

# X Congreso Internacional de Historia Ferroviaria Alcázar de San Juan, 24-25-26 de junio de 2026

## Sesión VIII. Jóvenes investigadores.

### Tráfico y trazado en la línea Madrid-Irún, 1870-1903

---

VÍCTOR SANCHÍS-MALDONADO

Universidad Rey Juan Carlos\*

victor.sanchis@urjc.es

PABLO ANDRÉS MARTÍN-GRANDE

Universidad Rey Juan Carlos\*

pablo.martin.grande@urjc.es

Comunicación de acceso abierto distribuido bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC-BY 4.0\)](#). / Comunicação de acesso aberto distribuída sob uma [Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional \(CC-BY 4.0\)](#). / Open access paper under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC-BY 4.0\)](#).

**Resumen:** Esta comunicación analiza los efectos de la estrategia de tránsito parcial en el trazado de la línea ferroviaria Madrid-Irún. A partir de modelos gravitacionales aplicados al tráfico de pasajeros en 1870 y 1903, se estudia cómo influyeron la población, la distancia, la sinuosidad del trazado y las conexiones con otras líneas. Los resultados muestran que los desvíos redujeron la eficiencia de la línea, al alargar los recorridos y penalizar la demanda. Sin embargo, también sugieren que esta pérdida pudo disminuir con el tiempo, a medida que creció la red ferroviaria, aumentó la población y España ganó peso económico. La comunicación plantea futuras mejoras del modelo.

**Palabras clave:** Ferrocarril; tránsito parcial; línea Madrid-Irún; eficiencia del trazado; modelos gravitacionales.

**Resumo:** Esta comunicação analisa os efeitos da estratégia de trânsito parcial no traçado da linha ferroviária Madrid-Irún. A partir de modelos gravitacionais aplicados ao tráfego de passageiros em 1870 e 1903, estuda-se a influência da população, da distância, da sinuosidade do traçado e das ligações com outras linhas. Os resultados mostram que os desvíos reduziram a eficiência da linha, ao alongarem os percursos e penalizarem a procura. No entanto, também sugerem que essa perda pôde diminuir com o tempo, à medida que a rede ferroviária cresceu, a população aumentou e Espanha ganhou peso económico. A comunicação propõe futuras melhorias do modelo.

**Palavras-chave:** Caminho de ferro; trânsito parcial; linha Madrid-Irún; eficiência do traçado; modelos gravitacionais.

**Abstract:** This paper analyzes the effects of the partial transit strategy on the route of the Madrid-Irún railway line. Using gravity models applied to passenger traffic in 1870 and 1903, it examines the influence of population, distance, route sinuosity, and connections with other lines. The results show that detours reduced the efficiency of the line by lengthening journeys and weakening demand. However, they also suggest that this loss may have decreased over time as the railway network expanded, population increased, and Spain gained economic weight. The paper proposes future improvements to the model.

**Keywords:** Railway; partial transit; Madrid-Irún line; route efficiency; gravity models.

---

## INTRODUCCIÓN

A partir de 1844, la construcción de ferrocarriles se convirtió en uno de los principales objetivos del Estado liberal en España. Durante una década, varios gobiernos moderados intentaron impulsar el desarrollo de una red ferroviaria nacional, pero los resultados fueron muy decepcionantes. En 1854 apenas había en servicio unos 500 kilómetros de vías. La falta de capital, la inestabilidad política y, sobre todo, la inexistencia de un mercado de transporte impidió la creación de esta red, en marcado contraste con lo ocurrido en otros países europeos en la misma época (Cameron, 1971; Bongaerts, 1985; Caron, 1997; Maggi, 2003; Casson, 2009). No fue hasta la llegada al poder del Partido Progresista cuando esta situación cambió. La Ley General de Ferrocarriles (1855) y la Ley de Sociedades de Crédito (1856) marcaron el inicio de una política de intervención estatal que, mediante avales y subvenciones, logró atraer el capital extranjero necesario para poner en marcha las primeras grandes líneas (Artola, 1978; Castellví y Barquín, 2018). Sin embargo, aunque el papel del Estado fue decisivo, su capacidad para influir en el diseño de la red resultó muy limitada: se limitó a proporcionar indicaciones vagas sobre las rutas preferentes, sin emprender una planificación centralizada como la que se dio en Bélgica o Suecia (Heckscher y Heckscher, 1954; De Block, 2011).

En 1865, España había construido casi 5.000 kilómetros de vías que conectaban Madrid con las principales costas y fronteras del país (Esteban-Oliver & Martí-Henneberg, 2022). La literatura ha debatido ampliamente si esta primera red respondió adecuadamente a las necesidades de transporte. Por un lado, Menéndez y Cordero (1978) y Gómez Mendoza (1982, 1989) sostuvieron que el sistema promovió eficazmente el

crecimiento económico, ya que la oferta rígida de los medios de transporte tradicionales nunca habría bastado para modernizar la economía. Por otro, Tortella (1973) argumentó que el capital invertido en la construcción ferroviaria podría haberse asignado de forma más eficaz a otras industrias. Según Barquín (2016), las subvenciones concedidas al sector fomentaron el desarrollo de una red que superaba las necesidades y la capacidad económica de un país tan subdesarrollado como España. La investigación de Herranz (2006) respalda esta visión: los ferrocarriles españoles presentaban una baja densidad de uso y los retornos de la inversión eran inferiores a su coste de oportunidad. En cualquier caso, nada de lo anterior implica que no debiera haberse construido una red ferroviaria nacional.

Tras los años convulsos del Sexenio Democrático, se promulgó la nueva Ley General de Ferrocarriles en 1877, que restauraba el sistema de subvenciones anterior e incluía un extenso plan que comprendía las líneas proyectadas por las distintas comisiones de la década de 1860 y por la comisión Parlamentaria de 1870. En realidad, desde 1875 se habían reanudado las obras. Hasta 1900, se levantaron otros 5.000 kilómetros que, con los anteriores, suponían el 90% de la red española operativa a mediados del siglo XX (Menéndez y Cordero, 1978). . El grueso de las construcciones de este período se concentró en las regiones occidental y noroccidental, hasta entonces poco atendidas por su relativo menor peso económico.

En conjunto, los ferrocarriles no fueron una empresa rentable en España (Tedde de Lorca, 1978). La crisis de 1864 paralizó la construcción y provocó la quiebra o absorción de muchas pequeñas compañías (Hernández Sempere, 1983; Pascual, 1985; Barquín, 2007). Algunos autores atribuyeron estos resultados a lo que consideraban un trazado centralizado inadecuado —denominado en la literatura española como diseño «radial» (Nadal, 1975; Casañas, 1977; Broder, 2000; Bel, 2013)— . Sin embargo, la investigación ha refutado desde hace tiempo esta hipótesis (Equipo Urbano, 1970; Cordero, 1984; Barquín y Larrinaga, 2020; Martí-Romero et al., 2021). Dada la marcada configuración peninsular de España, un diseño centralizado de la red estaba, de hecho, plenamente justificado.

## **1. EL DEBATE SOBRE EL SISTEMA DE TRÁNSITO PARCIAL**

Durante las décadas de 1830 y 1840, aparecieron las primeras líneas ferroviarias en varios países europeos. Se construyeron para atender

necesidades específicas de transporte que los medios tradicionales no podían satisfacer adecuadamente —como enlazar una mina de carbón con un puerto o conectar una gran ciudad con una localidad cercana de importancia económica o cultural—. Estas líneas se financiaron normalmente con capital privado y recibieron poco o ningún apoyo público. Su éxito demostró la viabilidad de construir líneas más largas que unieran las principales ciudades y conformaran una red ferroviaria cohesionada. La magnitud de estos proyectos hizo que, en muchos casos, fuera necesaria la intervención del Estado mediante apoyo público o incluso construcción directa (Palau y Palau, 1995; Hylton, 2007; Heinze y Kill, 1988; Taylor, 1989). Al planificar líneas entre ciudades distantes, era preciso decidir si las rutas debían ser rectas o si convenía desviarlas para atender el tráfico de ciudades intermedias. Esta cuestión suscitó un amplio debate entre ingenieros, administradores y economistas, centrado en dos enfoques opuestos: tránsito total y tránsito parcial<sup>1</sup>.

El denominado sistema de tránsito total defendía las conexiones directas entre los principales centros económicos. Sus partidarios sostenían que el valor del ferrocarril dependía de ofrecer viajes rápidos y eficientes, con mínimas interrupciones. Cuanto más directa fuera la ruta entre dos ciudades, argumentaban, mayor sería el volumen de tráfico de larga distancia y, en consecuencia, mayor la utilidad social del ferrocarril. Por el contrario, los defensores del tránsito parcial sostenían que una línea podía ser más rentable y socialmente deseable si incluía desvíos para captar el tráfico de localidades situadas cerca de la ruta directa. Aunque tales recorridos implicaban viajes más largos, la acumulación de desplazamientos de corta distancia entre puntos intermedios podía, en conjunto, generar más tráfico que el tránsito de largo recorrido. En suma, los partidarios de ambos sistemas argumentaban que su propuesta generaría más tráfico de mercancías y pasajeros, y con ello una mayor utilidad social.

Charles Joseph Minard, ingeniero y profesor de la *École nationale des Ponts et Chaussées* (Chevallier, 1871), defendió el sistema de tránsito parcial en dos obras publicadas entre 1842 y 1843. En su opinión, la utilidad de una línea debía evaluarse no solo por el número de viajes entre sus terminales, sino también por el total de desplazamientos entre las

---

<sup>1</sup> Ambos términos son traducciones del francés *parcours partiel* y *parcours total*. En España, la literatura técnica utilizó habitualmente las expresiones tránsito parcial y tránsito total.

estaciones intermedias. A partir de observaciones sobre diligencias, canales y los primeros ferrocarriles franceses, Minard sostenía que las conexiones locales representaban la mayor parte del tráfico. En líneas como París-Lille o París-Estrasburgo, el número de pasajeros que completaban el trayecto entero era muy inferior al de quienes recorrían solo segmentos de la línea. Por tanto, el tránsito parcial sería el uso más común del ferrocarril en países densamente poblados. Una línea con muchos viajes cortos podía ser tan valiosa —o incluso más— que una que transportara únicamente a un número limitado de viajeros de larga distancia. Además, dado que las líneas principales se beneficiaban de subvenciones públicas, era justo que sirvieran al mayor número posible de contribuyentes (Minard, 1842, 1843).

Tan solo tres meses después de la publicación del segundo texto de Minard, otro ingeniero del *Corps des Ponts et Chaussées*, C. Courtois, presentó su réplica. Sus observaciones (1843) constituyeron una defensa del sistema de tránsito total. Según Courtois, la aplicación generalizada del tránsito parcial minaría la utilidad de las líneas troncales, concebidas para proporcionar conexiones rápidas entre los principales centros urbanos. En su opinión, la mejor manera de enlazar estos lugares con la red principal era mediante ramales construidos con vías de menor ancho. Courtois asumía que la elasticidad de la demanda respecto a la distancia era aproximadamente 2, lo que implicaba que incluso desvíos menores respecto a las líneas directas para atender a localidades intermedias provocarían una pérdida significativa de tráfico e ingresos esperados (Courtois, 1844)<sup>2</sup>.

En Bélgica, el debate sobre los patrones de tránsito se planteó en términos similares. Allí, el conflicto no fue tanto teórico como sobre las consecuencias prácticas que el diseño de nuevas líneas podía tener en una red ya operativa en la que el Estado había invertido considerablemente. La controversia entre los dos modelos cristalizó en torno al proyecto de una nueva conexión entre Bruselas y Gante.

---

<sup>2</sup> En sentido estricto, Courtois no utiliza el término *elasticidad*. Su razonamiento se basa en una relación inversa entre la utilidad de una línea y el cuadrado de su longitud. Si la utilidad (U) es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (L), es decir,  $U \propto \frac{1}{L^2}$ , entonces la elasticidad de U respecto a L es igual a  $-2$ . Esto implica que un aumento del 1 % en la distancia provocaría una disminución aproximada del 2 % en la utilidad, lo que refuerza su argumento de que incluso desviaciones mínimas pueden tener efectos acumulativos significativos.

El funcionario y economista Auguste Delaveleye (1844, 1846) criticó los proyectos ferroviarios directos. Consideraba que tales líneas podían desestabilizar el equilibrio del sistema: arruinarían las estaciones intermedias ya conectadas y desviarían tráfico de otras secciones financiadas con fondos públicos. Delaveleye prefería un enlace indirecto entre Bruselas y Gante vía Termonde porque, aunque más largo, serviría a más localidades y mejoraría la viabilidad del conjunto de la red.

Frente a esta posición, el ingeniero jefe del cuerpo belga, Henri-Gustave Desart (1846), defendió una ruta directa vía Alost. A partir de los datos de tráfico de la red, desarrolló un coeficiente que medía el número de pasajeros por cada 1.000 habitantes en origen y destino para una determinada distancia. Calculó este valor dividiendo el número anual de pasajeros observado entre dos localidades por el producto de sus respectivas poblaciones. Luego agrupó estos coeficientes en intervalos de distancia y elaboró una tabla que mostraba cómo  $c(D)$  disminuía rápidamente a medida que aumentaba la distancia entre los puntos. Con base en este análisis, concluyó que la longitud de la ruta era un factor clave en el tráfico esperado y que, para maximizar la demanda —particularmente entre grandes ciudades— debía priorizarse el diseño de rutas directas.

En España, el primer intento serio de definir las líneas principales de la futura red ferroviaria tuvo lugar en 1850, cuando el ministro de Fomento, Seijas Lozano, presentó un proyecto de ley de ferrocarriles. La comisión encargada de examinar la propuesta organizó una audiencia pública —denominada *Información Parlamentaria*— para recabar opiniones de expertos sobre las líneas principales de la futura red nacional (Mateo del Peral, 1978). Los técnicos concluyeron que el nuevo plan recogido en la Ley General incluiría cuatro líneas: Madrid–Irún, Madrid–Cádiz, Madrid–Levante y Madrid–Portugal. La comisión de la Información Parlamentaria también exigió que se especificaran los puntos de cruce de estas líneas para limitar la influencia de los intereses locales en su trazado definitivo<sup>3</sup>. En este aspecto concreto, las intervenciones de los ingenieros de caminos Constantino Ardanaz y Ramón de Echavarría fueron decisivas.

---

<sup>3</sup> «Libro de Actas de la Comisión de ferrocarriles. Legislatura de 1849 a 1850», *Expediente sobre el proyecto de ley de ferrocarriles e información parlamentaria sobre los mismos* (1850). Archivo del Congreso de los Diputados, Caja 88, nº 1, Sesión del 11 de febrero de 1850.

Constantino Ardanaz era profesor en la Escuela de Ingenieros de Caminos (Sáenz Ridruejo, 2016, pp. 70–81). Inspirado en la obra de Minard, defendió la adopción del sistema de tránsito parcial en España. En su opinión, el tráfico de larga distancia representaba solo una pequeña proporción del movimiento total de pasajeros y mercancías, por lo que debía priorizarse la conexión de los centros económicos locales, incluso a costa de abandonar la ruta más directa. Para la línea Madrid–Irún, recomendó un trazado que pasara por las ciudades de Ávila, Bilbao y San Sebastián, con ramales hacia La Rioja y Aragón. Para la línea del sur, propuso abandonar la ruta directa entre Madrid y Córdoba en favor de un itinerario por Alcázar de San Juan y Manzanares hasta Bailén, con el objetivo de integrar la producción de Granada y Almería. Y para la línea a Lisboa, defendió un trazado paralelo al río Guadiana —más largo, pero conectado a zonas potencialmente más dinámicas que las de la cuenca del Tajo—.

Ramón de Echavarría, ingeniero adscrito a la Dirección General de Obras Públicas (Sáenz Ridruejo, 1993, pp. 69–88), se opuso al modelo defendido por Ardanaz y apoyó el sistema de tránsito total. Su postura se basaba en parte en la convicción de que los costes de construcción serían elevados. En una serie de artículos publicados en el periódico *El Español* en 1845, estimó que cada legua de vía ferroviaria costaría en promedio 5 millones de reales —sustancialmente más que los 1,5 millones por legua que finalmente se gastaron en la red de MZA, por ejemplo (Castellví y Barquín, 2018)<sup>4</sup>—. En su propuesta a la Información Parlamentaria, dio prioridad a las líneas directas entre las principales ciudades, excluyendo los puntos intermedios que incrementarían los costes y los tiempos de viaje. Así, para la línea del sur sugirió una ruta directa de Madrid a Córdoba, pasando por Toledo y Almadén. En cuanto a la línea Madrid–Lisboa, recomendó seguir la margen izquierda del Tajo, con parada en Talavera (en la ribera del río), y evitar un desvío hacia el valle de Cáceres.

Aunque la Información Parlamentaria se completó a tiempo, la Ley General de Ferrocarriles no avanzó debido a la debilidad política del gabinete de Seijas Lozano. Con la llegada de un nuevo ministro de Fomento, Mariano Miguel Reinoso, en 1851, se reactivó la elaboración de un plan de líneas ferroviarias, pero sobre principios muy diferentes a los de la Comisión. Bajo la dirección de Reinoso, se definieron con precisión las rutas de las líneas principales y sus puntos de tránsito —ninguno de

---

<sup>4</sup> *El Español*, 9 y 23 de octubre de 1845.

ellos alineado con las propuestas de Ardanaz o Echavarría—. Se planteó una red interior, con cuatro líneas directas entre Madrid y los principales centros agrícolas del país: Zaragoza, Valladolid, Córdoba y Almansa. El plan ferroviario de Reinoso parece abogar por el tránsito total, aunque a veces por motivos curiosos. Se pensaba que los desvíos perjudicarían al tráfico general, pero también que las líneas largas favorecerían principalmente al comercio exterior, de modo que las conexiones fronterizas se construirían en una segunda fase.

Ese mismo año, 1851, Reinoso ordenó la construcción de la línea de Levante, financiada por Hacienda; y al año siguiente, el estudio de las otras tres líneas principales de su plan, las de Madrid a Córdoba, Valladolid y Zaragoza. El decreto que establecía este reconocimiento coincidía con las ideas de Echavarría: “las grandes curvas, anchos desvíos y zigzags propuestos para hacer pasar las líneas principales por una u otra localidad son perjudiciales en todos los aspectos”. Siguiendo el planteamiento de Courtois, se sugería que debían identificarse las líneas más cortas técnicamente viables y que las regiones adyacentes se conectaran mediante ramales. El texto establecía el recorrido del ferrocarril andaluz por el valle del Tajo hacia Talavera y Córdoba —precisamente el trazado sugerido por Echavarría en la Información Parlamentaria—. También ordenaba el estudio del trazado de la línea del Norte a través de la sierra de Guadarrama y de la línea aragonesa por Guadalajara y Calatayud<sup>5</sup>.

Este peculiar modelo de tránsito total de corta distancia tuvo eco en una serie de artículos anónimos publicados en *El Heraldo* en el verano de 1852<sup>6</sup>. El autor apoyaba la intervención del Estado en la construcción ferroviaria, pero advertía de que solo unas líneas cuidadosamente planificadas podrían ofrecer rendimientos aceptables. En su opinión, la construcción de líneas tortuosas para conectar localidades secundarias entrañaría un doble riesgo: dispersar la demanda y socavar la competitividad del ferrocarril frente a otros medios de transporte. Por ello, sostenía que debía darse prioridad a la construcción de líneas directas de longitud media que enlazaran Madrid con León, Llerena, Zaragoza y Logroño. Estas líneas concentrarían el tráfico en un único corredor de mayor densidad, haciendo la inversión más rentable y reduciendo los costes.

---

<sup>5</sup> *Gaceta de Madrid*, 30 de enero de 1852.

<sup>6</sup> *El Heraldo*, 19 y 23 de junio de 1852.

Desde una perspectiva opuesta, un colaborador que firmaba como “M.R.” publicó en 1852 dos artículos en el periódico *El Constitucional* sobre una posible línea ferroviaria de Barcelona a Zaragoza<sup>7</sup>. Defendía la aplicación del sistema de tránsito parcial frente a los proyectos que proponían un trazado más directo por Fraga. La línea que apoyaba pasaría por Lérida, Monzón, Barbastro y Huesca, lo que suponía un recorrido aproximadamente 45 kilómetros más largo. M.R. afirmaba que la mayor longitud de la línea no supondría un problema siempre que esta aumentara en proporción al incremento del tráfico parcial respecto a la longitud total de la línea<sup>8</sup>.

El proyecto de Reinoso nunca se materializó porque los diputados no lograron llegar a un acuerdo antes de la disolución de las Cortes. El siguiente ministro de Fomento, Agustín Esteban Collantes, también presentó un proyecto de ley ferroviaria que, básicamente, retomaba los criterios fijados por la Información Parlamentaria. Pero tampoco logró su aprobación, debido a la misma debilidad política que había lastrado a los ministerios anteriores. No fue hasta 1855 cuando finalmente se aprobó la Ley General de Ferrocarriles. Su promulgación sentó las bases para el desarrollo a gran escala del ferrocarril en España. Sin embargo, para obtener el apoyo necesario, estableció un plan ferroviario muy permisivo, que en la práctica permitía que casi cualquier línea pudiera acogerse a las subvenciones públicas. Además, las compañías disfrutaban de una libertad casi total para determinar sus trazados. Las consecuencias de esta regulación se analizan a continuación.

---

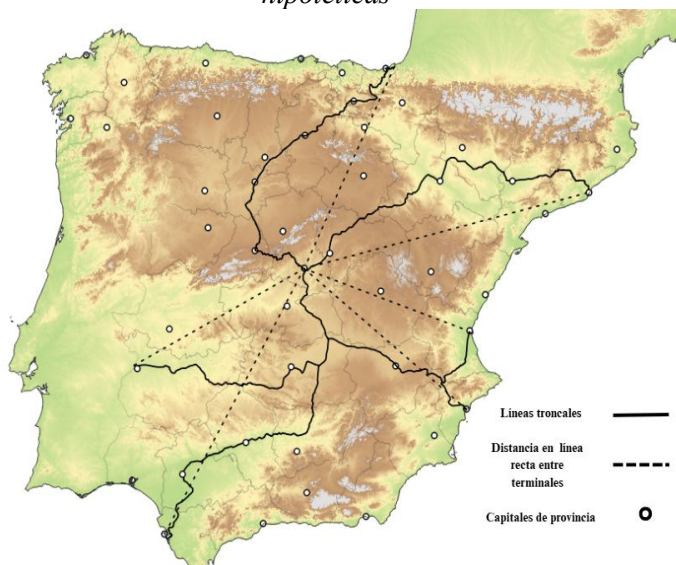
<sup>7</sup> *El Constitucional*, 18 y 25 de noviembre de 1852. En el segundo artículo de la serie, M.R. afirmaba que abordaría los detalles del trazado en la siguiente entrega, pero *El Constitucional* cambió su equipo editorial y el artículo nunca se publicó. M.R. posiblemente se refiera al ingeniero Mariano Royo, que se graduó en la Escuela de Caminos, Canales y Puertos en 1850. Royo trabajó principalmente en Aragón y Cataluña y fue ingeniero jefe de la provincia de Huesca hasta 1862. *Revista de Obras Públicas*, 1913, pp. 516–517.

<sup>8</sup> El artículo apoyaba esta idea con la fórmula:  $L=l(1+\frac{C}{A})$ , donde L es la longitud de la línea desviada, l es la longitud de la línea más directa, A es el tráfico en la línea por la ruta más directa y C es el incremento de tráfico que causaría la desviación. En otras palabras, sería ventajoso alargar la línea siempre que el tráfico aumentara en la misma proporción, lo que sugiere implícitamente el criterio de una elasticidad unitaria entre longitud y tráfico como umbral mínimo para la viabilidad de la desviación.

## 2. LA CONSTRUCCIÓN DE LA RED ESPAÑOLA

Desde la perspectiva de la Información Parlamentaria, la ruta de mayor interés político y económico para España era la que conectaría Madrid con Hendaya. Se consideraron varias alternativas, pero finalmente se eligió la opción más larga, que pasaba por Ávila, Medina del Campo, Valladolid, Burgos y, además, incluía desvíos adicionales. Aunque resulta difícil cuantificar el impacto preciso que esta decisión tuvo sobre el desarrollo del sistema ferroviario, probablemente fue considerable.

Figura 1. *Líneas radiales en operación en 1870 y sus rutas directas hipotéticas*



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Esteban-Oliver & Martí-Henneberg (2024).

La ruta más corta habría implicado atravesar la sección norte del Sistema Central. En el siglo XIX se presentaron numerosos proyectos, como el llamado Ferrocarril del Meridiano entre Madrid y Santander, o los destinados a enlazar Madrid con Bilbao: la Gran Central Peninsular, la Compañía Vasco Castellana o The Great Central Railway of Spain (Cobos, 2004). Pero el único ferrocarril que finalmente se construyó fue el de Villalba a Medina del Campo. Dado que ambas localidades ya se encontraban en la línea existente de la compañía Norte, esta ruta sirvió esencialmente para conectar Segovia con la red más amplia —tanto hacia

el norte como hacia el sur por el corredor de Guadarrama<sup>9</sup>—. Debido a su perfil accidentado, solo se utilizó para tráfico local. Más tarde, en la década de 1960, se construyó una línea directa entre Madrid y Burgos por Somosierra y Aranda de Duero (Wais, 1974).

La línea del Norte no cruzó el Sistema Central por Guadarrama, sino que se eligió el paso occidental del Puerto de Pilas, cerca de la ciudad de Ávila. La decisión de hacer pasar la línea por este punto dio lugar a un intenso debate y parece haber sido claramente errónea (Barquín, 2019). En cualquier caso, ello hizo que la línea del Norte siguiera un trazado aún más sinuoso que el inicialmente previsto. Partía de Madrid hacia el oeste, por la Sierra de Gredos, hasta Ávila; giraba luego hacia el norte hasta Medina del Campo y de nuevo al noreste hasta Alsasua. En ese punto, la línea describía un pequeño desvío hacia Zumárraga antes de dirigirse finalmente a San Sebastián y la frontera francesa, siguiendo un recorrido similar al propuesto por Ardanaz en la Información Parlamentaria de 1850, aunque evitando Bilbao.

Las demás líneas de la red principal también seguían rutas sinuosas. El primer tramo del ferrocarril del Sur se compartía con otras dos líneas. La primera era la línea de Levante, que se separaba del resto en Alcázar de San Juan —111 kilómetros desde Madrid— para dirigirse hacia el este. Cerca de Almansa se bifurcaba en otras dos: un ramal hacia el norte, en dirección a Valencia, y otro hacia el sur, hacia Alicante y Cartagena. En el primer caso, describía un enorme desvío para evitar la carretera de las Cabrillas<sup>10</sup>. El desvío era menor, pero también importante, en la ruta Alicante–Cartagena (Hernández Sempere, 1983). La línea de Extremadura–Lisboa se desviaba de la andaluza en Manzanares, a 156 kilómetros de Madrid. Allí giraba bruscamente hacia el oeste. Sin embargo, no avanzaba en línea recta, sino que describía varios rodeos antes de llegar a Badajoz, incluyendo un distintivo desvío en forma de “M” para atender a las localidades de Daimiel, Almagro y Ciudad Real (Wais, 1974).

---

<sup>9</sup> Más al este, desde la década de 1850, se habían planteado planes para un ferrocarril que atravesara la península ibérica y llegara a Calatayud, Soria, Tudela y Pamplona. Desde la capital navarra, el ferrocarril atravesaría el valle de Los Alduides hasta Bayona, de ahí su nombre: *Ferrocarril de Los Alduides* (Larrinaga, 2002). Con la excepción de este último tramo, que presentaba considerables dificultades técnicas, toda la línea se construyó a lo largo del siglo XIX, aunque integrada en otros ferrocarriles. La conexión entre Pamplona y Francia también se construyó, pero no a través de Los Alduides, sino por Alsasua e Irún.

<sup>10</sup> *Revista de Obras Públicas*, 1853, pp. 9-13, 99-105 y 133-140.

Así, la línea andaluza a Cádiz cruzaba primero las llanuras de La Mancha, Alcázar de San Juan y Manzanares. En lugar de atravesar Sierra Morena por el macizo de Andújar, como había propuesto Echavarría, giraba hacia el este en dirección al paso de Despeñaperros y luego se dirigía a Linares. Desde allí descendía por el valle del Guadalquivir hasta Córdoba y Sevilla. Solo a partir de este punto adoptaba una dirección sur-suroeste que marcaría una línea imaginaria recta de Cádiz a Madrid (Cuéllar y Sánchez, 2008).

Por último, la línea catalana se dirigía primero a Zaragoza, vía Calatayud, lo que implicaba un leve desvío hacia el norte y evitaba la ruta más directa por Molina de Aragón (Coello, 1855). Desde la capital aragonesa, la línea avanzaba hacia Barcelona, evitando la ruta directa por Fraga, Lérida e Igualada. En su lugar, describía un amplio recorrido en forma de “M” por el Alto Aragón, pasando por Selgua, Sariñena y Barbastro, muy similar al trazado propuesto por “M.R.” en El Constitucional. Más adelante, en Cataluña, la línea describía un desvío en forma de “N” para alcanzar la ciudad industrial de Manresa (Barquín, 2007; Pascual, 2015).

Tabla 1. *Distancia ferroviaria, distancia euclidiana y sinuosidad de las principales líneas ferroviarias*

<b>Línea</b>	<b>Distancia ferroviaria (km)</b>	<b>Distancia euclidiana en línea recta (km)</b>	<b>Coefficiente de sinuosidad</b>
Madrid-Irún	637.2	361.3	1.76
Madrid-Valencia	495.3	306.5	1.62
Madrid-Alicante	454.7	357.2	1.27
Madrid-Cádiz	822.7	487.3	1.69
Madrid-Badajoz	628.7	332.3	1.89
Madrid-Barcelona	805.4	505.6	1.59
<b>Total</b>	<b>3,844.2</b>	<b>2,350.3</b>	<b>1.64</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Esteban-Oliver & Martí-Henneberg (2024) y García Raya (2006).

La Tabla 1 muestra la relación entre la distancia ferroviaria y la distancia en línea recta entre Madrid y los principales destinos de la red básica: Irún, Valencia-Alicante, Cádiz, Badajoz y Barcelona. En todos los casos, la distancia real por ferrocarril es sustancialmente mayor que la distancia euclidiana. En promedio, la distancia ferroviaria es un 64 % superior a la distancia en línea recta. Si bien parte de esta disparidad puede atribuirse a la difícil topografía de España —con sus extensas cordilleras interiores, mesetas elevadas y estrechos pasos montañosos— muchos de los desvíos no parecen dictados por el relieve. Más bien, reflejan rodeos deliberados para conectar ciudades intermedias de importancia administrativa, comercial o estratégica con la red (Barquín, 2007 y 2012).

### 3. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS EMPÍRICO

Este análisis emplea un modelo clásico de gravedad para estimar los determinantes del tráfico ferroviario entre estaciones en 1870 y 1903. La especificación adoptada sigue una forma log-log, en la que tanto la variable

dependiente como las independientes —con excepción de la variable binaria de conexión— se expresan en logaritmos naturales. Esta formulación permite interpretar los coeficientes estimados como elasticidades, lo que facilita cuantificar el efecto de cada variable sobre los flujos de tráfico y permite la comparación con el caso estudiado por Odlyzko (2015).

Formalmente, el modelo estimado adopta la siguiente especificación:

$$\ln(T_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(P_i) + \beta_2 \ln(P_j) + \beta_3 \ln(D_{ij}) + \beta_4 \ln(S_{ij}) + \beta_5 C_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

donde  $T_{ij}$  es el tráfico anual entre la estación  $i$  (origen) y la estación  $j$  (destino), medido en número de pasajeros;  $P_i$  y  $P_j$  representan las poblaciones de los municipios en los que se ubicaban las estaciones de origen y destino, según el censo de 1860 y 1900;  $D_{ij}$  es la distancia euclidiana entre ambas estaciones;  $S_{ij}$  es el índice de sinuosidad (cociente entre la distancia ferroviaria y la distancia lineal);  $C_{ij}$  es una variable binaria que toma el valor 1 si alguna de las estaciones estaba conectada a una línea ferroviaria distinta de la Madrid–Irún; y  $\varepsilon_{ij}$  es el término de error.

Tabla 2. *Estimaciones del modelo de gravedad (OLS) para el tráfico ferroviario de pasajeros entre estaciones de la línea Madrid–Irún, 1870 y 1903*

Variable	1870 (1)	1903 (2)
ln población de origen	0.655***	0.532***
	(0.071)	(0.014)
ln población de destino	0.678***	0.531***
	(0.070)	(0.014)
ln distancia ecludiana	-1.463***	-1.667***
	(0.099)	(0.018)
Conexión (1 = sí)	0.481***	1.007***
	(0.236)	(0.045)
ln sinuosidad	-1.006***	-1.123***
	(0.359)	(0.102)
Observaciones	3.300	4.691

Niveles de significación al 10% \*, 5% \*\* y al 1% \*\*\*.

Los tres primeros regresores recogen factores básicos de la demanda: la población del municipio de origen, la población del municipio de destino y la distancia entre ambos puntos. En los modelos de pasajeros de 1870 y 1903, las variables de población tienen un efecto positivo y estadísticamente significativo. Sin embargo, su importancia es menor en 1903. En 1870, un aumento del 1 % en la población del municipio de origen elevaba el tráfico de pasajeros en torno a un 0,66 %, mientras que un aumento del 1 % en la población del municipio de destino lo hacía en torno a un 0,68 %. En 1903, estos efectos se reducen hasta aproximadamente un 0,53 % en ambos casos.

La distancia euclidiana entre estaciones tiene un efecto negativo y significativo sobre el tráfico de pasajeros en los dos años. Esto significa que, cuanto mayor era la distancia entre dos estaciones, menor era el tráfico entre ellas. En 1870, el coeficiente es de aproximadamente  $-1,43$ , mientras que en 1903 aumenta en valor absoluto hasta  $-1,67$ . Por tanto, la penalización por distancia era mayor en 1903. En ese año, un aumento del 1 % en la distancia reducía el tráfico de pasajeros en torno a un 1,67 %. Estos resultados confirman que la distancia tenía un peso importante en la demanda ferroviaria. Además, el valor de 1903 se acerca más al supuesto utilizado por Courtois (1844) para la red francesa, aunque sigue siendo inferior al observado por Odlyzko (2015) para la red belga.

La sinuosidad también tiene un efecto negativo y significativo en ambos modelos. Esto indica que, para una misma distancia en línea recta, los recorridos ferroviarios más largos tenían menos tráfico. En otras palabras, los desvíos reducían la demanda. El efecto es algo mayor en 1903 que en 1870: el coeficiente pasa de aproximadamente  $-1,01$  a  $-1,12$ . Esto sugiere que la pérdida de eficiencia asociada a los trazados menos directos seguía siendo importante e incluso aumentó ligeramente. Si se toma como referencia la sinuosidad media de la línea Madrid-Irún, que era de 1,76, el trazado habría reducido el tráfico de pasajeros en torno a un 44 % en 1870 y un 47 % en 1903 respecto a una línea perfectamente recta.

Por último, las conexiones con otras líneas tienen un efecto positivo y significativo en los dos años, aunque su importancia aumenta mucho en 1903. En 1870, una conexión multiplicaba el tráfico de pasajeros por aproximadamente 1,62, es decir, lo aumentaba en un 62 %. En 1903, el multiplicador sube hasta 2,74, lo que equivale a un aumento cercano al 174 %. Esto sugiere que, a medida que la red ferroviaria se desarrolló, las estaciones conectadas con otras líneas ganaron importancia. Estas estaciones no solo servían al tráfico local, sino que también podían canalizar viajes más largos que continuaban por otras líneas. Por ello, la comparación entre 1870 y 1903 apunta a una red cada vez más integrada, en la que las conexiones tuvieron un papel creciente en los flujos de pasajeros.

## CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que la estrategia de tránsito parcial tuvo efectos distintos según el momento que se analice. En los primeros años, elegir un trazado menos directo pudo suponer una pérdida de eficiencia. Los desvíos alargaban los recorridos y podían hacer que algunos trayectos fueran menos atractivos para los viajeros. Además, muchos de los municipios incorporados a la línea tenían poca población, por lo que probablemente no generaban suficiente tráfico para compensar esos mayores costes.

Sin embargo, esta valoración cambia si se observa el proceso en el largo plazo. Una línea ferroviaria no solo depende de la situación existente cuando se construye. También depende de cómo evoluciona después el territorio que conecta. A medida que la red ferroviaria española fue creciendo, que la población aumentó y que la economía ganó peso, es posible que la pérdida de eficiencia inicial se redujera. Es decir, un trazado que al principio podía parecer poco eficiente pudo volverse más útil con el tiempo.

Esto se debe a que la línea pasó a formar parte de una red más amplia. Las estaciones no solo servían a los municipios cercanos, sino que también podían funcionar como puntos de conexión con otros trayectos. Por tanto, algunos lugares que al principio aportaban poco tráfico local pudieron ganar importancia al integrarse mejor en la red ferroviaria. De este modo, la estrategia de tránsito parcial no debe interpretarse solo como una mala decisión desde el punto de vista de la distancia o del trazado más corto. Probablemente tuvo costes iniciales, porque redujo la eficiencia del recorrido. Pero esos costes pudieron disminuir conforme aumentaron la población, la actividad económica y las conexiones ferroviarias.

En el futuro, el análisis podrá mejorarse en varias direcciones. En primer lugar, se incorporará el tráfico de mercancías, para comprobar si los resultados son similares a los del tráfico de pasajeros. En segundo lugar, se incluirán los tiempos de transporte, ya que la distancia no siempre refleja bien el coste real de viajar. Por último, se utilizará la técnica del Least Cost Path, que permitirá comparar el trazado construido con otros trazados alternativos.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Artola, M. (1978) ‘La acción del Estado’, in *Los ferrocarriles en España 1844-1943*. Madrid: Servicio de Estudios del Banco de España.
- Barquín, R. (1999) ‘El ahorro social: una perspectiva dinámica’, in *Siglo y medio de ferrocarril en España, 1848-1998: Economía, industria y sociedad*. Alicante: Diputación provincial de Alicante.
- Barquín, R. (2007) ‘El fracaso de un negocio “bueno desde todas las faces”: El ferrocarril de Barcelona a Zaragoza’, *Revista de historia industrial*, (34), pp. 39–64.
- Barquín, R. (2012) ‘Segovia versus Ávila: la conexión ferroviaria entre Madrid y la Cuenca del Duero (1845-1865)’, *Investigaciones de Historia Económica = Economic History Research*, 8(3), pp. 144–153.
- Barquín, R. (2016) ‘Castillos en el aire, caminos de hierro en España: la construcción de la red ferroviaria española’, *Revista de la historia de la economía y de la empresa*, (10), pp. 289–317.
- Barquín, R. and Larrinaga, C. (2020) ‘Los límites de la intervención pública: ingenieros de caminos y ferrocarriles en España (1840-1877)’, *Historia y política: Ideas, procesos y movimientos sociales*, (43), pp. 27–56.

Bel, G. (2013) *España capital París. ¿Por qué España construye tantas infraestructuras que no se usan?: una respuesta económica a un problema político*. Barcelona: Destino.

Bongaerts, J. (1985) 'Financing Railways in the German States, 1840-1860. A Preliminary View', *Journal of European Economic History*, 14(2), pp. 331–345.

Broder, A. (2000) *Historia económica de la España contemporánea*. Barcelona: Universitat de Barcelona.

Cameron, R. (1971). *Francia y el desarrollo económico de Europa*. Tecnos.

Caron, F. (1997) *Historie des Chemins de Fer en France*. Paris: Fayard.

Casañas, M. (1977) 'El ferrocarril en España, 1844-1868. Consideraciones en torno a una crisis', *Investigaciones Económicas*, 4(Septiembre–Diciembre), pp. 39–68.

Casson, M. (2009) *The World's First Railway System. Enterprise, Competition, and Regulation on the Railway Network in Victorian Britain*. Oxford: Oxford University Press.

- Castellvi, D. and Barquín, R. (2018) ‘Las subvenciones adicionales en la compañía ferroviaria MZA’, *Revista de Historia Económica = Journal of Iberian and Latin American Economic History*, 36(3), pp. 457–480.
- Cuéllar, D. and Sánchez, A. (eds) (2008) *150 Años de ferrocarril en Andalucía: un balance*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- De Block, G. (2011) ‘Designing the Nation. The Belgian Railway Project, 1830–1837’, *Technology and Culture*, 52(4), pp. 703–732.
- Equipo Urbano (1970) ‘Simulación de una red de transportes: el caso de los ferrocarriles españoles’, *Revista de Geografía*, 6(1), pp. 34–54.
- Esteban-Oliver, G. (2023) ‘On the right track? Railways and population dynamics in Spain, 1860–1930’, *European Review of Economic History*, 27(4), pp. 606–633.
- Esteban-Oliver, G. and Martí-Henneberg, J. (2024) ‘Railways of Spain GIS (1848-2023)’. Available at: <https://repositori.udl.cat/items/3e9c8d9c-4121-4710-96ff-e3df369f58dc> (Accessed: 24 October 2024).
- García Raya, J. (2006) ‘Cronología básica del ferrocarril español de vía ancha’, in *IV Congreso Historia Ferroviaria*. Málaga.

Gómez Mendoza, A. (1982) *Ferrocarriles y cambio económico en España 1855-1913: un enfoque de nueva historia económica*. Madrid: Alianza.

Gómez Mendoza, A. (1989) *Ferrocarril, industria y mercado en la modernización de España*. Madrid: Espasa Calpe.

Heckscher, E.F. and Heckscher, G. (1954) *An Economic History of Sweden*. London: Harvard University Press (Harvard Economic Studies, 95).

Heinze, W. and Kill, H. (1988) 'The Development of the German Railroad System', in *The Development of Large Technical Systems*. Boulder: Campus, pp. 105–134.

Hernández Marco, J.L. (1997) *Trenes, estaciones y puertos el tráfico de mercancías de la Cía. del Norte: (1876-1930)*. Bilbao: Departamento de Transportes y Obras Públicas.

Hernández Sempere, T. (1983) *Ferrocarriles y capitalismo en el País Valenciano 1843-1879*. Ayuntamiento de Valencia. Valencia.

Herranz, A. (2006) 'Railroad Impact in Backward Economies: Spain, 1850–1913', *The Journal of Economic History*, 66(4), pp. 853–881. Available at: <https://doi.org/10.1017/S0022050706000350>.

Hylton, S. (2007) *The Grand Experiment. The Birth of the Railway Age: 1820-45*. Hersham: Ian Allan.

Larrinaga, C. (2002) 'El ferrocarril del Norte y su enlace transpirenaico a mediados del siglo XIX', *Ist: Transportes, Servicios y telecomunicaciones*, (3-4), pp. 181-197.

Maggi, S. (2003) *Le ferrovie*. Bologna: Il Mulino.

Martí-Romero, J., San José, A. and Martí-Henneberg, J. (2021) 'The radially of the railway network in Spain during its early stages (1830-1867). An assessment of its territorial coherence', *Social Science History*, 45(2), pp. 363-389.

Mateo del Peral, D. (1978) 'Los orígenes de la política ferroviaria en España (1844-1877)', in *Los ferrocarriles en España 1844-1943*. Madrid: Servicio de Estudios del Banco de España, pp. 29-159.

Menéndez, F. and Cordero, R. (1978) 'El sistema ferroviario español', in *Los ferrocarriles en España 1844-1943*. Madrid: Servicio de Estudios del Banco de España.

Nadal, J. (1975) *El fracaso de la revolución industrial en España, 1814-1913*. Barcelona: Ariel.

Odlyzko, A. (2015) 'The forgotten discovery of gravity models and the inefficiency of early railway networks', *OEconomical*, 5(1), pp. 157–192.

Palau, F. and Palau, M. (1995) *Le rail en France. Les 82 premières lignes 1828-1851*. París: F. et M. Palau.

Pascual, P. (1985) 'Ferrocarrils i industrialització a Catalunya', *Recerques: Història, economia i cultura*, (17), pp. 43–72.

Pascual, P. (2015) *El Ferrocarril a Catalunya 1848-1935. Una història de la seva explotació*. Barcelona: Eumo Editorial.

Sáenz Ridruejo, F. (1993) *Los ingenieros de caminos*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Sáenz Ridruejo, F. (2016) *Una historia de la Escuela de Caminos. La Escuela de Caminos de Madrid a través de sus protagonistas*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Taylor, G. (1989) *The transportation revolution, 1815-1860*. Nueva York: Routledge.

Tedde de Lorca, P. (1978) ‘Las compañías ferroviarias en España (1855-1935)’, in *Los ferrocarriles en España 1844-1943*. Madrid: Servicio de Estudios del Banco de España, pp. 9–355.

Tortella, G. (1973) *Los orígenes del capitalismo en España*. Madrid: Tecnos.

Wais, F. (1974) *Historia de los ferrocarriles españoles*. Madrid: Fundación de los ferrocarriles españoles.