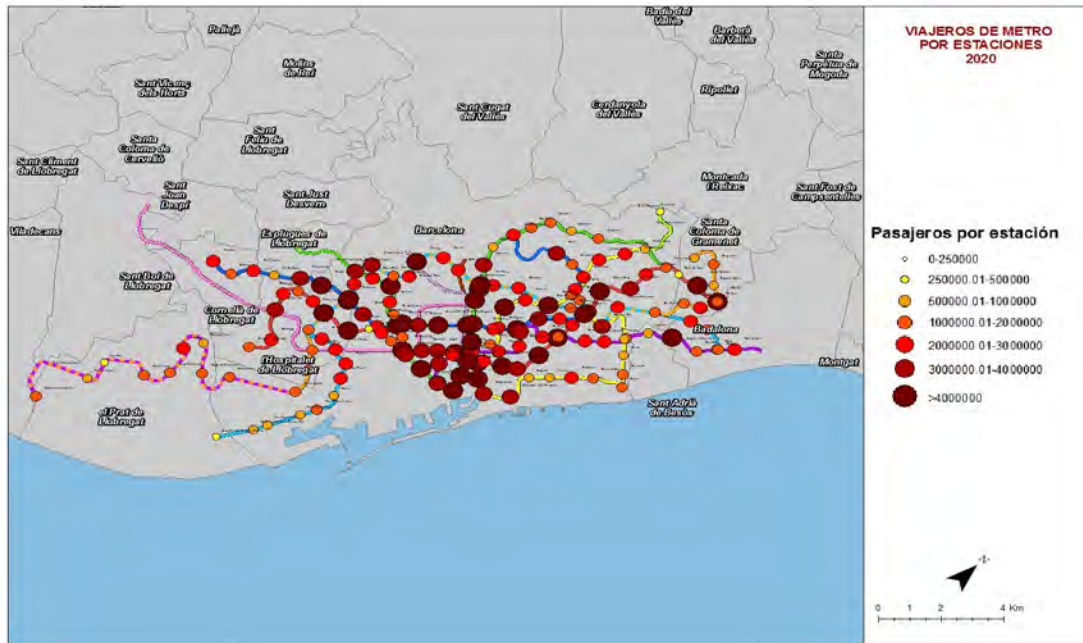
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.15. Viajeros de metro por estaciones, 2007



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

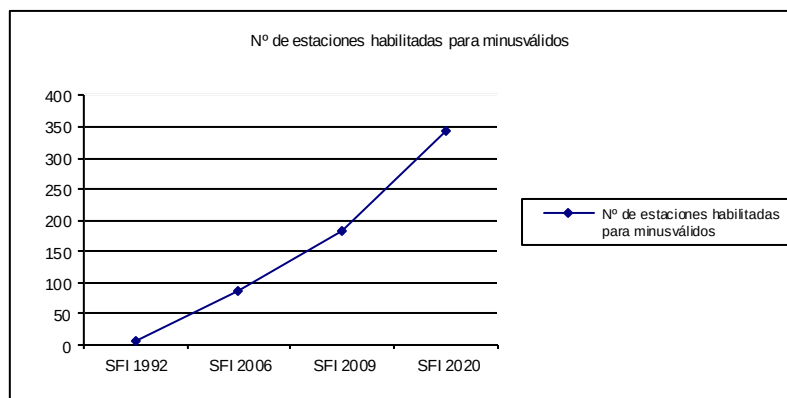
Figura 4.16. Viajeros de metro por estaciones, 2020



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

En cuanto a la habilitación de las estaciones para las personas con movilidad limitada, la evolución ha sido la siguiente. En 1995, la única línea que disponía de estaciones habilitadas para personas con movilidad limitada, era la L2, una línea recién inaugurada. En el año 2006, la tendencia estaba en alza y, gradualmente, se iban implantando mejoras en las estaciones de diversas líneas. Los nuevos trayectos y ampliaciones incorporaron las medidas de mejora de las estaciones para lograr una accesibilidad universal (figuras 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20). El metro ligero se inauguró en Barcelona incorporando estas medidas que se iban implantando rápidamente por el resto de la red, priorizando a las estaciones de interconexión de líneas e intercambio modal. En el año 2009, la práctica totalidad de la red ya era accesible a todo el mundo y en el año 2020 se pretende que la accesibilidad sea casi total, si bien habrá algunas estaciones que no estarán habilitadas, sobretudo en la L4. Pese a esto, es evidente cómo, el interés hacia las personas con movilidad reducida ha ido progresando paulatinamente. En apenas dos décadas, desde 1995 hasta 2009, se ha multiplicado por 25 el número de estaciones habilitadas para este tipo de personas. El PDI 2010-2020 pretende duplicar esa cifra en solo 10 años. La preocupación por una movilidad integral de la población, parece estar detrás de esta evolución y esto es debido a que la red ferro-viaria ha de ser lo más accesible posible al total de la población, porque es un medio de transporte que pretende tener un alcance total del territorio y ofrecer una alternativa al vehículo individual.

Figura 4.17. Número de estaciones habilitadas para minusválidos



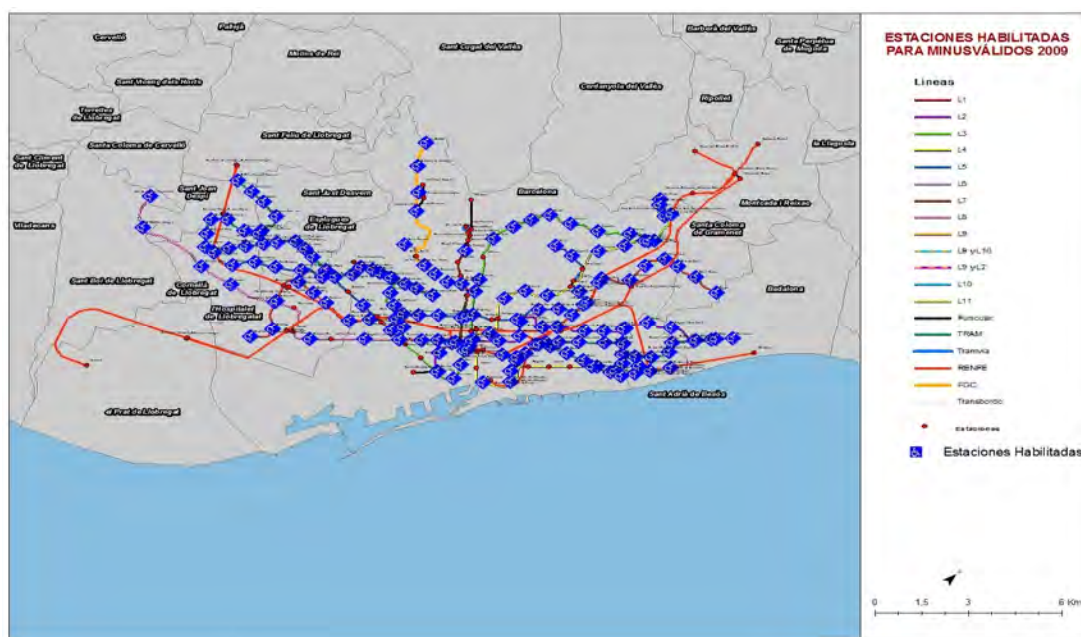
Fuente: elaboración propia a partir de datos de F.G.C., T.M.B., A.T.M. y Renfe.

Figura 4.18. Estaciones habilitadas para minusválidos, 1995



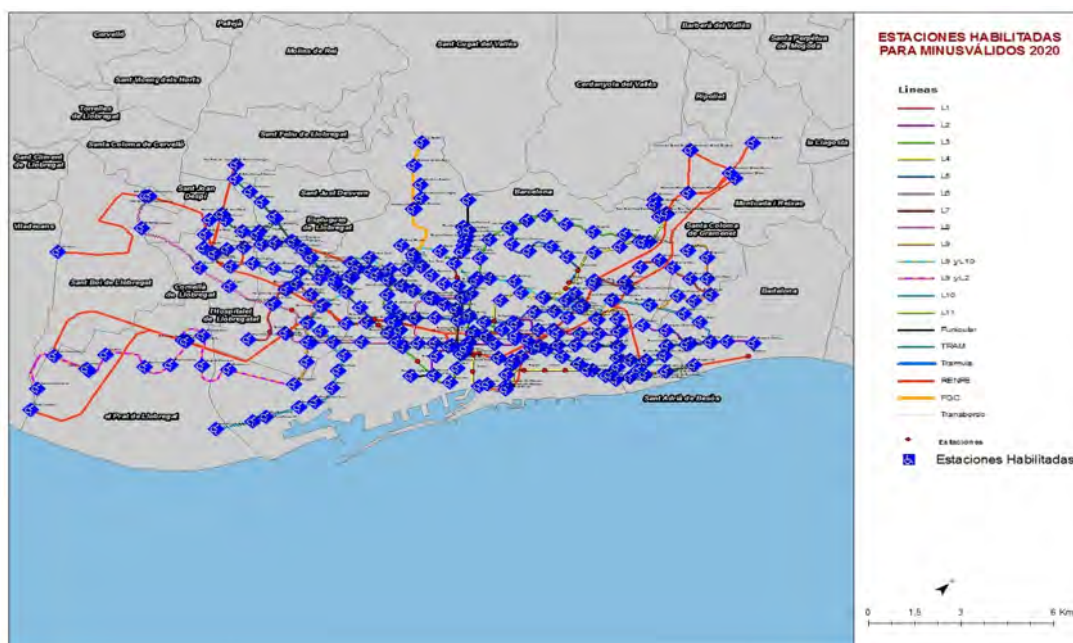
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.19. Estaciones habilitadas para minusválidos, 2009



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.20. Estaciones habilitadas para minusválidos, 2020



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

En el presente artículo se han analizado diversas variables de importancia en un sistema ferro-viario como son la afluencia de pasajeros, la habilitación de las estaciones para personas con movilidad reducida y el balance económico de dicho sistema. El análisis hace un especial hincapié en la red de metro. El metro

tuvo una baja aceptación inicialmente y tuvo poca cantidad de pasajeros, pero, sin embargo, con la unificación de las líneas en una sola red y con la construcción de transbordos, la afluencia de pasajeros fue mayor y más homogénea por toda la red. La unificación de la red de metro fue costosa, aunque todavía lo fue más la ampliación de las líneas y la creación de nuevas a profundidades cada vez mayores. Por ello, a principio de los años 60, cuando la administración se hizo cargo de la red de metro, ésta tuvo que soportar los gastos derivados de este proceso de integración funcional de las líneas. La gestión pública, además, invirtió en mejorar las estaciones para habilitarlas a las personas con movilidad reducida (de hecho, entre 1995 y 2009, se multiplicó por 25 el número de estaciones habilitadas para minusválidos y, en el año 2020, esa cifra se duplicará). Sin embargo, era necesario primar la inversión y las actuaciones en las estaciones más estratégicas, las más transitadas. Según los datos extraídos, desde los años 80, las estaciones ferroviarias más transitadas se insertan en el eje Cataluña-Diagonal y en el eje Sagrada Família-Sants Estación, en donde más de 3 millones de pasajeros transitan anualmente, por cada una de las estaciones de dicho ámbito (es en esta área trapezoidal, donde se producen la mayoría de las interconexiones entre el metro y el ferrocarril). Este panorama cambiará en el año 2020 ya que la mayoría de las estaciones de la L9 poseerán gran afluencia de pasajeros debido a la enorme cantidad de interconexiones que se pretenden realizar con el resto de líneas.

4.2. Encuestas de movilidad obligada y encuestas de movilidad cotidiana

Las encuestas de movilidad son estudios realizados para conocer las pautas de movilidad en un ámbito espacial determinado. Al analizar dichas pautas de movimiento, se puede planificar de forma óptima las infraestructuras que se pretenden implantar o realizar mejoras en el servicio de las existentes. Son, por tanto, instrumentos necesarios para que el equilibrio entre la oferta y la demanda de los transportes se mantenga convenientemente. Tradicionalmente, se han tenido en cuenta dos variables a la hora de realizar encuestas de movilidad: la movilidad por motivos laborales y por motivos de estudio. Estas dos variables se englobaban dentro de lo que se denominaba como movilidad obligada. El término puede llevar a confusión, ya que la obligatoriedad de un desplazamiento puede estar motivado por diversas causas y no solo por el trabajo o el estudio. En cualquier caso, hasta fechas muy recientes, estas eran las dos variables analizadas para confeccionar las encuestas de movilidad y, en consecuencia, para planificar y mejorar las infraestructuras de transporte. Es a finales del siglo XX, cuando comenzaron a producirse encuestas de movilidad cotidiana en España, en las que se tenían en cuenta todos los motivos del desplazamiento, destacando los desplazamientos por ocio o por asuntos familiares. De esta manera, se sustituyó el modelo productivista anterior por uno más realista, que poseía un

abanico más amplio de posibilidades de desplazamiento. El actual apartado repasa las encuestas de movilidad más significativas realizadas en la red ferroviaria barcelonesa. Lamentablemente, ha habido una gran promiscuidad de metodologías de trabajo y multitud de instituciones y compañías se han encargado de la confección de las encuestas, por lo que resulta muy complicado homogeneizar los resultados y realizar comparativas entre las diferentes encuestas.

4.2.1. Encuestas de movilidad obligada

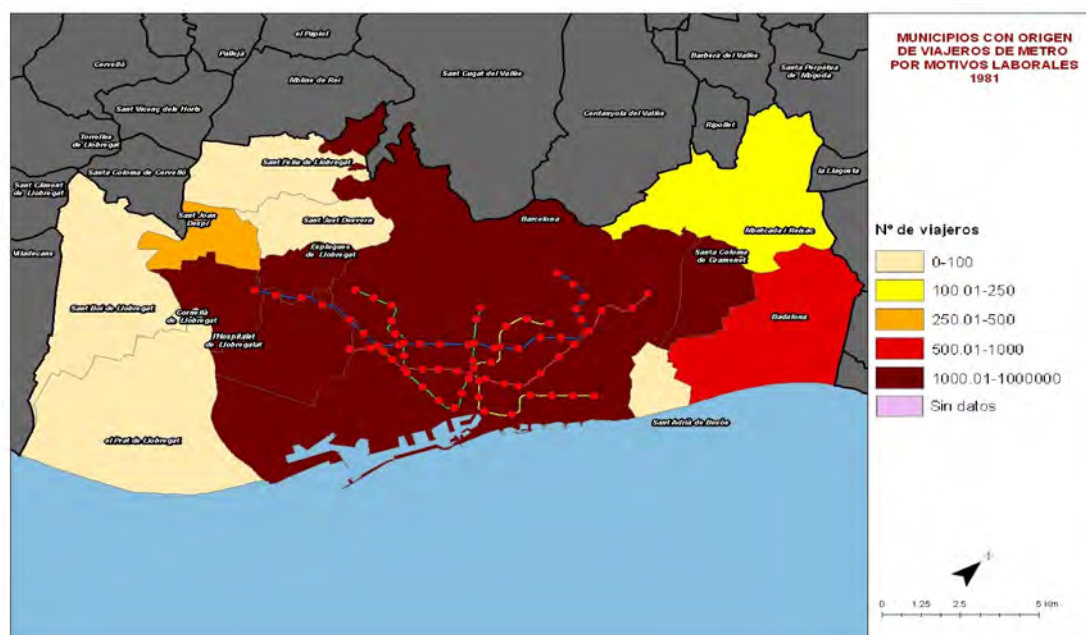
Una de las primeras encuestas de movilidad realizadas es la encuesta de la Corporació Metropolitana de Barcelona (C.M.B) de 1975 en la que la inmensa mayoría de los desplazamientos tenían como destino al propio municipio de origen o a Barcelona, el núcleo que aglutinaba el mayor número de puestos de trabajo y de centros de estudio. L'Hospitalet de Llobregat era un segundo foco de atracción importante en la región analizada, aunque su peso era notoriamente inferior al de la capital catalana. Los desplazamientos de los residentes en Barcelona apenas traspasaban las fronteras del municipio, al contrario de lo que ocurría en el resto de los municipios de la aglomeración urbana. Sin embargo, a pesar de que la mayor parte de los trayectos por motivo de trabajo se focalizaban en Barcelona, existían importantes desplazamientos internos dentro de los municipios de Badalona, l'Hospitalet de Llobregat y Cornellà de Llobregat. Estos desplazamientos internos se producían porque estos municipios poseían una gran cantidad de población obrera pero también de puestos de trabajo. Una buena parte de la población obrera podía desplazarse a sus puestos de trabajo sin salir de su municipio. Por otra parte, los desplazamientos por motivo de estudio tenían como destino prioritario a Barcelona, pero Badalona, l'Hospitalet de Llobregat, Cornellà de Llobregat y Santa Coloma de Gramenet poseían importantes desplazamientos internos. En cuanto al modo de desplazamiento, si se efectuó en tren, la mayoría de los desplazamientos poseían destinación Barcelona, con algunas excepciones notables hacia l'Hospitalet de Llobregat. En los desplazamientos realizados en metro ocurría exactamente igual, sólo que en este caso la preponderancia de Barcelona era aún mayor. En ocasiones surgían datos singulares, como en la tabla origen-destino con motivo de trabajo y desplazamiento realizado en tren, en el que algún municipio como Sant Boi de Llobregat poseía bastantes desplazamientos con destino a Cornellà de Llobregat y a l'Hospitalet de Llobregat. Sin embargo, la influencia de Barcelona seguía siendo capital a la hora de entender el funcionamiento de los desplazamientos en la totalidad de la aglomeración urbana.

Los desplazamientos en metro tenían el condicionante de que no todos los municipios poseían conexión con dicha red, por ello, los desplazamientos se aglutinaban aún más en Barcelona. Sin embargo, existían las discretas excepciones de Cornellà de Llobregat, l'Hospitalet de Llobregat, Santa Coloma de Gramenet y Badalona que poseían cierta cantidad de desplazamiento interno en metro. Los desplazamientos en tren por motivo de estudio poseían una sola destinación, Barcelona, aunque existía alguna excepción, como los trayectos

realizados desde Cornellà de Llobregat a l'Hospitalet de Llobregat. La tendencia se mantuvo en los desplazamientos en metro por motivo de estudio, con la sola excepción de los trayectos internos realizados en l'Hospitalet de Llobregat. Como ya se ha indicado anteriormente, la mayoría de trayectos poseían una destinación prioritaria, Barcelona, que aglutinaba casi 1 millón de desplazamientos diarios, aunque casi 800.000 de esos desplazamientos eran internos. Le seguían en importancia l'Hospitalet de Llobregat con cerca de 150.000 desplazamientos diarios, siendo la mitad desplazamientos internos. Santa Coloma de Gramenet siguió una pauta similar a la de l'Hospitalet de Llobregat, aunque su número de desplazamientos no llegaban a los 70.000 diarios. Por último, merece la pena destacar a Badalona, ya que poseía un gran índice de autocontención en sus desplazamientos. De sus casi 100.000 desplazamientos diarios, las tres cuartas partes se realizaron dentro del propio municipio.

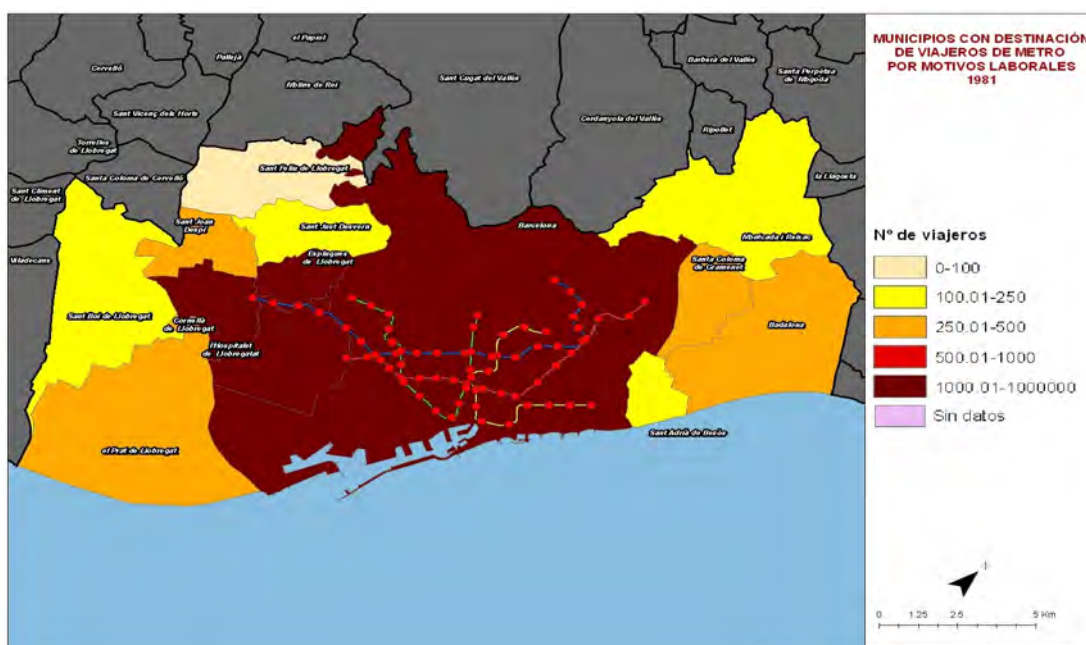
Posteriormente se realizó la encuesta de movilidad obligada de 1981 (que tuvo a partir de ese momento una periodicidad quinquenal) y tanto si se trataba de viajes de origen o de destino, en tren o en metro, por motivos de estudio o de trabajo, el municipio de Barcelona poseyó una omnipresencia clara (figuras 4.21, 4.22, 4.23 y 4.24). Si se analizan los viajes realizados en metro se observa que los desplazamientos por motivo de estudio tenían a Barcelona y en menor medida a l'Hospitalet de Llobregat y a Esplugues de Llobregat como sus mayores destinos. El origen de dichos desplazamientos era similar, aunque Badalona y Cornellà de Llobregat realizaban importantes aportes en cuanto al número de desplazados. Los desplazamientos por motivo laboral realizados en metro poseían una cierta variación. El origen de los desplazamientos estaba más diversificado. Barcelona permanecía como el municipio que realizaba los mayores aportes de población desplazada, pero Badalona, Santa Coloma de Gramenet, Esplugues de Llobregat, Cornellà de Llobregat y l'Hospitalet de Llobregat poseían un fuerte peso en cuanto a número de desplazamientos. El destino de los viajes se distribuía por todo el continuo urbano, aunque con gran predominancia en Barcelona, l'Hospitalet de Llobregat, Esplugues de Llobregat y Cornellà de Llobregat. Por otra parte, el origen de los desplazamientos en tren por motivo de estudio, provino de prácticamente todo el continuo urbano, destacando a Barcelona. Se concentró la destinación de los desplazamientos en Barcelona y en l'Hospitalet de Llobregat. Sin embargo, los desplazamientos en tren por motivos laborales siguieron una pauta diferente. El origen se encontraba bastante uniformemente repartido por todo el continuo urbano y aunque la destinación se centraba primordialmente en Barcelona y l'Hospitalet de Llobregat, buena parte del continuo urbano se vio afectado.

Figura 4.21. Municipios con origen de viajeros de metro por motivos laborales, 1981



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.22. Municipios con destino de viajeros de metro por motivos laborales, 1981



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

La encuesta EMYT (encuesta de movilidad y transporte) de 1984 añadió nuevas variables en el análisis, aparte del modo de transporte empleado o el origen y destino de los desplazamientos. Proporcionó información acerca de las opiniones de los usuarios y su condición social y género (este fue un paso previo a la confección de las encuestas de movilidad cotidiana, en donde también se indicaba el motivo del trayecto). En esta encuesta de 1984 la mayoría de los ciudadanos se desplazaba a pie, en coche, en metro o en bus. El resto de transportes resultaba minoritario. Las mujeres solían ser más proclives a los desplazamientos a pie y en bus en contraposición a los hombres que optaban más por el coche o el metro. Los viajes a pie, en taxi o en moto eran los más frecuentes entre las clases más pudientes, mientras que los transportes públicos como el bus o el metro eran los preferidos por las personas con menores rentas. Por edades, el metro, el coche y la moto eran los medios de transporte preferidos por los segmentos más jóvenes de la población, mientras que ir a pie o ir en bus eran medios de desplazamiento que no poseían un rango de edad específico. Un porcentaje significativo de ciudadanos opinaba que no usaba el metro o el bus por la carencia de dichos sistemas de transporte en su área de tránsito común. Los ciudadanos también señalaban la adaptabilidad y versatilidad que poseía el vehículo privado frente a la incomodidad y relativa lentitud del transporte público.

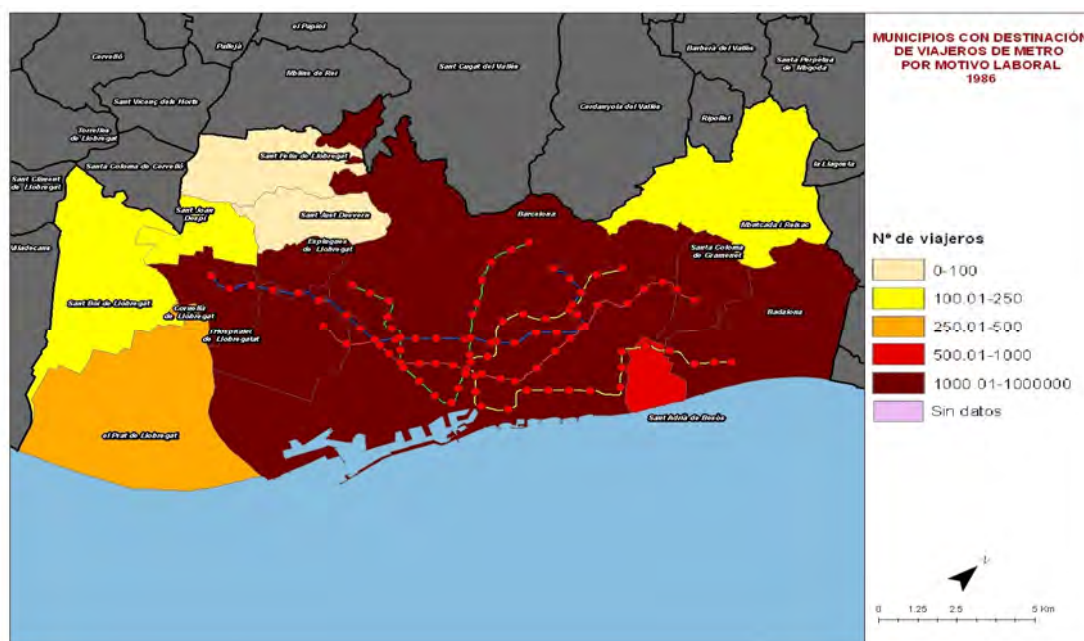
Más tarde se confeccionó la encuesta de movilidad obligada de 1986 (figuras 4.25, 4.26, 4.27 y 4.28), en donde los desplazamientos realizados en tren por motivo de estudio, tenían su origen en Barcelona y en menor medida en el resto del continuo urbano. Su destinación era, básicamente, Barcelona y en menor medida Badalona y l'Hospitalet de Llobregat. Los desplazamientos realizados en tren por motivos laborales tuvieron una distribución más homogénea, siempre con la predominancia de Barcelona, tanto en origen como en destino. Los desplazamientos en metro por motivos de estudios aglutinaban en su origen a estudiantes provenientes de Badalona y Cornellà de Llobregat. Su destino común era, frecuentemente, Barcelona. Si se analizan los desplazamientos en metro por motivo laboral se advierte que el origen es similar a los desplazamientos motivados por el estudio, pero la destinación abarca la mayor parte del continuo urbano.

Figura 4.25. Municipios con origen de viajeros de metro por motivos laborales, 1986



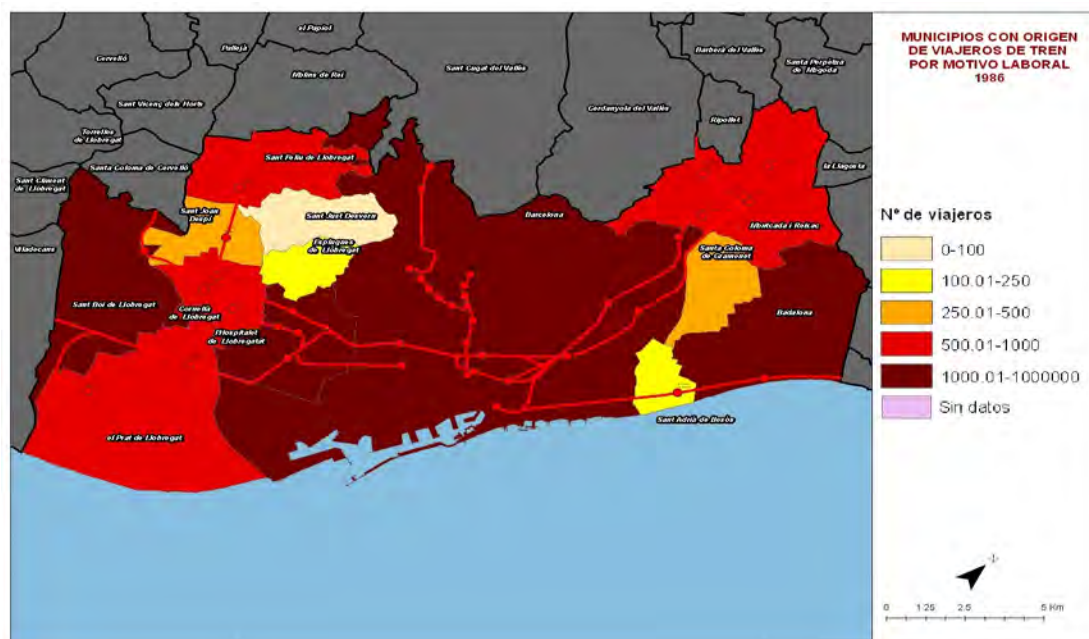
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.26. Municipios con destino de viajeros de metro por motivos laborales, 1986



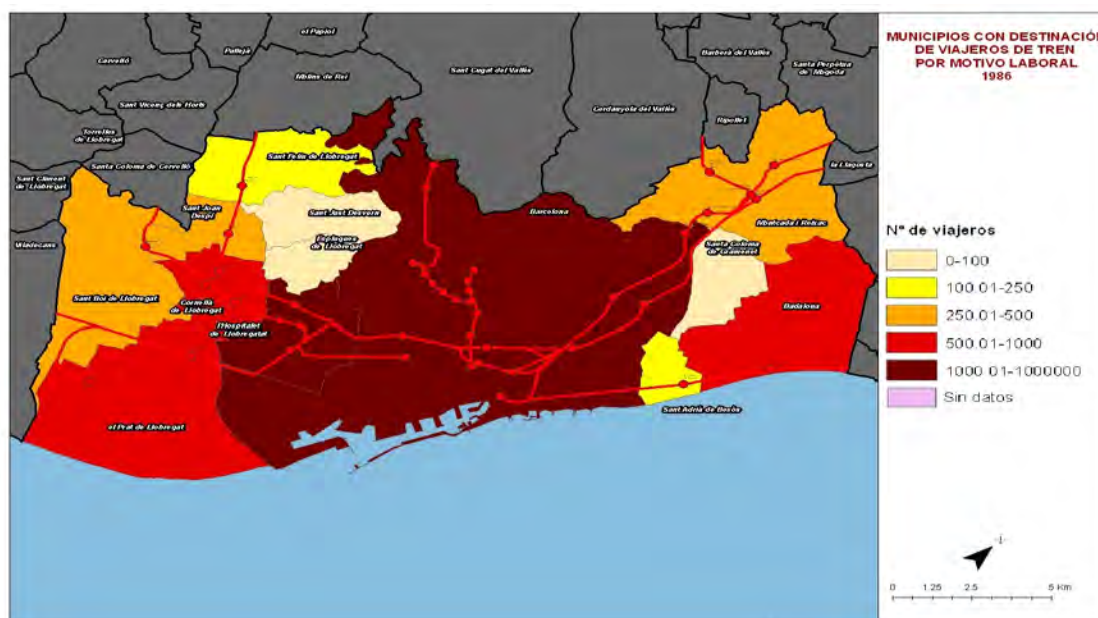
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.27. Municipios con origen de viajeros de tren por motivos laborales, 1986



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.28. Municipios con destino de viajeros de tren por motivos laborales, 1986



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Unos años más tarde, en 1991, se realizó otra encuesta de movilidad obligada (figuras 4.29, 4.30, 4.31 y 4.32). Los desplazamientos en tren por motivo de estudio tenían su origen en casi todo el continuo urbano, aunque eran Barcelona y l'Hospitalet de Llobregat quienes aglutinaban las destinaciones. Como de

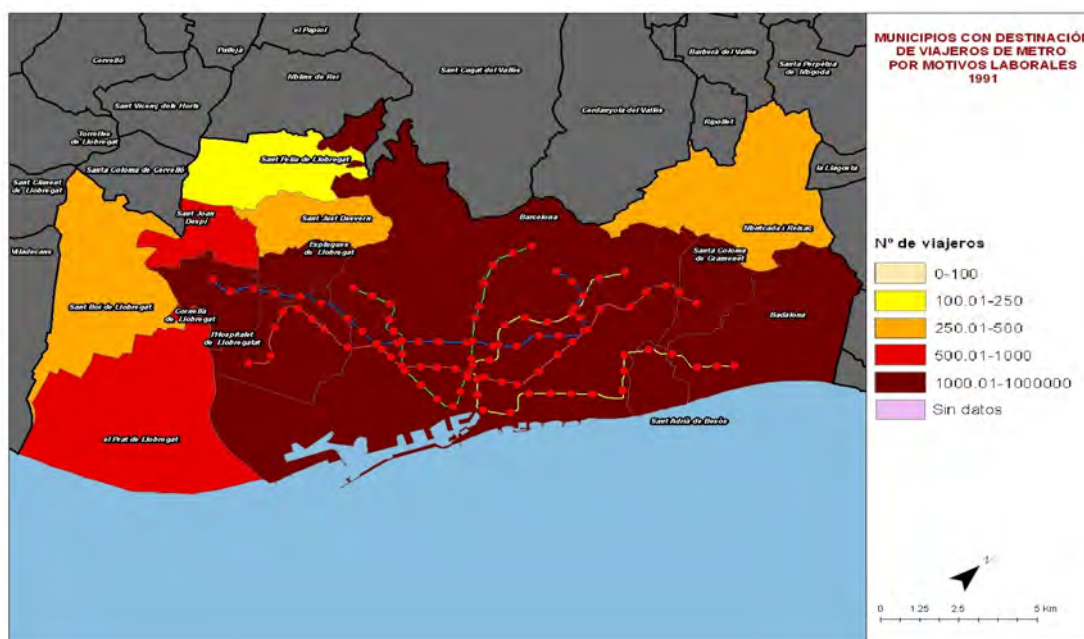
costumbre, los desplazamientos por motivos laborales tenían un nivel de dispersión mayor, tanto en el origen como en el destino. En cuanto a los desplazamientos en metro, ocurría el mismo fenómeno, pero la limitada expansión de la red impedía que el fenómeno de dispersión a nivel laboral pudiese ser mayor, aunque la concentración de destinos a nivel de estudios permanecía igual.

Figura 4.29. Municipios con origen de viajeros de metro por motivos laborales, 1991



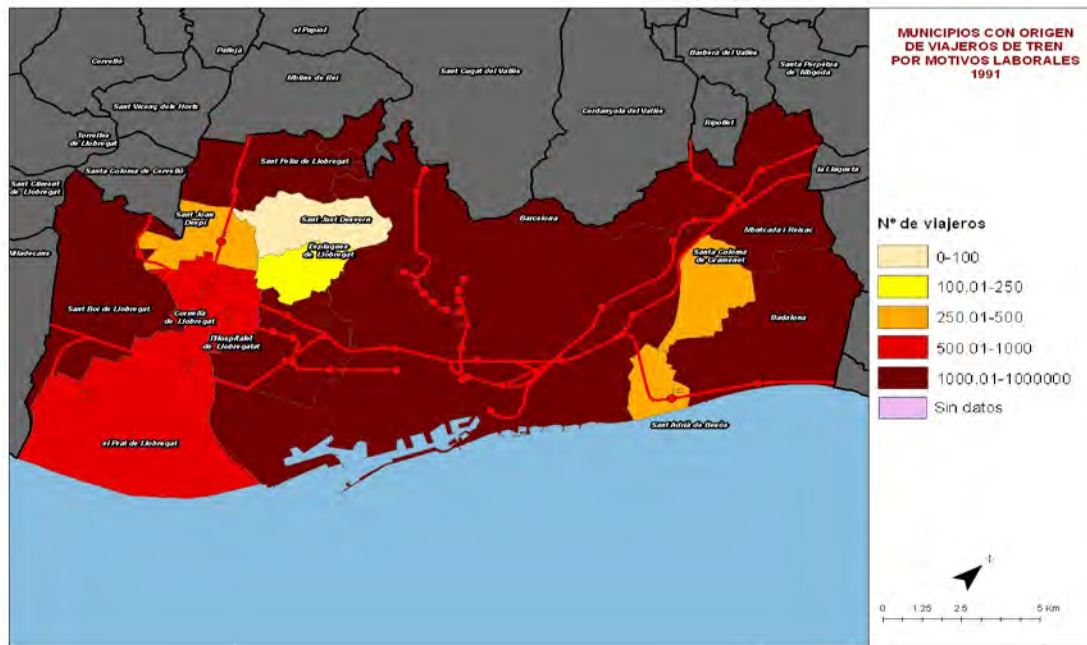
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.31. Municipios con destino de viajeros de metro por motivos laborales, 1991



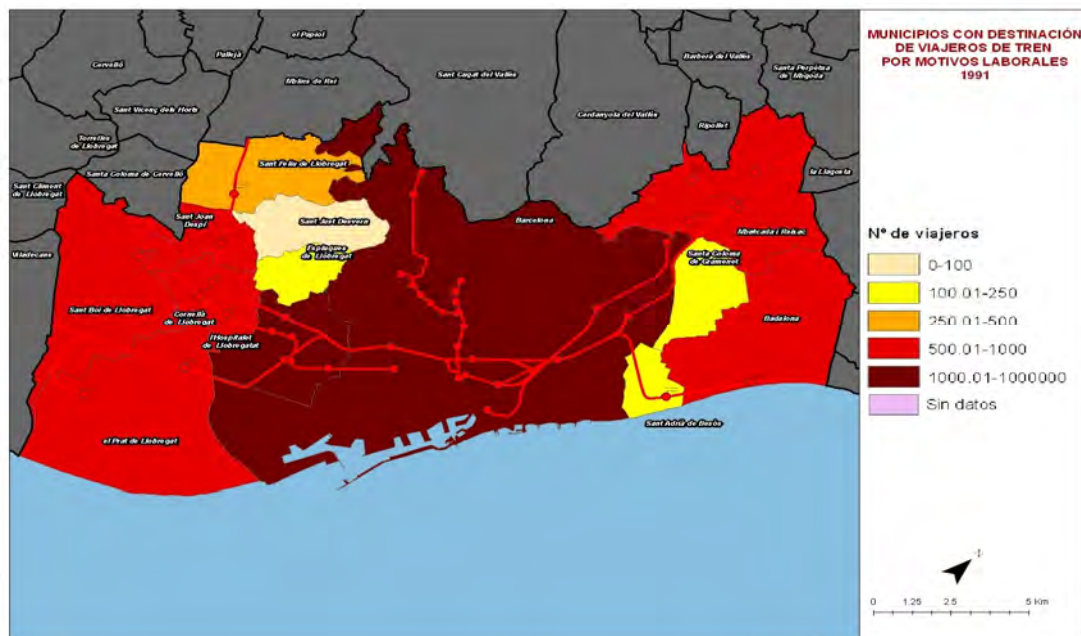
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.30. Municipios con origen de viajeros de tren por motivos laborales, 1991



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.32. Municipios con destino de viajeros de tren por motivos laborales, 1991

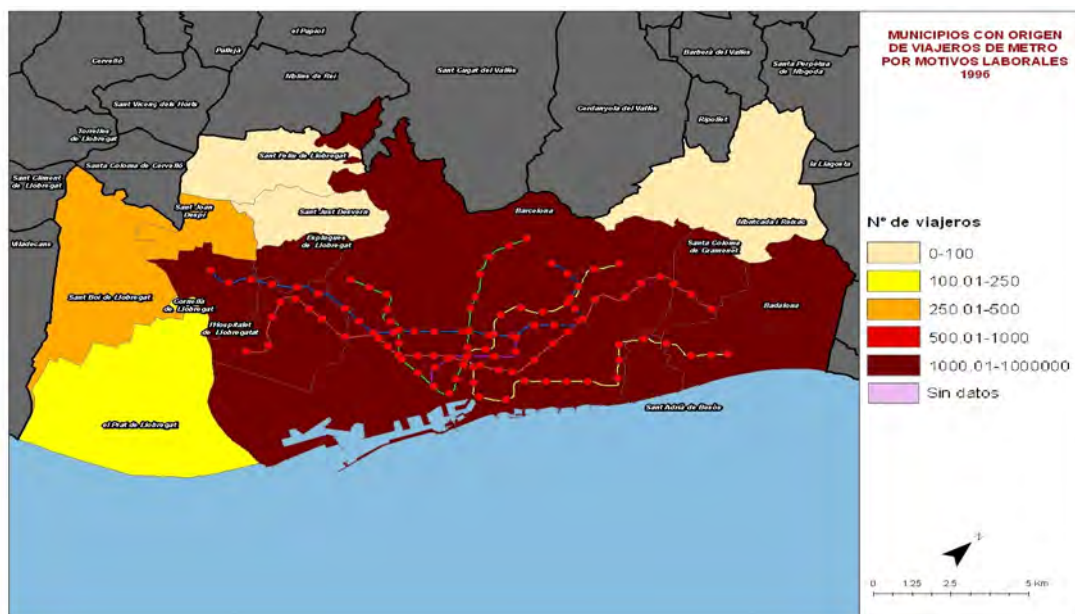


Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

En la encuesta de movilidad obligada de 1996 (figuras 4.33, 4.34, 4.35 y 4.36) los desplazamientos en tren, tanto los motivados por estudio como por trabajo, tenían un ámbito de origen que abarcaba todo el continuo urbano. Esto ocurría especialmente en los desplazamientos laborales, aunque la destinación era

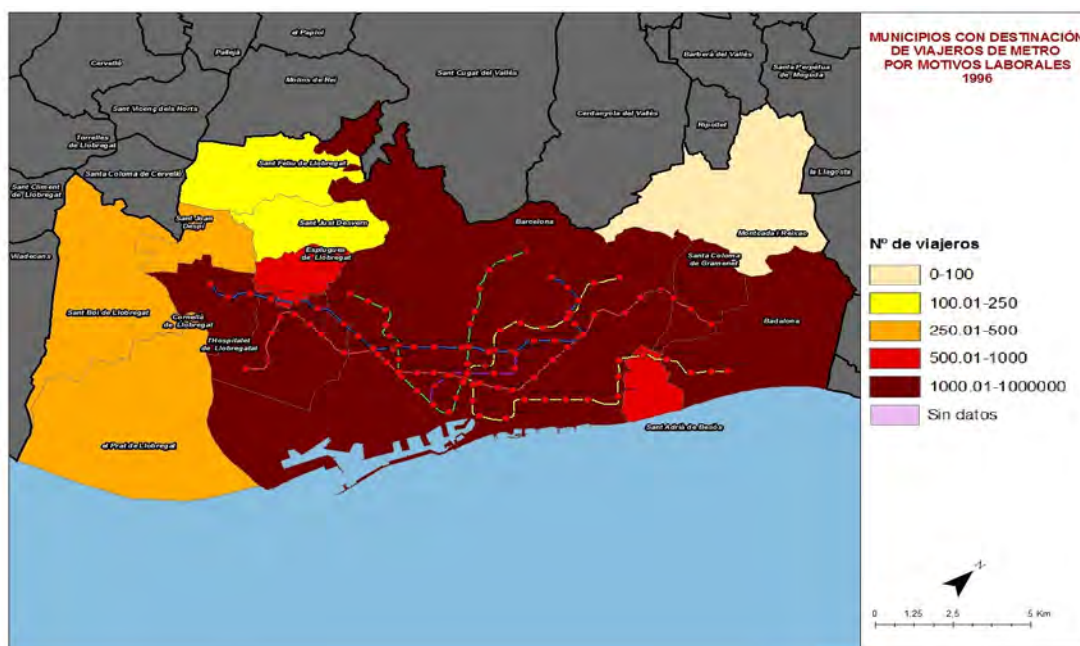
mayoritariamente Barcelona y l'Hospitalet de Llobregat. En los desplazamientos en metro, el origen comprendía el área urbana existente entre Badalona y l'Hospitalet de Llobregat, mientras que el destino solía ser Barcelona y l'Hospitalet de Llobregat, relegando a Badalona a un segundo término.

Figura 4.33. Municipios con origen de viajeros de metro por motivos laborales, 1996



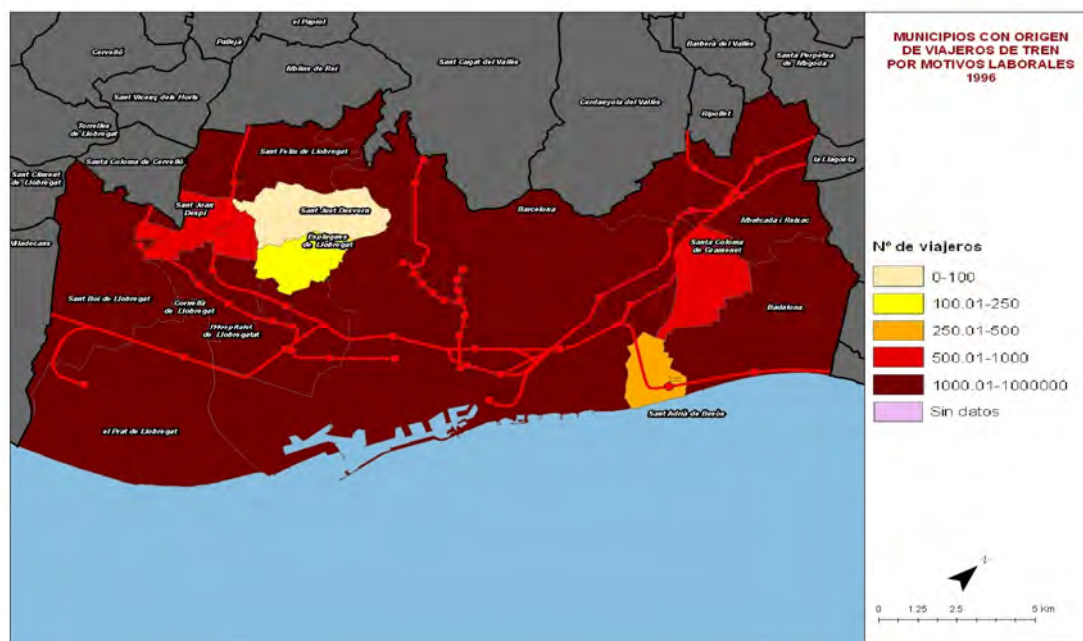
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.34. Municipios con destino de viajeros de metro por motivos laborales, 1996



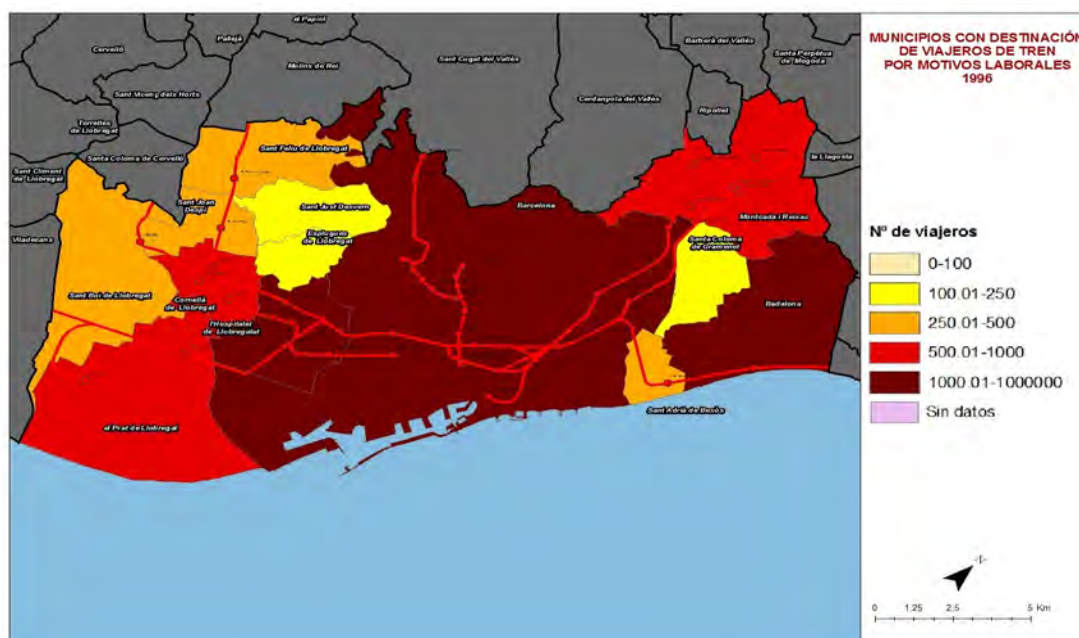
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.35. Municipios con origen de viajeros de tren por motivos laborales, 1996



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

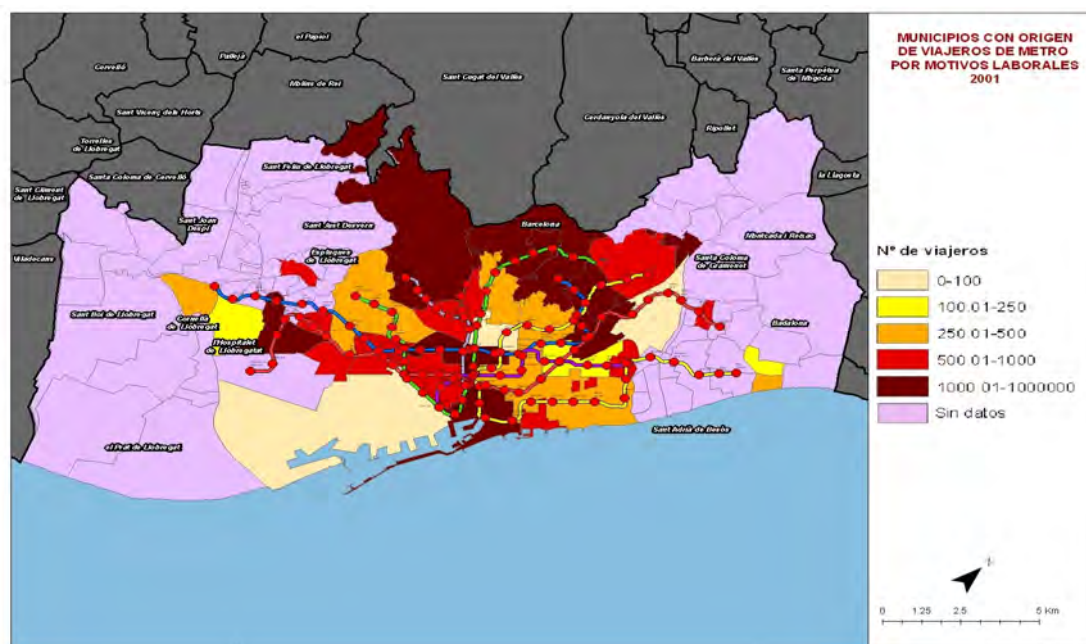
Figura 4.36. Municipios con destino de viajeros de tren por motivos laborales, 1996



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

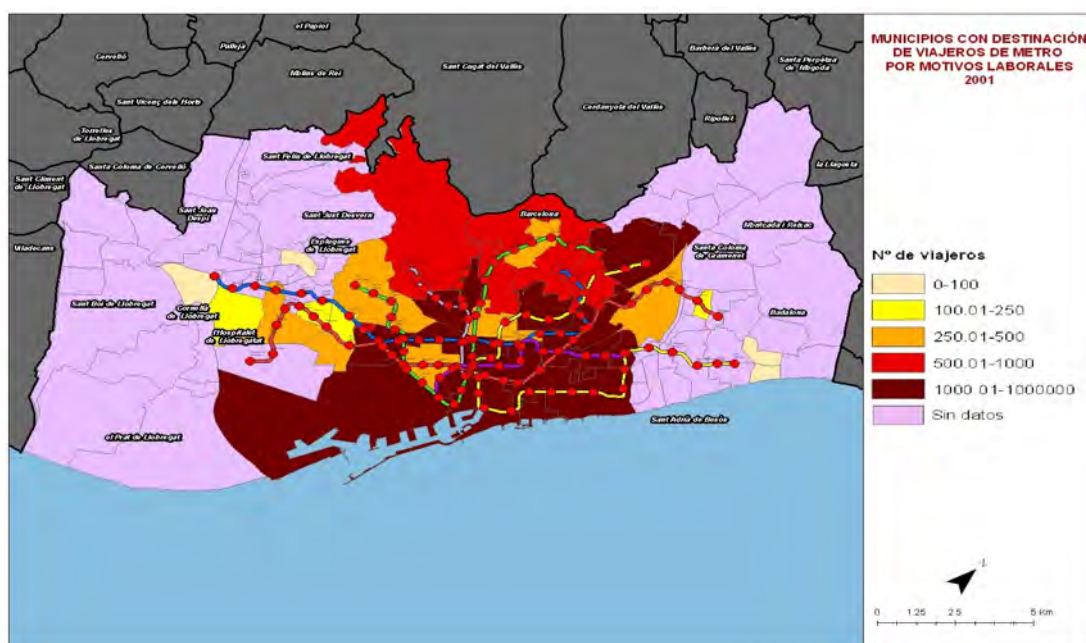
Por último, en el año 2001 (figuras 4.37, 4.38, 4.39 y 4.40) se confeccionó una encuesta de movilidad obligada que analizaba la movilidad a una escala superior a la de la sección censal pero menor que la del distrito. Esto permitía un análisis más pormenorizado, aunque la encuesta se centraba básicamente en Barcelona y apenas había representación del resto del área metropolitana, si exceptuamos a l'Hospitalet de Llobregat. Aparte de una mayor concreción territorial, la encuesta poseía un mayor grado de detalle en cuanto al segmento social analizado. Si se analizan los viajes totales en origen, por motivo de estudio, realizados por personas de menos de 16 años y por personas de más de 16 años, se observa que el segmento norte y central de Barcelona aglutinaba la mayor parte de dichos desplazamientos. El destino de los trayectos era diverso. En cuanto a los estudiantes de menos de 16 años, los destinos se localizaban fundamentalmente en el norte, noreste y sureste de Barcelona y en el centro de l'Hospitalet de Llobregat. En cuanto a los estudiantes de más de 16 años, el destino permanecía más o menos inalterable, aunque los valores medios y bajos variaban respecto a los estudiantes de menos de 16 años. No existía prácticamente ninguna sección censal de Barcelona que poseyese valores relativos a los desplazamientos en tren, por motivos de estudio, en las personas menores de 16 años. Únicamente en los desplazamientos de destinación que usaban el tren, realizados por motivos de estudio, por las personas mayores de 16 años, se podía apreciar la existencia de secciones en el centro-norte y sureste de Barcelona. Los menores de 16 años tenían acceso a centros de educación primaria y secundaria, que solían ubicarse cerca de su domicilio habitual, por lo que no precisaban del tren para llegar a su destino. Las personas mayores de 16 años solían tener acceso a la universidad y para ello podían coger el tren si era preciso, ya que los centros universitarios se ubicaban en emplazamientos muy determinados y bien interconectados con las redes de transporte público. El hecho de que, internamente, en Barcelona, no existiesen casos de encuestados que en origen cogiesen el tren para ir a la universidad, se explica por el hecho de que las universidades están plenamente conectadas con la red de metro. Sin embargo, la presencia de casos de estudiantes cuyo destino eran las universidades indica que dichos estudiantes provenían de fuera del municipio de Barcelona. La encuesta indica además que los menores de 16 años no precisaban del metro para llegar a sus centros de estudio, posiblemente por la cercanía a los hogares que poseían los centros de educación primaria y secundaria. Los mayores de 16 años se desplazaban homogéneamente en metro, pero, según la encuesta, tenían como destino el sureste y norte de Barcelona y el centro de l'Hospitalet de Llobregat. Los desplazamientos por motivos laborales se distribuían homogéneamente por toda Barcelona, tanto en su origen como en su destinación. Las secciones barcelonesas con origen de desplazamientos en tren tenían valores bajos en general, pero la destinación es intensa en la mitad derecha del ensanche, principalmente, y en la Zona Franca. Las secciones con mayor incidencia de trayectos con motivo laboral tenían su origen en el norte y el centro de Barcelona y su destinación en el centro y sur.

Figura 4.37. Municipios con origen de viajeros de metro por motivos laborales, 2001



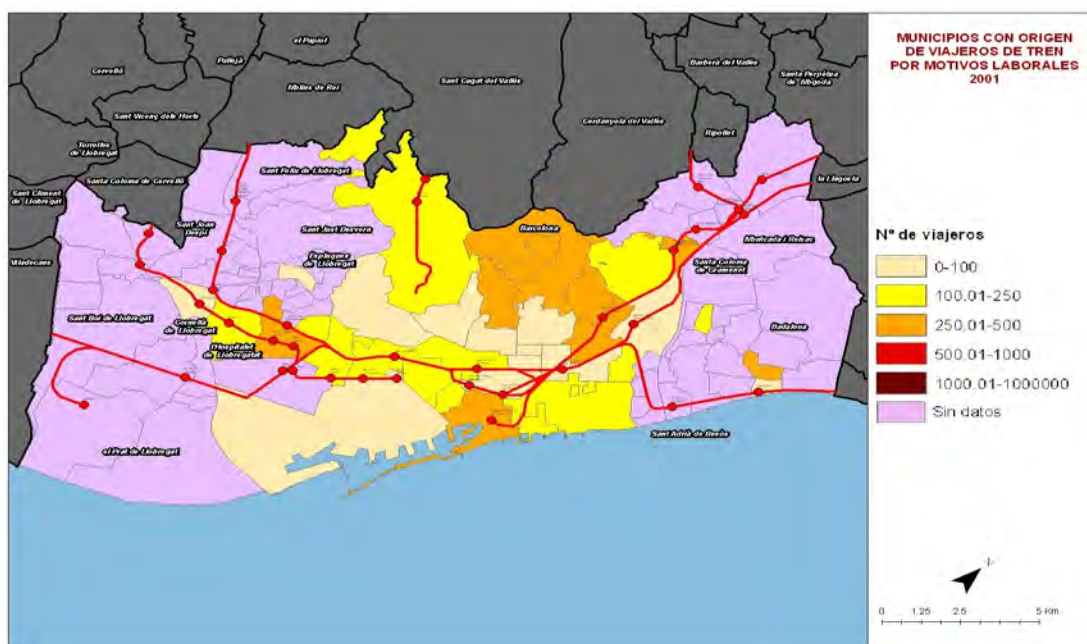
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.38. Municipios con destino de viajeros de metro por motivos laborales, 2001



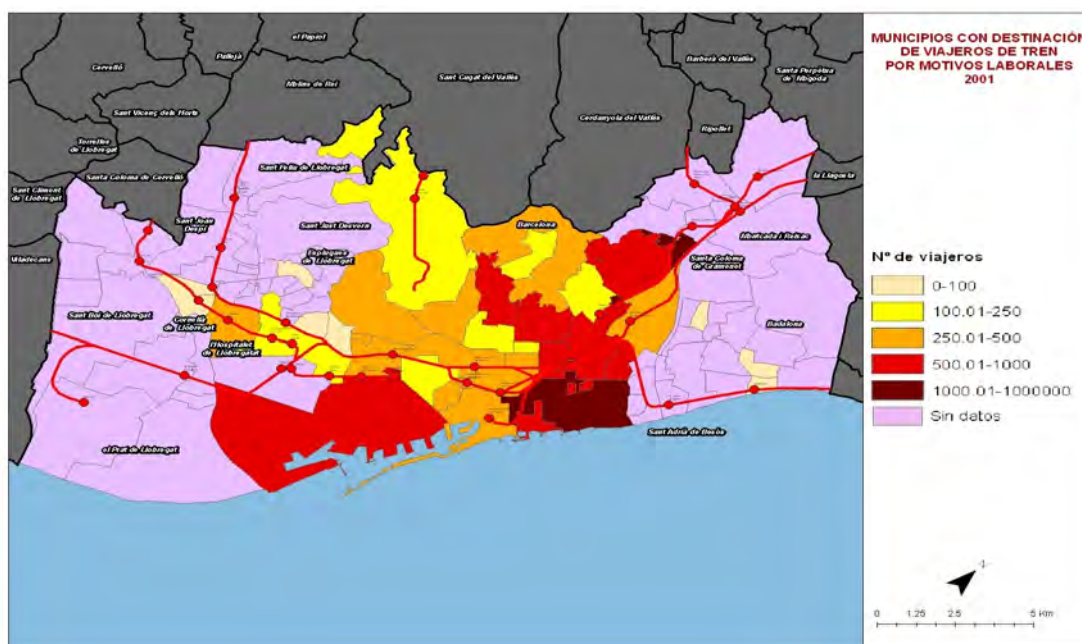
Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.39. Municipios con origen de viajeros de tren por motivos laborales, 2001



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.40. Municipios con destino de viajeros de tren por motivos laborales, 2001



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

En general, la mayoría de las encuestas de movilidad obligada indican que Barcelona es el gran motor que impulsa los trayectos tanto de origen como de destino, en toda el área metropolitana. Su gran peso demográfico y su centralidad

explican este hecho, ya que grandes contingentes de población habitan en el municipio barcelonés y las empresas y servicios se han ubicado preferentemente en él. Si el motivo del desplazamiento es el estudio entonces la preponderancia de Barcelona es aún mayor, ya que los desplazamientos por motivo de trabajo están algo más distribuidos, debido a la implantación de industrias en el llamado cinturón rojo que rodea a Barcelona. Se trata de una orla de municipios con gran población obrera en donde la industria posee un fuerte peso en la productividad. Si el modo escogido de viaje es el metro, el espectro se reduce aún más puesto que la red de metro ha permanecido mayoritariamente dentro de los límites del municipio barcelonés hasta fechas recientes, en las que ha apostado claramente por su expansión por todo el continuo urbano.

4.2.2. Encuestas de movilidad cotidiana

Las encuestas de movilidad cotidiana nacen por la imperiosa necesidad de conocer las motivaciones que impulsaban la realización de determinados trayectos, según la tipología social del individuo en cuestión. Los viajes por motivo de estudio y de trabajo no podían explicar por sí mismos la multitud de desplazamientos que se realizaban a diario y por ello había que añadir nuevas variables que pudiesen clarificar cuáles debían ser los factores que debían tenerse en cuenta a la hora de planificar una infraestructura o ampliar una ya existente.

La primera encuesta de movilidad cotidiana que se realizó en Barcelona es la Enquesta de Mobilitat Quotidiana de 1996. En esta encuesta se pudo observar cómo, entre el Barcelonès y el Baix Llobregat, había 2.2 millones de desplazamientos semanales, mientras que entre el Barcelonès y el Vallès Occidental había 1.2 millones de desplazamientos semanales. El transporte privado representaba un 35 por ciento, mientras que el transporte público representaba un 31 por ciento, y los desplazamientos a pie un 34 por ciento. El modo de transporte público más utilizado era el metro, con una cuota de casi el 15 por ciento. Del total de viajes, los realizados en Renfe suponían un 2,34 por ciento, en F.G.C. un 1,65 por ciento, en metro un 14,29 por ciento y a pie más de un 30 por ciento. De los 41,5 millones de desplazamientos, el 51 por ciento eran realizados por hombres y el 49 % eran realizados por mujeres. La movilidad obligada estaba realizada por los hombres en un 60 por ciento y por mujeres en un 40 por ciento, mientras que la movilidad no obligada estaba realizada por hombres en un 41 por ciento y por mujeres en un 59 por ciento. Teniendo en cuenta la edad, la población con edad comprendida entre 20 y 29 años representaba un 23 por ciento del total de los viajes, la población con edad comprendida entre 30 y 44 años representaba un 28 por ciento y la población de 45 a 64 años representaba un 24 por ciento del total de los desplazamientos. Los principales lugares de transbordo eran el eje Plaza Cataluña-Plaza Universitat, la Plaza España, Sants Estació, el eje Provença-Balme-Passeig de Gràcia, Vall d'Hebron, Passeig de Gràcia (entre Consell de Cent i Diputació), Sagrera, Fabra i Puig, Plaça Urquinaona y Sarrià. Las horas punta eran las siguientes. De 7 a 9 horas (lo cual está relacionado con la entrada de trabajo y estudios) se realizaban

casi 6,5 millones de desplazamientos semanales (un 16 por ciento), mientras que de 13 a 15 horas había 6,8 millones de viajes (17 por ciento). La distancia de los desplazamientos por motivos obligados (trabajo y estudio) era significativamente más elevada (7,3 km de media por desplazamiento) que la distancia en los desplazamientos por motivos no obligados (compras, ocio...). De hecho, casi el 80 por ciento de los desplazamientos de la movilidad obligada tenían una distancia inferior a los 10 km. Por otra parte, el 88 por ciento de los desplazamientos de la movilidad no obligada tenían una distancia inferior a 10 km. La media de tiempo invertido en el primer desplazamiento diario por movilidad obligada era de 24 minutos, mientras que la media de tiempo del primer desplazamiento diario por movilidad no obligada era de 30 minutos. Hay que decir al respecto de esta última cifra que también estaba considerada en el cálculo, la movilidad no obligada de los días festivos de la semana. Se puede concluir que existía un reparto bastante equilibrado entre movilidad obligada y movilidad por motivos cotidianos. En esta última movilidad se invertía un mayor número de tiempo en el desplazamiento y eran mayoritariamente las mujeres las que realizaban más viajes por dichos motivos. La edad no parece tener un sesgo de especial relevancia a la hora de realizar un trayecto, pero el área sobre el que se realizaban las travesías sí. Por otra parte, las estaciones principales se localizan en un área concreta de Barcelona, desde Cataluña a Diagonal y de Sants Estació a Sagrada Família. Estas estaciones articulaban buena parte de los movimientos de la población. Esta encuesta de movilidad proporcionó datos más concretos que los realizados por las encuestas de movilidad obligada, las cuales proporcionaban fundamentalmente un análisis espacial, en contraposición con las encuestas de movilidad cotidiana que proporcionaban, además, un análisis social pormenorizado.

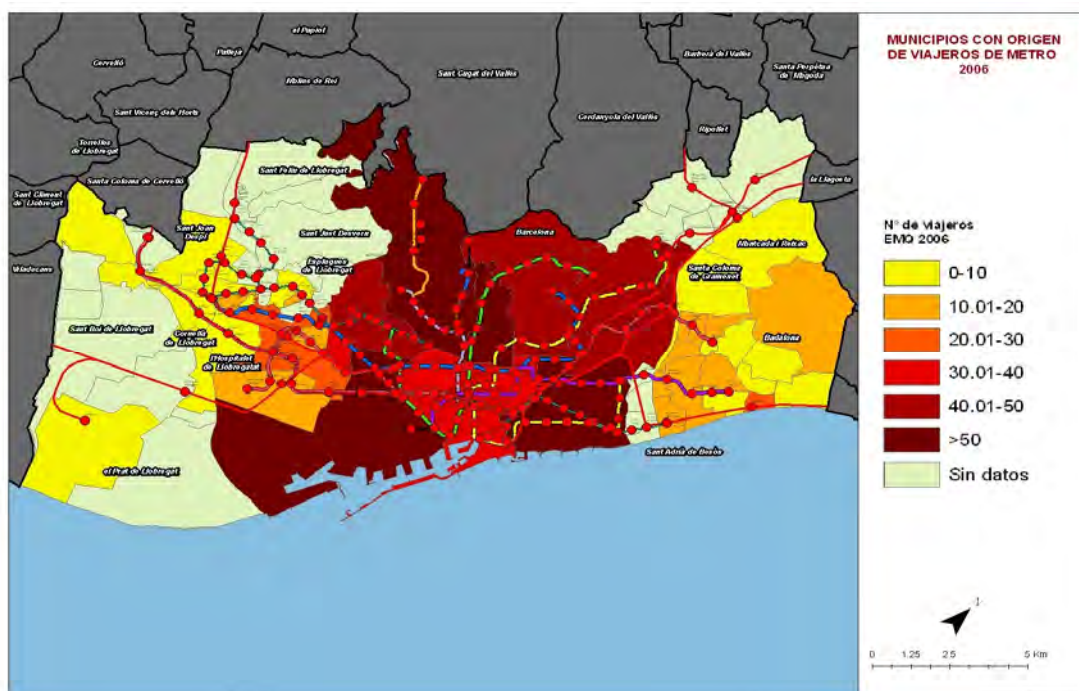
Cinco años más tarde se confeccionó la Enquesta de Mobilitat Quotidiana de 2001, en la que la mayoría de los desplazamientos de conexión se realizaron en l'Hospitalet de Llobregat, el Baix Llobregat y el Vallés Occidental. La mayoría de los desplazamientos estuvieron motivados por la movilidad obligada, el trabajo y el retorno a casa. Sin embargo, los desplazamientos motivados por la movilidad no obligada, las visitas, las compras y los desplazamientos por motivos de diversión representaron un porcentaje considerable del total. La mitad de los encuestados utilizó el transporte público, siendo el metro y, en menor medida, el autobús, los medios de desplazamiento más populares. La otra mitad de los desplazamientos se realizaron a partes iguales entre el transporte privado y los desplazamientos a pie. Además, la mayoría de los transportes eran unimodales y el desplazamiento era interno. El Barcelonés, el Baix Llobregat y el Vallés Occidental eran los destinos más usuales. Las mujeres realizaban una mayor movilidad no obligada y los hombres usaban en mayor medida el vehículo privado. Los encuestados indicaron que iban en coche por su comodidad y por el fácil aparcamiento. Hasta los 65 años el motivo de desplazamiento más usual era el de la vuelta a casa, mientras que a partir de esa edad era más frecuente que los desplazamientos tuviesen como motivación la movilidad no obligatoria. Hasta los 15 años eran frecuentes los trayectos a pie y a partir de esa edad lo frecuente

era desplazarse en transporte privado. Los estudiantes y ocupados solían desplazarse para volver a casa, mientras que los parados, los jubilados y las personas que se dedicaban a las tareas del hogar dividían sus desplazamientos entre volver a casa y la movilidad no obligatoria. Los estudiantes, los jubilados y las personas que se dedicaban a las tareas del hogar realizaban los desplazamientos a pie, mientras que los parados y los trabajadores solían utilizar el transporte público. En esta encuesta se produjeron cambios de gran calado. Primeramente, el factor espacial sufrió un cambio profundo, ya que se incorporaba al estudio, espacios de ámbito inframunicipal, lo que permitió analizar más al detalle las áreas de mayor movilidad interna de Barcelona. A este cambio espacial le siguió una mayor concreción en el análisis de las variables sociodemográficas de la población. Se revelaron hechos como que la población más joven transitaba principalmente en transporte público, la adulta en transporte privado y la vieja a pie. Se pudo comprobar cómo la motivación, la edad y el sexo jugaban un papel fundamental en los desplazamientos. Se pudieron identificar áreas de mayor y menor movilidad y asociarlas a un estrato social determinado. También se pudieron hacer previsiones sobre la movilidad en función de las previsiones sobre la evolución demográfica.

Posteriormente se confeccionó la encuesta de movilidad cotidiana de 2006 (figuras 4.41, 4.42, 4.43 y 4.44) que reveló que existía una mayor proporción de desplazamientos por motivos personales que por motivos ocupacionales, a pesar de que la mayoría de los encuestados eran personas ocupadas (la mayoría estaba ocupada por cuenta ajena, en el sector servicios). A pesar de que había un porcentaje significativo de personas con estudios universitarios, la mayoría poseía estudios primarios o secundarios. El rango de edad predominante era el de adultos, entre 16 y 64 años y las mujeres tenían mayor presencia que los hombres, lo que indicaba una mayor predisposición de éstas a la realización de las encuestas. La mayoría de los encuestados poseía un sueldo de entre 1.000 y 2.000 euros, es decir, pertenecían a la clase media, aunque también era significativo el número de personas que percibían menos de 1.000 euros mensuales, al igual que los que percibían de 2.000 a 3.000 euros. Más allá de 3.000 euros mensuales la cifra de encuestados descendía estrepitosamente. Los viajes con una duración máxima de media hora eran los más numerosos. A partir de una hora de duración, el número de desplazamientos caía en picado. Esta encuesta, al igual que la anterior, poseía la característica de tener una escala de análisis territorial cercana a la de la sección censal, aunque, en este caso, el análisis abarcó toda el área metropolitana. Los desplazamientos con origen y destino, efectuados en F.G.C. y Renfe, poseían una distribución territorial homogénea a lo largo de toda el área metropolitana. Los desplazamientos en metro ligero tenían su origen en las secciones censales inmediatamente más próximas a la infraestructura, pero, sin embargo, su destinación era mucho más amplia, abarcando municipios y secciones censales por las que el metro ligero no transitaba. Esto significaba que había una parte de la población que no disponía en las inmediaciones de su domicilio de ningún medio de transporte de infraestructura fija y aun así estaba dispuesta a desplazarse en este medio, pese a

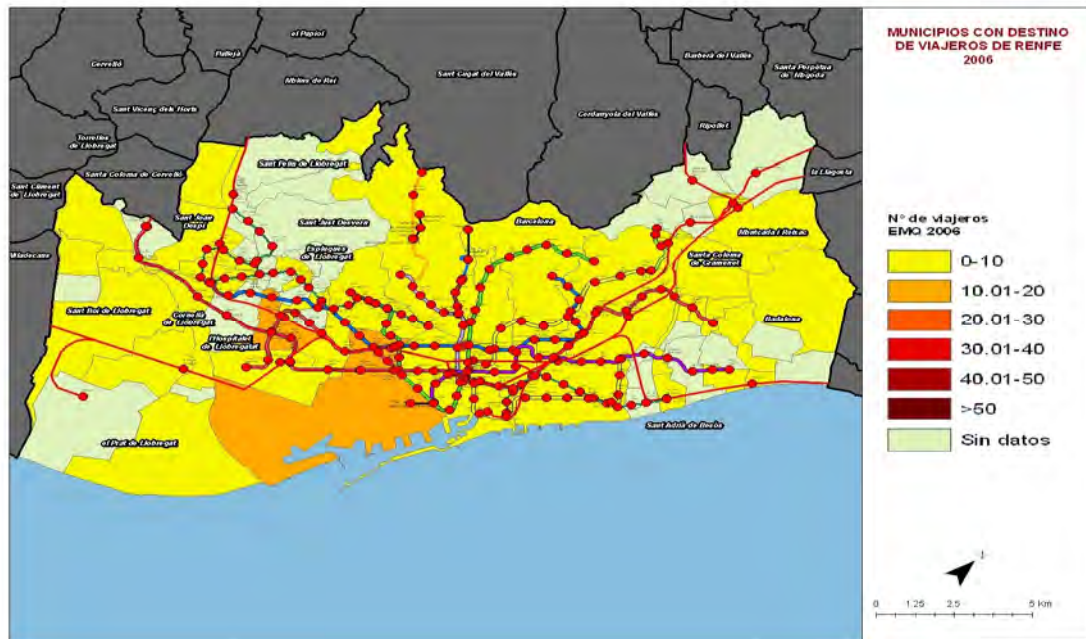
que el desplazamiento hasta el mismo era, en sí mismo, un coste añadido. Esta encuesta posibilita que, en un futuro, puedan estudiarse las áreas no provistas de medios de transporte ferro-viarios pero que poseen una fuerte demanda de este tipo de transporte. Ello podría posibilitar la instalación de dichas redes de transporte en esas áreas. Por otra parte, el metro presentaba una mayor complejidad en sus desplazamientos que los analizados en el metro ligero. El origen de los desplazamientos se encontraba fundamentalmente en Barcelona, aunque en Ciutat Vella la asiduidad de los desplazamientos era menor. L'Hospitalet-Cornellà y Badalona-Santa Coloma, eran en menor medida, focos importantes del origen de los desplazamientos en metro. El destino de los desplazamientos en metro era más diverso. Barcelona seguía siendo el principal foco de los destinos, aunque se producía una relativa dispersión y cierta homogeneización en los desplazamientos. En esta encuesta se dio un paso más allá, en cuanto a la concreción del análisis. El análisis de la movilidad aún no se realizó a la escala de la sección censal, pero el grado de definición espacial era admirable. Aparte de realizar un exhaustivo análisis en el que se tenían en cuenta la edad, el sexo y el motivo de desplazamiento, en esta ocasión se añadió la situación salarial del individuo, para, de esta forma, analizar de forma más precisa la composición de la movilidad en Barcelona.

Figura 4.41. Municipios con origen de viajeros de metro, 2006



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Figura 4.44. Municipios con destino de viajeros de tren, 2006



Fuente: elaboración propia a partir de datos de A.T.M., T.M.B. y Generalitat de Catalunya.

Más tarde surgió otro estudio, la Enquesta de mobilitat i Transport de 2007, que indicaba que los principales flujos de movilidad eran Barcelona-L'Hospitalet con 276.482 pasajeros, Barcelona-Badalona con 153.801 pasajeros, Barcelona-Santa Coloma con 97.637 pasajeros y Barcelona-Cornellà con 65.064 pasajeros. De 7,35 millones de desplazamientos totales, 6,03 eran desplazamientos internos, dentro del área de T.M.B. Los desplazamientos en el área de T.M.B. según el motivo eran, de un total de 7,35 millones, los siguientes: 3,3 millones (45 por ciento) representaban la vuelta a casa, 1,88 millones (25,5 por ciento) representaban la movilidad obligada y 2,17 millones (29,5 por ciento) representaban la movilidad no obligada. En este caso, la movilidad no obligada representaba un porcentaje superior a la obligada. Al haber realizado la distinción entre la vuelta a casa y la movilidad obligada, se llegó a la conclusión de que, en dicho estudio, los motivos de los desplazamientos obedecían a variables más complejas que las relacionadas con el trabajo y el estudio. Pormenorizando el análisis, se observó cómo, de esos 7,35 millones de desplazamientos, un 38,2 por ciento eran desplazamientos no mecanizados (2,81 millones), un 34,2 por ciento se realizaban en transporte público y un 27,6 por ciento se realizaban en vehículo privado. El 55,4 por ciento de los desplazamientos mecanizados, con incidencia en el área de actuación de T.M.B., se realizaban en transporte público. La cuota de mercado del transporte público sobre los desplazamientos mecanizados, para los 11 municipios del área de actuación de T.M.B. eran los siguientes: Barcelona (60,8 por ciento de cuota total), L'Hospitalet de Llobregat (56 por ciento de cuota total), Santa Coloma de Gramenet (51,4 por ciento de cuota total), Sant Adrià del Besòs (50 por ciento de cuota total), Esplugues de Llobregat (43,1 por ciento de cuota total), Cornellà de Llobregat (43 por ciento de cuota total),

Badalona (42,5 por ciento de cuota total), Sant Joan Despí (30,1 por ciento de cuota total), Sant Just Desvern (29,4 por ciento de cuota total), Montcada i Reixac (28,4 por ciento de cuota total) y El Prat de Llobregat (27,4 por ciento de cuota total). Se puede ver claramente cómo los municipios mejor integrados en la red de metro disponían de una mayor cuota de uso del transporte público. Dentro de Barcelona, los mejores resultados se obtenían en el área central y los peores en el distrito de Sarriá, en el ámbito de la Zona Franca y en Bon Pastor.

Analizando la participación del metro en el total de los pasajeros transportados se obtuvieron los siguientes datos en esta encuesta de movilidad. Si se tenían en cuenta los desplazamientos internos en el área de T.M.B. y, dentro de esta categoría, a los desplazamientos internos en Barcelona, el 52 por ciento de los trayectos se realizaban en metro (690.534 pasajeros), mientras que los desplazamientos entre Barcelona y el resto de T.M.B. era del 25,6 por ciento (320.226 pasajeros). Los desplazamientos realizados en el área de T.M.B., fuera de Barcelona, efectuados en metro, representaban un 4,1 por ciento del total. En total, los desplazamientos internos, en el área de T.M.B., realizaban el 85 por ciento de los desplazamientos en metro. Hay que tener en cuenta que los desplazamientos en metro fuera del área de T.M.B. eran escasos, apenas un 15 por ciento del total. Está claro que el peso que tenía Barcelona en cuanto a los desplazamientos en metro resultaba avasallador, debido al alto porcentaje del total de la red de metro que se hallaba inserta dentro del municipio barcelonés. Si se analizaban los desplazamientos en metro, según el tipo de motivo, se obtuvieron los siguientes resultados. La movilidad obligada representaba un 36,7 por ciento, mientras que la movilidad no obligada representaba un 19,3 por ciento y la vuelta a casa un 43,9 por ciento del total. La valoración media que los usuarios daban al sistema metro era de 7,2 sobre 10. La distribución por edad de los usuarios de metro era la siguiente: de 16 a 24 años eran un 21,1 por ciento, de 25 a 34 años eran un 25,8 por ciento, de 35 a 44 años eran un 18,4 por ciento, de 45 a 54 años eran un 14,3 por ciento, de 55 a 64 años eran un 11,2 por ciento, de 65 a 74 años eran un 6,3 por ciento y de 75 y más años eran un 2,9 por ciento. La edad media era de 39 años. Por otra parte, la distribución según la situación laboral de los clientes de metro era la siguiente: los estudiantes representaban el 15,3 por ciento, las personas dedicadas a las tareas del hogar, un 3,5 por ciento, los jubilados, un 12 por ciento, los activos ocupados, un 64,4 por ciento y en la categoría “otros” se englobaba al 4,7 por ciento del total. A mayor edad, menor era el uso del metro, ya sea porque se primaba el desplazamiento en vehículo privado para los activos ocupados o porque se primaban los desplazamientos a pie en las personas de edad más avanzada. Sin embargo, la mayoría de viajeros usaba el metro, un medio eficaz y rápido, para sus desplazamientos obligados, es decir, aquellos desplazamientos frecuentes que precisaban de puntualidad en el tiempo de llegada, así como un precio asequible. Al estar la mayoría de puestos de trabajo y centros de educación radicados en Barcelona es lógico que la mayoría de desplazamientos considerados obligatorios se centrasen más en dicho municipio. La red de metro, fundamentalmente barcelonesa, era un reflejo de ese hecho.

Posteriormente se confeccionaron las encuestas EMEF. Según la encuesta EMEF del año 2008, el total de desplazamientos no motorizados fue de más de 6

millones, mientras que los realizados en transporte público fueron de 3,5 millones y en transporte privado fueron de más de 5 millones. Según la encuesta de valoración, ir a pie, en moto o en coche se valoraba como lo más positivo e ir en bus o en RENFE como lo más negativo.

En la EMEF de 2009 se mantenía la cuota de transporte público y privado, pero aumentó hasta más de 7 millones los desplazamientos no motorizados. La encuesta de valoración se mantuvo casi inalterable.

En la EMEF de 2010 los medios no motorizados casi alcanzaron los 9 millones de desplazamientos y la encuesta de valoración se mantuvo igual.

En la EMEF de 2011 los medios no motorizados superaron los 9 millones de desplazamientos y la encuesta de valoración siguió manteniéndose igual.

En la EMEF de 2012, los indicadores se mantuvieron estables, lo que indica que la valoración de los ciudadanos y la utilización de los transportes públicos y privados se mantienen constantes en el tiempo.

Como conclusiones generales se puede afirmar que la mayoría de las encuestas de movilidad, tanto las de movilidad obligada como las de movilidad no obligada, indican que Barcelona es el gran centro impulsor de los trayectos, tanto de origen como de destino, en toda el área metropolitana. Posee un gran peso demográfico y una estratégica centralidad que explican este hecho, ya que grandes cantidades de población habitan en el municipio barcelonés y las empresas y servicios se han ubicado preponderantemente en él. Si el motivo del desplazamiento es el estudio, entonces la presencia de Barcelona es aún mayor, ya que los desplazamientos por motivo de trabajo están algo más distribuidos debido a la implantación de industrias en los municipios del, llamado, cinturón rojo que rodea a Barcelona. Si el modo escogido de viaje es el metro, la distribución se reduce aún más puesto que la red de metro se circunscribe mayormente al municipio barcelonés, aunque actualmente se intenta impulsar su desarrollo por todo el continuo urbano.

5. CONCLUSIONES FINALES

Las conclusiones generales que se pueden extraer en este libro son las siguientes. Primeramente, es necesario realizar una revisión de la historia ferro-viaria de Barcelona. Hay que tener en cuenta que los diferentes sistemas de transporte ferro-viario han tenido una importancia capital en la estructuración urbana y social de la aglomeración barcelonesa. El ferrocarril ha conectado y vertebrado grandes áreas territoriales y ha diseñado los ejes de desarrollo primordiales a nivel intraurbano, definiendo un centro neurálgico en torno a Plaza Cataluña y al Paseo de Gracia (la alta velocidad implantada recientemente, mantiene este esquema y agranda el área de influencia de Barcelona a toda Catalunya). El tranvía, por su parte, comenzó su andadura siendo un medio de transporte interurbano y periurbano para, posteriormente, convertirse en un medio de transporte eminentemente urbano. Su red alcanzó cotas de densidad nunca antes ni después alcanzadas por ninguna red ferro-viaria en la ciudad. Su desmantelamiento a mediados de los 60 del siglo XX fue abrupta y quizá poco planificada. A día de hoy, muchas áreas anteriormente servidas por este medio de transporte siguen hoy en día desabastecidas de un medio de transporte de infraestructura fija. El metro, su más inmediato sucesor (junto con el autobús), tuvo unos inicios irregulares. El costo de la infraestructura y la guerra civil provocaron que se tardase décadas en impulsar este medio de transporte, que actualmente resulta indispensable en la movilidad cotidiana de los habitantes de Barcelona. Tanto es así, que los planes de actuación territorial han promovido y planificado la expansión de dicho medio de forma espectacular. A principios del siglo XXI se implantó la red de metro ligero, un sistema híbrido entre el tranvía y el metro convencional, que posee una mayor versatilidad en su instalación y unos costos de implantación menores que el metro convencional. Esta red de metro ligero, permite proveer de conectividad a áreas que no poseen la suficiente densidad poblacional para la implantación de un sistema de metro convencional y también se suele usar para enlazar áreas urbanas escasamente vertebradas entre sí. Estos medios de transporte ferro-viarios tuvieron una fuerte incidencia en la accesibilidad, la movilidad y las transformaciones socioespaciales de Barcelona.

Este libro indaga en la relación existente entre la red ferro-viaria y la conformación urbana de Barcelona. Existe una clara relación entre la distribución de los equipamientos y la red ferro-viaria. En el área central de Barcelona es donde se suelen aglomerar los equipamientos. También las áreas centrales de los municipios periféricos del área metropolitana de Barcelona albergan una buena cantidad de equipamientos. Esta pauta de localización en las áreas centrales de los espacios urbanos es compartida por las infraestructuras de transporte. Las áreas centrales de las principales áreas urbanas son aquellas que son más accesibles a la mayoría de la población, debido a su alto grado de centralidad. Tanto las infraestructuras ferro-viarias, como los equipamientos, tienden a situarse en estas áreas. Se trata, por tanto, de una cuestión relacionada con la localización coincidente. Este hecho a su vez corrobora la teoría que afirma que el desarrollo urbano y el crecimiento de las infraestructuras de transporte están

imbricados. De hecho, la ampliación de las redes ferro-viarias previstas en el año más allá de 2020, se ha planificado teniendo en cuenta la ubicación de los equipamientos, especialmente aquellos presentes en la periferia del área metropolitana barcelonesa. En este caso, son las infraestructuras de transporte las que han planificado su estructura en función de los equipamientos. Por otra parte, el análisis de los centroides correspondientes al área urbana de Barcelona y al área de cobertura de las estaciones de la red ferro-viaria existente en cada momento histórico, constata que se ha producido un proceso paralelo entre la expansión urbana y la expansión de las redes ferro-viarias. La época de mayor disparidad entre el área urbana barcelonesa y la red ferro-viaria es la correspondiente a la Guerra Civil y a la posguerra. Este hecho es debido a que, en esa época, la falta de presupuesto disponible impidió la inversión en materia de infraestructuras. Sin embargo, actualmente, los planes de ampliación de la red tienen en consideración la estructura urbana de Barcelona. Actualmente, se ha proyectado una ampliación de la red ferro-viaria, muy ambiciosa, en la que se prolongan la práctica totalidad de las líneas, por todo el continuo urbano de Barcelona. Esto es posible debido a que la expansión urbana está bastante estabilizada en torno a los 150 km². Se ha completado la colmatación del llano barcelonés y los condicionantes topográficos impiden en gran medida la ampliación urbana. Por ello, al existir un área urbana muy bien definida y delimitada, las infraestructuras pueden conformar un auténtico esqueleto que cruce toda el área de forma eficiente. Se ha constatado cómo históricamente, los centroides de las áreas urbanas y las áreas de cobertura de las estaciones analizadas se han mantenido a una distancia de entre 700 a 1.200 metros. Al realizar un análisis técnico del conjunto de la red, se advierte el creciente aumento de las líneas y redes de transporte, su interrelación, cada vez más acusada, y una mayor densificación y conectividad del sistema ferro-viario. Los índices de fractalidad, de densidad de redes y el índice beta de Kanski atestiguan este hecho. Estos datos corroboran la evolución conjunta de la red ferro-viaria y el espacio urbano de Barcelona.

Por último, es importante constatar que existe una clara vinculación entre precio de la vivienda y red ferro-viaria. Se han analizado diferentes períodos, entre 1950 y 1980, en los que han existido unas importantes variaciones en el precio de la vivienda. Variaciones cuantitativas y cualitativas. Las variaciones cuantitativas se produjeron porque el precio de la vivienda se multiplicó por 7 en apenas una década (entre 1960 y 1972). Las variaciones cualitativas se produjeron al modificarse los valores del precio de la vivienda, en función de las variaciones de la red ferro-viaria. En concreto, la supresión del tranvía y la ampliación del metro (1960-1978) produjo una serie de variaciones espaciales que indicaban que la estructura ferro-viaria delimitaba las áreas de mayor valor residencial de Barcelona. Se constata, por tanto, la relación entre valor de la vivienda y estructura ferro-viaria.

En cuanto al estudio de la accesibilidad de la red ferro-viaria de Barcelona, los resultados son los siguientes. La isoaccesibilidad, en el período comprendido entre 1926 y el período más allá de 2020, presenta una evolución muy significativa. En 1926, la red de metro de Barcelona era embrionaria. Hacía 2 años que se había inaugurado y no conformaba una extensa red. Esta situación se

mantuvo alrededor de 30 años, de manera casi inamovible. A medida que la red se fue haciendo más compleja y las líneas se iban interrelacionando entre ellas, la isoaccesibilidad presentaba valores elevados en una mayor porción de la red, pero, al mismo tiempo, al ser la red cada vez más amplia, los recorridos que se tardaban en recorrerla eran mayores y por lo tanto los tiempos mínimos de recorrido se ampliaban. De una red primigenia en forma de cruz (la consabida cruz fundacional N-S, O-E que suele conformarse en los inicios de una red de metro), el sistema derivó en una malla arborescente, con un amplio centro situado entre Sants-Estació y Sagrada Família y entre Diagonal y Paral·lel, cuyo núcleo estaba entre Catalunya y Paseo de Gracia. El resto de la red formaba una amplia periferia ramificada alrededor de este centro. Con ciertas variaciones, continuó este esquema hasta prácticamente nuestros días. Actualmente se han creado diversos proyectos de ampliación de las líneas, que modificarán sustancialmente la red. La L9 y L10 conformarán una línea perimetral alrededor de la red, atravesándola y conectándola profusamente, creando un sistema complejo, donde se podrá acceder a diferentes puntos del territorio por diferentes trayectos. Una mayor interconexión y transversalidad harán que, prácticamente toda Barcelona, posea los mismos valores de isoaccesibilidad. Los valores de isoaccesibilidad menores se localizarán en los municipios aledaños a esta ciudad. Si el análisis se realiza sobre todo el sistema ferro-viario conjuntamente, los resultados indican que la red ferro-viaria es mucho más tupida que la red de metro y los valores de isoaccesibilidad son más homogéneos. Sin embargo, al realizar el análisis según franjas temporales concretas (horario laboral, nocturno, festivo y medio) y, teniendo en cuenta aspectos físicos de las estaciones ferro-viarias (profundidad y ámbito de superficie que abarcan las estaciones), se advierten grandes diferencias entre los diferentes medios de transporte, sobre todo entre el metro convencional y el ligero, que divergen ampliamente en las frecuencias de paso. Se constata el hecho de que un sistema integrado e interconectado es más eficiente que un sistema radioconcéntrico o arborescente. El estudio demuestra que cuanto mayor, más compleja e interrelacionada está la red, mayor es la convergencia de los centroides (el centroide de la red y el del ámbito urbano). Esto implica un grado de cobertura altamente eficaz a partir de 2020 cuando el PDI 2010-2020 prevé que se introduzcan una serie de ampliaciones en la red. También se constata que cuanto mayor y más densa es la red ferro-viaria, menor es el área urbana proporcional que le corresponde a cada estación (calculada en 500 metros alrededor de cada estación, pero atendiendo al límite existente por la cercanía del resto de estaciones). Esto provoca que la población tenga un acceso a las estaciones más homogéneo. Una tupida red ferro-viaria tenderá a poseer valores homogéneos de usuarios potenciales, siempre y cuando la población también se distribuya por el territorio con cierta homogeneidad. Otro estudio realizado en este libro es el de la accesibilidad a un solo punto. En este caso, el punto es el centro del sistema ferro-viario barcelonés, que es Plaza Catalunya. A medida que la red es más compleja, crecen ampliamente los valores medios. No son los valores más bajos (que se muestran estacionarios) ni los valores más altos de accesibilidad (que resultan marginales) los más afectados. Son los valores temporales medios los predominantes.

Otro estudio realizado en este libro demuestra también la conveniencia de la apertura de las líneas de Gaudí y Travessera porque darían cobertura a una población urbana que actualmente está desabastecida de transportes de infraestructura fija.

Otro factor de importancia estudiado en este libro es la movilidad ferro-viaria existente en el área urbana de Barcelona. El análisis hace un especial hincapié en la red de metro. El metro tuvo una baja aceptación inicialmente y tuvo poca cantidad de pasajeros, pero, sin embargo, con la unificación de las líneas en una sola red y con la construcción de transbordos, la afluencia de pasajeros fue mayor y más homogénea por toda la red. La unificación de la red de metro fue costosa, aunque aún lo fue más la ampliación de las líneas y la creación de nuevas profundidades cada vez mayores. Por ello, a principio de los años 60, cuando la administración se hizo cargo de la red de metro, ésta tuvo que soportar los gastos derivados de este proceso de integración funcional de las líneas. La gestión pública, además, invirtió en mejorar las estaciones para habilitarlas a las personas con movilidad reducida (de hecho, entre 1995 y 2009, se multiplicó por 25 el número de estaciones habilitadas para minusválidos y, en el año 2020, esa cifra se duplicará). Sin embargo, era necesario primar la inversión y las actuaciones en las estaciones más estratégicas, las más transitadas. Según los datos extraídos, desde los años 80, las estaciones ferroviarias más transitadas se insertan en el eje Cataluña-Diagonal y en el eje Sagrada Família-Sants Estación, en donde más de 3 millones de pasajeros transitan anualmente, por cada una de las estaciones de dicho ámbito (es en esta área trapezoidal, donde se producen la mayoría de las interconexiones entre el metro y el ferrocarril). Este panorama cambiará en el año 2020 ya que la mayoría de las estaciones de la L9 poseerán gran afluencia de pasajeros debido a la enorme cantidad de interconexiones que se pretenden realizar con el resto de líneas. La previsión de dichos datos viene dada gracias a las encuestas de movilidad realizadas. Las encuestas de movilidad son estudios realizados para conocer las pautas de movilidad de un ámbito espacial determinado y permiten planificar de forma óptima las infraestructuras que se pretenden implantar, así como realizar mejoras en el servicio de las infraestructuras existentes. Son, por tanto, instrumentos necesarios para que el equilibrio entre la oferta y la demanda de transportes se mantenga convenientemente. De forma tradicional, se han tenido en cuenta dos variables a la hora de realizar encuestas de movilidad: la movilidad por motivos de trabajo y por motivos de estudio, ambas consideradas por los estudios, como movilidad obligada. A finales del siglo XX, se comenzaron a realizar encuestas de movilidad cotidiana en España y se tuvieron en cuenta otra serie de factores que motivaron los desplazamientos, como el ocio o los asuntos familiares. En general, la mayoría de las encuestas de movilidad obligada indican que Barcelona es el gran centro impulsor de los trayectos ferro-viarios, tanto de origen como de destino, en toda el área metropolitana. Barcelona posee un gran peso demográfico y una estratégica centralidad y, por ello, las empresas y servicios se han ubicado preponderantemente en ella. Si el motivo del desplazamiento es el estudio, entonces la presencia de Barcelona es aún mayor, ya que los desplazamientos por motivo de trabajo están más homogéneamente distribuidos por el área metropolitana de Barcelona, debido a la implantación de industrias en los municipios del llamado cinturón rojo, que rodea a Barcelona. Las encuestas de

movilidad cotidiana muestran cómo los desplazamientos motivados por actividades consideradas como no obligatorias van ganando terreno, especialmente en el municipio barcelonés, donde se concentran la mayor parte de los centros de ocio y consumo. Barcelona permanece como el centro principal de estudio, trabajo, ocio y compras. Es frecuente, según estas encuestas, que los jóvenes elijan desplazarse en transporte público mientras los adultos prefieren el transporte privado y los viejos se decantan por desplazarse a pie. Las mujeres suelen desplazarse por motivos no obligatorios, en una medida superior a los hombres. También se constata cómo la cantidad desplazamientos realizados está en función del poder adquisitivo del individuo. Las encuestas de movilidad obligada y no obligada, por lo tanto, son herramientas de vital importancia para conocer la manera en que se articula e interrelacionan entre sí los centros urbanos y los territorios. Profundizar en las variables y procedimientos empleados permitirá conocer de forma más exhaustiva las relaciones entre urbanismo y transporte.

La definitiva expansión de los sistemas ferro-viarios en Barcelona es signo de la madurez de la ciudad que, después de un período de expansión, ha iniciado un periodo de consolidación y de recuperación de algunas de sus áreas urbanas más degradadas, usualmente ubicadas en los municipios aledaños a Barcelona. La apuesta por los servicios de transporte colectivo en detrimento del transporte individual se enmarca en este contexto con fuerza, ya que las ampliaciones ferro-viarias que se pretenden acometer, son las mayores nunca antes planificadas en Barcelona y eso únicamente puede deberse a una voluntad integral de fomentar unos medios de desplazamiento que reduzcan el consumo desaforado que el transporte individual ostenta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre Núñez, C. y Marmolejo Duarte, C. (2010): “Hacia un método integrado de identificación de subcentros a escala municipal: un análisis para la región metropolitana de Barcelona”, en *ACE*. nº 14, junio de 2010. Universitat Politècnica de Catalunya.

Alcaide González, R. (2005): “El ferrocarril como elemento estructurador de la morfología urbana: el caso de Barcelona 1848-1900”, en *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, vol. IX, nº 194 (65). Universidad de Barcelona.

Alcaide González, R. (2010): *El ferrocarril en Barcelona 1848-2010. Desarrollo, implicaciones urbanas y perspectivas para el siglo XXI*. Director: Horacio Capel. Barcelona. Universitat de Barcelona.

Alcalá, L. (2006): “Reflexiones sobre algunas estrategias urbanísticas en la ciudad de Barcelona durante el último cuarto del siglo XX”, en *Cuaderno Urbano*, nº 5. Resistencia. Argentina.

Alegret Burgués, A. y Cabré i Puig, E. (2008): “Valorar el suelo de forma sostenible”, en *ACE*, año II, nº 6. Universitat Politècnica de Catalunya.

Alemany, J. y Mestre, J. (1986): *Els transports a l'àrea de Barcelona. Diligències, tramvies, autobusos, metro*. Barcelona. T.M.B.

Andreu, M; Huertas, G; Huertas, J.M. y Fabre, J. (1997): *La ciutat transportada: dos segles de transport col·lectiu al Server de Barcelona*. Barcelona. Transports Metropolitans de Barcelona, DL.

Asensio Ruiz de Alda, F. J. (2000): *Cambios en la forma urbana y demanda de transporte*. Barcelona. Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Bellet, C.; Alonso, P. y Casellas, A. (2010): “Infraestructuras de transporte y territorio. Los efectos estructurantes de la llegada del tren de alta velocidad en España”, en *Boletín de la A.G.E.*, nº 52, 2010. Madrid.

Bernat Falomir, J. (2004): “Los cambios en la estructura de valores en el territorio. El ejemplo de Barcelona”, en *CT: Catastro*, nº 51. Madrid.

Buchanan, C. (1973): *El tráfico en las ciudades*. Madrid. Tecnos, D.L.

Busquets Grau, J. (1992): *Barcelona: evolución urbanística de una ciudad compacta*. Madrid. MAPFRE, D. L.

Capel, H. (2011): *Los ferro-carriles en la ciudad. Redes técnicas y configuración del espacio urbano*. Madrid. Fundación de los Ferrocarriles Españoles.

Candel, F. y Casaminas, M. (1994): *Barcelona i el ferrocarril*. RENFE.

Delgado Viñas, C. (2010): “Entre el puerto y la estación. La influencia de las infraestructuras de transporte en la morfología de las ciudades portuarias españolas (1848-1936)”, en *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, vol. XIV, nº 330. Universidad de Barcelona.

Febrés, X.; Miserachs, X. y Sala, M. (1991): *Metros y metrópolis*. Barcelona. Edición Ferrocarril Metropolità de Barcelona.

Gallegos, G.A. (2010): *Análisis de las actividades urbanas y su impacto en la movilidad de Barcelona*. Director: Carlos Marmolejo. CPSV. Universitat Politècnica de Barcelona.

García Catalá, R. (2010): “Crecimiento urbano y el modelo de ciudad”, en *ACE.*, año IV, nº 12. Universitat Politècnica de Catalunya.

García Martínez, C. (2009): *Impacto de las estrategias de ubicación y oferta de los centros comerciales sobre las pautas de la movilidad de la Región Metropolitana de Barcelona*. Director: Pere Espelt Lleó. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d’Infraestructura del Transport i del Territori.

Gómez Gamboa, D.P. (2011): *Efectos de grandes transformaciones urbanas en el cambio de usos de suelo: el caso de Barcelona y su entorno a partir de los años cincuenta*. Director: Josep Roca Cladera y Bahaaeddin Alhaddad. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Construccions Arquitectòniques I.

Herce Vallejo, M. y Miró Farrerons, J. (2002): *El soporte infraestructural de la ciudad*. Barcelona. UPC.

Jané Solá, J. (1972): *El transporte colectivo urbano en España*. Barcelona. Ariel.

Jiménez García, M. (1986): *Ferrocarril y desarrollo urbano*. Santander. Universidad de Cantabria.

Julià Sort, J. (2005): *Redes Metropolitanas. Metropolitan Networks*. Barcelona. Editorial Gustavo Gili.

Lluch, E. (1972): *Preus del sòl a Catalunya*. Barcelona. Servei d’Estudis de Banca Catalana.

Maragall, P. (1979): *Els preus del sòl*. Director: Josep M. Vegara Carrió. Universitat Autònoma de Barcelona.

Melis Maynar, M., González Fernández, F. J. (2002). *Ferrocarriles metropolitanos: tranvías, metros ligeros y metros convencionales*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, D.L.: Madrid. 458 pág.

Miralles Guasch, C. (1996): *Transport i ciutat. Una reflexió sobre la Barcelona contemporània*. Director: Antoni Tulla Pujol. Universitat Autònoma de Barcelona.

- Mumford, L. (1966): *La ciudad en la historia: sus orígenes, transformaciones y perspectivas*. Buenos Aires. Infinito.
- Parcerisa, J. y Rubert de Ventós, M. (2001): *Metro*. Barcelona. UPC.
- Pascual Peaguda, A. (2009): *Análisis y evolución histórica de los nudos viarios en Barcelona*. Director: Francesc Magrinyà Torner. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Pérez Fernández, F. (1994): “La integración del ferrocarril en la ciudad”, en *Revista de obras públicas*. n.º 3.331, año 141. Colegio de Ingenieros de Caminos. Madrid.
- Pozueta Echavarrí, J. (2000): “Movilidad y planeamiento sostenible: Hacia una consideración inteligente del transporte y la movilidad en el planeamiento y en el diseño urbano” en *Cuadernos de Investigación Urbanística*. n.º 30. Instituto Juan de Herrera y UPM.
- Reyes Schade, E. (2011): *El espacio público en la inserción del tranvía*. Director: Antoni Remesar Betloch. Universitat de Barcelona.
- Roca i Cladera, J. (1986): *Los precios del suelo en el ámbito metropolitano*. Barcelona. Corporació Metropolitana, Assessoria de Comunicació i Relacions, D. L.
- Salas, R. (2001): “Evolución de la red ferroviaria e influencia de ésta sobre el crecimiento urbano en Barcelona y su área metropolitana”, en *Congreso de Historia Ferroviaria*, Aranjuez.
- Salmerón i Bosch, C. (1991). *Els ferrocarrils catalans*. Barcelona: Terminus, DL.
- Salmerón i Bosch, C. (1991). *El metro de Barcelona II: Història y tècnica*. Barcelona: l'autor. 223 pág.
- Seguí Pons, J.M. y Petrus Bey, J.M. (1991): *Geografía de redes y sistemas de transporte*. Síntesis. Madrid.
- Solá Morales i Rubió, M. (1997): *Las formas de crecimiento urbano*. Barcelona. UPC.
- Subero Munilla, J. M. (2009) *Métodos de análisis de la eficacia espacial de las redes de transporte colectivo de infraestructura fija, ensayo de indicadores de oferta*. Director: Manuel Herce Vallejo. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori.
- Taravilla Rodríguez, M. (2010): *Prognosis dels impactes socials i urbanístics de la “unió del trambesòs amb el trambaix”*. Director: Míriam Villares Junyent y Rosa Junyent Comas. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Vallès Ferrer, J. y Hap Dubois, E. (1978): *El transporte en las grandes ciudades*. Sevilla. Universidad de Sevilla.

Xalabarder Aulet, M. (1999): ‘La avenida de la luz, una calle subterránea en Barcelona’, en *Estudios geográficos*, vol. 60, nº 236.

Planes territoriales y encuestas de movilidad

- Pla General Metropolità de Barcelona. Corporació Metropolitana. 266 pp. 1976.
- Plan General de Obras Públicas. Generalitat de Catalunya. 186 pp. 1935.
- Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte. Ministerio de Fomento. 158 pp. 2004.
- Pla Territorial Metropolità de Barcelona. Comissió d’Ordenació Territorial Metropolitana de Barcelona. 2020 pp. 2010.
- Pla de Transports de Viatgers de Catalunya 2008-2012. Generalitat de Catalunya. 224 pp. 2008.
- Pla d’Infraestructures del Transport de Catalunya. Generalitat de Catalunya. 226 pp. 2006.
- Pla Director de Mobilitat. Autoritat del Transport Metropolità. 2008.
- Pla territorial General de Catalunya. Generalitat de Catalunya. 151 pp. 1995.
- Pla Director d’Accesibilitat Universal. Transports Metropolitans de Barcelona. 101 pp. 2010.
- Plan del área metropolitana de Barcelona. Una estrategia de ordenación territorial 1974-1990. Comisión gestora del área metropolitana de Barcelona. Barcelona. 1974.
- Pla Director d’Infraestructures de la regió metropolitana de Barcelona 2001-2010. Autoritat del Transport Metropolità. 232 pp. Versión 2009.
- Pla Director d’Infraestructures del transport col·lectiu de la regió metropolitana de Barcelona 2009-2018. Autoritat del Transport Metropolità. 281 pp. 2009.
- Plan de Vivienda de Barcelona 2008-2016. Ajuntament de Barcelona. 120 pp. 2008.
- Pla estratègic Metropolità de Barcelona. Àrea Metropolitana de Barcelona. 61 pp. 2007.
- Pla Director d’Infraestructures 2011-2020. Autoritat del Transport Metropolità. 254 pp. 2012.
- Plan Director del Área Metropolitana de Barcelona. Comisión de urbanismo y servicios comunes de Barcelona y otros municipios. Comisión técnica para la revisión del P.C. 53. 1966.
- Pla estratègic econòmic i social Barcelona 2000. Ajuntament de Barcelona. 1990.
- Pla intermodal de transports. Comissió Coordinadora del Transport Metropolità de Barcelona. 1993.

- El Plan Delta III. Análisis económico de las grandes infraestructuras. Joan Alemany. Ajuntament de Barcelona. 1995.
- El PIB de la ciutat de Barcelona 1993 i previsions per a 1994. Ajuntament de Barcelona. gabinet Tècnic de Programació Alcaldia. 1994.
- Plan de urgencia. Comisión Coordinadora de Transporte de Barcelona. 1963.
- Red de metros de Barcelona. Comisión Coordinadora del Transporte de Barcelona. 1966.
- Actualización y ampliación de la red de metros de Barcelona. Generalitat de Catalunya. 1971.
- Red de metros de Barcelona y su entorno. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Transportes Terrestres. 1974.
- Encuesta de movilidad obligada en el ámbito territorial de la C.M.B., realizada conjuntamente con el censo de 1975. Corporación Metropolitana de Barcelona. 1975.
- Red de metros de Barcelona. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Transportes Terrestres. 1984.
- Encuesta de movilidad y tarificación. T.M.B. 1984.
- Enquesta de mobilitat intermunicipal obligada. Dades del Padró 1981. Pla integral dels transports metropolitans.
- Enquesta de trànsit de Barcelona. 1994.
- Enquesta de mobilitat quotidiana 2001. A.T.M. 2001.
- Enquesta de mobilitat quotidiana de Catalunya 2006. Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques i Autoritat de Transport Metropolità. Barcelona. 2006.
- Enquesta de mobilitat en dia feiner 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010.
- La mobilitat quotidiana a la Regió Metropolitana de Barcelona. A.T.M. 1997. 67 pp.
- Enquesta de mobilitat i transport. T.M.B. 2007. 71 pp.
- Enquestes de mobilitat Obligada 1981, 1986, 1991, 1996, 2001. Generalitat de Catalunya.
- Enquesta de mobilitat intermunicipal obligada dades del Padró 1981. Pla Integral dels transports metropolitans. Corporació Metropolitana de Barcelona. Direcció de Serveis de Transport. 1981.
- Enquesta de mobilitat intermunicipal obligada. Dades del Padró de 1981. Pla integral del transport metropolità. Barcelona. 1981.
- L'enquesta de trànsit de Barcelona. 1994. Institut d'Estudis Metropolitans de Barcelona. Barcelona. 1994.
- El transport públic en la futura vertebració del territori metropolità de Barcelona. Compendi de textos extractats i selecció de mapes. Institut d'estudis metropolitans de Barcelona. Bellaterra. 1987.

- Els comptes del Transport de viatgers a la Regió Metropolitana de Barcelona. A.T.M. Universitat Politècnica de Barcelona. Universitat de Barcelona. 1998.
- Desarrollo de los transportes urbanos de superficie durante el período 1957-1964. Tranvías de Barcelona, S.A. Sociedad Privada Municipal. Barcelona. 1964.
- Guia de carrers de l'àrea metropolitana de Barcelona. A.M.B. 2007. 638 pp.
- Análisis comparativo de la movilidad obligada 1975-1981. Corporació Metropolitana de Barcelona. Direcció de Serveis de Transport. 1983.
- Avanç del Pla Intermodal de Transports. Comissió Coordinadora del Transport Metropolità de Barcelona. Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. 1993.
- Proyecto de municipalización de los transportes urbanos. Ayuntamiento de Barcelona. 1952.
- El transport públic en la futura vertebració del territori metropolità de Barcelona. Compendi de textos extractats i selecció de mapes. Institut d'estudis metropolitans de Barcelona. 1987.
- Propuestas de actuaciones a corto plazo dentro de una nueva política de transporte urbano. Corporación Metropolitana de Barcelona.
- Problemática de las empresas de transporte público de Barcelona y sus posibles soluciones. T.M.B. 1981.
- Análisis comparativo de la movilidad obligada 1975-1981. C.M.B. Barcelona.
- Problemática de las empresas de transporte público de Barcelona y sus posibles soluciones. T.M.B. 1981.
- La problemática de transportes en el ámbito territorial de la Corporación Metropolitana de Barcelona en el nuevo orden constitucional. Corporació Metropolitana de Barcelona. Direcció de Serveis de Transport. Barcelona. 1982. 214 pp. `
- Propuesta de actuaciones a corto plazo, dentro de una nueva política del transporte metropolitano. Estudio integral de transportes. Corporación Metropolitana de Barcelona. 1978. 244 pp.

Páginas web

- Adif: < http://www.adif.es/es_ES/index.shtml >.
- Àrea Metropolitana de Barcelona (A.M.B.): < <http://www.amb.cat/web/guest> >.
- Asociación de Geógrafos Españoles (A.G.E.): < <http://www.age-geografia.es/v2/> >.
- Associació d'Amics del Ferrocarril: < <http://www.amicsdeltren.com/> >.
- Autoritat del Transport Metropolità (A.T.M.): < <http://www.atm.cat/web/indexcat.php> >.
- BVG: < <http://www.bvg.de/> >.

- Centre d'Estudis Demogràfics (C.E.D.): < <http://www.ced.uab.es/> >.
- Centre d'Innovació del Transport (C.E.N.I.T.): < http://www.cenit.es/cat/inici_cat.htm >.
- Centre de Política de Sòl i Valoracions (C.P.S.V.): < <http://www.upc.edu/cpsv/> >.
- Dialnet: < <http://dialnet.unirioja.es/> >.
- Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (F.G.C.): < <http://www.fgc.cat/cat/index.asp> >.
- Fòrum del Transport Català: < <http://www.transport.cat/> >.
- Generalitat de Catalunya: < <http://www.gencat.cat/> >.
- Geocrítica: < <http://www.ub.edu/geocrit/menu.htm> >.
- Institut Cartogràfic de Catalunya (I.C.C.): < <http://www.icc.cat/> >.
- Institut d'Estadística de Catalunya (I.D.E.S.C.A.T.): < <http://www.idescat.cat/es/> >.
- Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona:
< <http://www.iernb.uab.es/> >.
- Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.): < <http://www.ine.es/> >.
- LACMTA: < <http://www.metro.net/> >.
- Mapas de Metro: < <http://www.amadeus.net/home/new/subwaymaps/es/index.htm> >.
- Metrobits.org: < <http://mic-ro.com/metro/> >.
- Metro de Madrid: < <http://www.metromadrid.es/es/index.html> >.
- Moscow Metro: < <http://engl.mosmetro.ru/> >.
- MTA New York City Transit: < <http://www.mta.info/nyct/> >.
- Museu del Ferrocarril de Barcelona: < <http://www.museudelferrocarril.org/es/> >.
- Promoció del Transport Públic (P.T.P): < <http://www.transportpublic.org/> >.
- RATP: < <http://www.ratp.fr/> >.
- Red Nacional de Ferrocarriles Españoles (R.E.N.F.E.): < <http://www.renfe.com/> >.
- Real Academia Española (R.A.E.) : < <http://www.rae.es/rae.html> >.
- Tesis Doctorales en Red: < <http://www.tesisenred.net/> >.
- Tokyo Metro: < <http://www.tokyometro.jp/en/> >.
- Tram. Viu la ciutat: < <http://www.tram.cat/> >.
- Tramvia.org: < <http://www.tramvia.org/> >.
- Transport for London: < <http://www.tfl.gov.uk/> >.
- Transporte Barcelona: < <http://www.transportebcn.es/> >.
- Transports Metropolitans de Barcelona (T.M.B): < <http://www.tmb.cat/ca/home> >.
- Universidad de Cantabria: < <http://www.unican.es/index.html> >.
- Universitat Autònoma de Barcelona: < <http://www.uab.es/> >.
- Universitat de Barcelona: < <http://www.ub.edu/> >.

- Universitat Politècnica de Catalunya (U.P.C.): < https://www.upc.edu/?set_language=es >.
- Web ferroviaria: < <http://www.wefer.com/> >.
- Wikipedia: < <http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada> >.

Una antigua denominación decimonónica definía el ferro-carril como aquel medio de transporte que hace uso de vías férreas en su circulación. De esta manera, se agrupaba en una misma definición al tren, al tranvía, al metro, al metro ligero o al funicular, entre otros. Teniendo en cuenta esta definición, no hay duda de que el ferro-carril es el sistema urbano de transporte masivo de pasajeros por antonomasia. Es la infraestructura urbana de mayor coste y la de mayor repercusión en su entorno, posee un poder de transformación del tejido urbano a medio y largo plazo, y configura y refleja la historia, el crecimiento, la evolución y los avatares del sistema urbano sobre el que se asienta.

El presente libro busca profundizar en la interacción existente entre la red ferroviaria de un área urbana y sus repercusiones a nivel territorial, social y político. Otro de los objetivos es comprender los factores que conforman el espacio urbano y sus elementos existentes. El estudio de caso se centra en la ciudad de Barcelona, pudiéndose advertir claramente la evolución que ha tenido el sistema ferro-viario barcelonés y su imbricación con el crecimiento urbano de la ciudad. El sistema ferro-viario barcelonés, en su etapa de madurez, ha transformado su estructura arborescente en una red propiamente dicha, una malla con interconexiones múltiples y con un centro amplio que abarca la práctica totalidad del continuo urbano.

Esta publicación forma parte de la Colección “Monografías del Ferrocarril”, Serie “Humanidades”, que edita la Fundación de los Ferrocarriles Españoles.

Edita:



FUNDACIÓN DE LOS
FERROCARRILES
ESPAÑOLES