

Ginés de Rus Mendoza
Chris Nash

¿En qué circunstancias está justificado invertir en líneas de alta velocidad ferroviaria?

¿En qué circunstancias está justificado invertir en líneas de alta velocidad ferroviaria?

Ginés de Rus Mendoza ¹

Chris Nash ²

¹ *UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA*

² *UNIVERSIDAD DE LEEDS*

■ Resumen

Este documento de trabajo comienza analizando los principales costes y beneficios asociados a la inversión en los proyectos de alta velocidad ferroviaria. A continuación, se discuten algunos ejemplos extraídos de las actuales propuestas que están en estudio en el Reino Unido y de la línea Madrid-Sevilla. Finalmente, se presenta un modelo que permite investigar las condiciones bajo las cuales la inversión en alta velocidad ferroviaria puede ser considerada socialmente rentable. La principal conclusión de este último análisis es que, sólo en circunstancias excepcionales (una combinación de costes de construcción bajos unidos a altos beneficios para los usuarios, tal vez porque la infraestructura ferroviaria existente y los servicios de otros modos competidores son muy pobres), una nueva línea de alta velocidad podría justificarse con un nivel por debajo de los seis millones de pasajeros en el año de apertura. Sin embargo, con costes de construcción y ahorros de tiempo más habituales, se requieren en torno a los nueve millones de pasajeros.

■ Palabras clave

Transporte por ferrocarril, análisis coste-beneficio, costes, demanda.

■ Abstract

This working paper reviews the key costs and benefits of high speed rail (HSR) investments. It also discusses, as case studies, several proposals of HSR lines in Britain and the existing Madrid-Seville corridor. It finally develops a model to investigate the demand conditions under which high speed rail is socially profitable. It concludes that only under exceptional circumstances (a combination of low construction costs plus high time savings, perhaps because the existing rail infrastructure and services on competing modes are very poor) could a new HSR line be justified with a level of patronage below six million passengers per annum on opening; with more typical construction costs and time savings a figure more like nine million passengers per annum is needed.

■ Key words

Rail transport, cost-benefit analysis, costs, demand.

Al publicar el presente documento de trabajo, la Fundación BBVA no asume responsabilidad alguna sobre su contenido ni sobre la inclusión en el mismo de documentos o información complementaria facilitada por los autores.

The BBVA Foundation's decision to publish this working paper does not imply any responsibility for its content, or for the inclusion therein of any supplementary documents or information facilitated by the authors.

La serie Documentos de Trabajo tiene como objetivo la rápida difusión de los resultados del trabajo de investigación entre los especialistas de esa área, para promover así el intercambio de ideas y el debate académico. Cualquier comentario sobre sus contenidos será bien recibido y debe hacerse llegar directamente a los autores, cuyos datos de contacto aparecen en la *Nota sobre los autores*.

The Working Papers series is intended to disseminate research findings rapidly among specialists in the field concerned, in order to encourage the exchange of ideas and academic debate. Comments on this paper would be welcome and should be sent direct to the authors at the addresses provided in the About the authors section.

Todos los documentos de trabajo están disponibles, de forma gratuita y en formato PDF, en la web de la Fundación BBVA. Si desea una copia impresa, puede solicitarla a través de publicaciones@bbva.es.

All working papers can be downloaded free of charge in pdf format from the BBVA Foundation website. Print copies can be ordered from publicaciones@bbva.es.

La serie Documentos de Trabajo, así como información sobre otras publicaciones de la Fundación BBVA, pueden consultarse en: <http://www.bbva.es>

The Working Papers series, as well as information on other BBVA Foundation publications, can be found at: <http://www.bbva.es>

¿En qué circunstancias está justificado invertir en líneas de alta velocidad ferroviaria?

© Ginés de Rus Mendoza y Chris Nash, 2009

© de esta edición / *of this edition*: Fundación BBVA, 2009

EDITA / PUBLISHED BY
Fundación BBVA, 2009
Plaza de San Nicolás, 4. 48005 Bilbao

Í N D I C E

1. Introducción	5
2. Descripción de costes y beneficios	6
2.1. Opciones que hay que considerar	6
2.2. Costes	7
2.3. Beneficios	9
3. Casos	14
3.1. Propuestas británicas de alta velocidad	14
3.2. La experiencia española	18
4. Rentabilidad social y volumen de demanda	23
4.1. El modelo	23
4.2. Simplificando el modelo	26
4.3. Umbrales de demanda para la rentabilidad social de la inversión ...	31
5. Conclusiones	40
Bibliografía	43
Nota sobre los autores	45

1. Introducción

POR trenes de alta velocidad se entiende aquellos trenes tecnológicamente capaces de alcanzar los 300 km/h en las infraestructuras específicas construidas para ellos. El sistema de alta velocidad ofrece tiempos de viaje más competitivos que otros modos de transporte, particularmente en comparación con el transporte aéreo en distancias medias y los trenes convencionales, así como un aumento de la capacidad en la línea, aunque, por otro lado, su coste en capital es también elevado.

Las propuestas de la Comisión Europea para la Red de Transporte Transeuropea (TEN-T) prevén una inversión por valor de 600.000 millones de euros, de los cuales 250.000 millones están destinados a proyectos prioritarios, y una gran parte de esta inversión es para líneas de alta velocidad. Por tanto, es muy importante disponer de una metodología de evaluación robusta para este tipo de inversiones, lo que no parece que haya ocurrido en el caso de las Redes Transeuropeas.

Los proyectos de inversión son propuestos, y evaluados, por los propios gobiernos de los estados miembros, con lo que el solicitante de la ayuda económica a la Comisión Europea es el que evalúa la idoneidad de la inversión. Es cierto que la Comisión Europea ha estimado las TEN-T como un todo, pero no ha hecho lo mismo con los proyectos individuales que componen el programa para asegurarse de su rentabilidad social (TML, 2005).

El objetivo de este documento de trabajo consiste en exponer una propuesta metodológica para la evaluación de los proyectos de líneas de alta velocidad, con el fin de valorar en qué circunstancias estos proyectos son socialmente rentables. En el siguiente capítulo, presentamos una visión general de los principales costes y beneficios para la evaluación de la alta velocidad. Posteriormente, compararemos dos ejemplos concretos (las propuestas de alta velocidad en Gran Bretaña y la evaluación *ex post* de la línea Madrid-Sevilla en España). En el capítulo 4, formularemos un modelo en el que se incorporan las principales variables y parámetros que determinan los resultados de la evaluación de un proyecto y, en el capítulo 5 utilizamos dicho modelo para determinar en qué circunstancias la inversión en proyectos de alta velocidad podría estar justificada.

2. Descripción de costes y beneficios

2.1. Opciones que hay que considerar

La evaluación requiere la comparación de un caso base con una serie de alternativas de actuación (*do-something*). Es necesario determinar con claridad cuál es el caso base y asegurarse de incluir un conjunto realista de opciones. Un caso base comúnmente utilizado es la situación que consiste en no hacer nada (*do-nothing*), siendo esta referencia de comparación muy favorable para la alta velocidad, en particular en situaciones de tráfico creciente.

En general, el caso base debería basarse en una intervención mínima (*do-minimum*) y no añadirle inversiones innecesarias. Otras posibles inversiones de mayor envergadura deberían ser evaluadas como alternativas *do-something*. Estas alternativas deberían ser determinadas como cambios incrementales con respecto al caso base, para averiguar si el coste adicional de cambiar a una opción más cara está justificado.

En las inversiones de alta velocidad ferroviaria, el caso base debería incluir la inversión necesaria para mantener el servicio convencional existente operativo, y considerar cómo podría soportar cualquier crecimiento exógeno del tráfico. Esto podría significar una inversión adicional en material rodante o podría implicar la revisión de los niveles y estructuras tarifarias.

Los principales cambios deberían ser considerados como alternativas *do-something*. Éstos podrían incluir la mejora de la infraestructura existente, la compra de trenes convencionales más veloces (por ejemplo, tecnología Talgo), la construcción de una vía adicional o una expansión de la capacidad aeroportuaria. También existen alternativas dentro del concepto de alta velocidad (hasta dónde construir la nueva línea, alternativas en la gestión de los nuevos trenes o qué frecuencia de servicio y política de precios se ha de adoptar). Se trata de examinar un conjunto de alternativas razonables con el fin de estar seguros de que se ha identificado la mejor alternativa.

Es también necesario considerar los tiempos de inversión. El tren de alta velocidad podría tener el valor actual neto más alto dentro del conjunto de alternativas examinadas; pero aun en este caso, si la demanda y otros be-

neficios de la alta velocidad crecen con el paso del tiempo, podría ser socialmente rentable posponer la inversión.

2.2. Costes

El coste de la alta velocidad se deriva de la construcción de nuevas líneas, estaciones, etc., de la compra del material rodante específico, del mantenimiento y la explotación, y las externalidades (principalmente, la ocupación de nuevos terrenos, la intrusión visual, el ruido, la contaminación del aire y los efectos de calentamiento global). Como el coste fijo de la nueva infraestructura por kilómetro es muy elevado, pero crea una capacidad muy alta (suponiendo 12 trenes por hora con 700 pasajeros por tren, se obtienen 8.400 pasajeros por hora), los sistemas de alta velocidad tienen un coste medio por pasajero muy sensible al volumen total de demanda que se transporta.

El valor social de la alta velocidad ferroviaria aumenta con el volumen de tráfico. El tráfico sobre el nuevo sistema puede incrementarse si es posible construir una red tal que los pasajeros que viajan entre diferentes pares de origen-destino comparten tramos comunes y después utilizan otros tramos de alta velocidad o de línea convencional. Los costes también pueden reducirse si la penetración hasta los centros de las ciudades se realiza sobre las líneas convencionales que ya existen. La densidad de tráfico también puede aumentarse compartiendo la nueva capacidad con tráfico de carga, pero las exigencias de infraestructura para el tráfico de carga son diferentes en relación con el de pasajeros de alta velocidad, añadiendo nuevos costes; por tanto, de aquí en adelante supondremos que las líneas de alta velocidad se construyen sólo para pasajeros.

Tanto la construcción de infraestructura ferroviaria como la operativa de los trenes de alta velocidad implican costes ambientales por ocupación de suelo, intrusión visual, ruido, contaminación del aire y contribución al calentamiento global. De estos impactos, los tres primeros son probablemente mucho más fuertes en los casos en los que los trenes discurren por áreas densamente pobladas. Ya que los trenes de alta velocidad son impulsados mediante energía eléctrica, la contaminación del aire e impacto sobre el calentamiento global dependen del combustible primario que se usa para generar la electricidad; en países con uso extensivo de energía hidroeléctrica y nuclear el impacto será insignificante, mientras que donde se usan el carbón, el fuel y el gas éstos serán más significativos, ya que la contaminación del aire se produce cuando se genera la energía eléctrica que el tren utiliza.

Una estimación del consumo de energía de las líneas de alta velocidad en comparación con otros modos se muestra en el cuadro 2.1 (Van Essen et al., 2003). Mientras las líneas de alta velocidad pueden implicar dos veces más consumo de energía por plaza/kilómetro que un tren medio, esto puede ser compensado considerablemente por factores de carga más altos. El Tren de Gran Velocidad francés (TGV) funciona con un factor de carga medio del 67%, mientras que los factores de carga de trenes convencionales no superan generalmente el 40-45% de media. La razón de la diferencia es que el número limitado de las paradas del TGV hace posible que se cumpla la reserva de asiento obligatoria y beneficiarse de las estrategias de maximización de ingresos en mayor medida que en el caso de los trenes convencionales, los cuales también manejan un número significativo de pasajeros en la corta distancia. Los trenes de alta velocidad suponen un ahorro de energía con respecto al avión, pero la ventaja frente al coche es menos importante.

Lo que se evalúa en el impacto ambiental total de los trenes de alta velocidad no se limita a los factores de carga, sino también a la procedencia del tráfico. Para el tráfico desviado del tren convencional, el impacto ambiental puede ser ligeramente negativo, mientras que para los viajes generados el impacto es claramente negativo. Sin embargo, en la medida en que los viajes procedan de la reducción de tarifas para ocupar los asientos vacíos, una reducción del tráfico generado podría simplemente conducir a una reducción de los factores de carga en lugar de a una mejora ambiental.

Para viajes desviados del coche, y sobre todo del avión, el efecto es probablemente positivo (en particular con respecto al consumo de energía y gases de efecto invernadero). Los beneficios de los trenes de alta velocidad derivados de la reducción de las externalidades en otros modos son considerados con más detalle en el siguiente epígrafe.

CUADRO 2.1: Consumo de energía

(MJ/plaza-km)

Coche de gasolina en autopista	0,47
Coche diésel en autopista	0,34
Aeronave de pasajeros en un vuelo de 500 km	1,80
Tren de cercanías	0,22
Tren de alta velocidad	0,53

Nota: Basado en el informe de Van Essen et al. (2003), apéndice A. Se supone que los coches son nuevos (año 2000) y tienen cinco plazas.

Fuente: Van Essen et al. (2003).

2.3. Beneficios

Los principales beneficios de las líneas de alta velocidad son:

- ahorro de tiempo;
- mayor capacidad;
- reducción de externalidades con respecto a otros modos;
- tráfico generado;
- beneficios económicos adicionales.

Cada uno de estos elementos se discuten a continuación.

Comparado con un tren convencional que alcanza los 160 km/h, un tren de alta velocidad ahorra aproximadamente 35 minutos en un viaje de 450 km (SDG, 2004). Donde la infraestructura existente es de baja calidad o está congestionada, los ahorros de tiempo pueden ser considerablemente mayores. Cuando se valoran los ahorros de tiempo, se distingue entre los viajes de negocios, de desplazamiento al lugar de trabajo o de ocio.

La evidencia sobre valores del tiempo es amplia; las actuales valoraciones usadas en la evaluación ferroviaria en Gran Bretaña se muestran en el cuadro 2.2. El alto valor del tiempo de los viajes por motivo de negocios está basado en que estos viajes se producen normalmente durante horas de trabajo y esto reduce directamente la productividad del mismo, aunque se cuestiona si todo el valor del tiempo de negocio debería ser aplicado en este caso por dos razones:

- muchos viajes de negocios de larga distancia comienzan y finalizan fuera del horario laboral;
- viajando en tren es posible trabajar durante el trayecto (Hensher, 1977).

CUADRO 2.2: Valor de los ahorros de tiempo para los pasajeros que utilizan el tren en el Reino Unido

Valoraciones estándares	(Libras por hora, a precios de mercado de 2002)
Ocio	4,46
Desplazamiento al trabajo	5,04
Negocio	39,96

Fuente: Department for Transport: WEBTAG Unit 3.5.6 (www.webtag.org.uk).

Sin embargo, la investigación ha mostrado que las empresas están dispuestas a pagar las valoraciones actuales incluso en estas circunstancias, por los beneficios que ellos perciben al reducirse la larga jornada laboral y el cansancio de los empleados (Marks, Fowkes y Nash, 1986).

La revisión más reciente sobre los valores de tiempo realizada para el Gobierno británico (Institute for Transport Studies, 2003), y que condujo a la adopción de los valores mostrados en el cuadro 2.2, se ocupó también de cómo cambia el valor del tiempo con el paso del mismo. La recomendación del Ministerio de Transportes británico es que aquellos valores de tiempo de trabajo, que están basados en el salario, deberían aumentar en proporción al producto interior bruto (PIB), mientras que los valores de tiempo de no trabajo tienen una elasticidad de 0,8 con respecto al PIB. Por tanto, en el largo plazo, el crecimiento de los valores de tiempo se supone que se sitúa en un rango del 1,5-2% anual.

La capacidad adicional tiene obviamente valor cuando la demanda excede de la capacidad que hay en la ruta. Pero en esas circunstancias la capacidad adicional puede ser valiosa no solamente porque permite absorber el crecimiento entre las ciudades servidas por la línea de alta velocidad, sino también porque libera capacidad en las líneas existentes para atender otros tipos de tráfico como el suburbano o el de carga.

Cuando se desvía tráfico que de otra manera usaría otros modos de transporte, los beneficios pueden ser cuantificados como los beneficios netos de los usuarios más la reducción neta de las externalidades, menos el coste neto del cambio de modo de transporte. Existe también evidencia (Gibson, Cooper y Bell, 2002) de la existencia de beneficios por aumento de la fiabilidad en el cumplimiento de los horarios cuando se trabaja con capacidad ociosa, lo que además reduce la incomodidad de viajar.

Ambas características son altamente valoradas por los viajeros, especialmente los que viajan por motivos de trabajo (Wardman, 2001). Se debe señalar también que las limitaciones de capacidad hacen que la alternativa de mejorar la infraestructura existente sea más problemática; por ejemplo, puede que no sea factible compartir la infraestructura con los trenes de menor velocidad.

Generalmente, una proporción sustancial del nuevo tráfico atraído por los trenes será desviado de otros modos, principalmente del coche y del aéreo (Atkins, 2004, se sugiere que la cifra podría ser del orden del 50%, siendo el resto nuevos viajes). En la medida en que en la infraestructura en la que operan estos modos no se cubre el coste marginal social del tráfico afectado se obtendrán beneficios de tal desviación. La valoración de estos beneficios requiere la tasación de los costes marginales de congestión, ruido,

CUADRO 2.3: Costes Externos
(euros/1.000 pasajeros-kilómetro)

	París-Viena	París-Bruselas
Coche	40,2	43,6
Tren	11,7	10,4
Avión	28,7	47,5

Nota: Las externalidades consideradas incluyen los accidentes, el ruido, la polución del aire, el cambio climático, los efectos urbanos y los eslabonamientos hacia arriba y hacia abajo, pero no se tiene en cuenta la congestión y la escasez de capacidad.

Fuente: INFRAS/IWW (2000).

contaminación atmosférica, calentamiento global y los costes externos de los accidentes y su comparación con los impuestos y tasas.

INFRAS/IWW (2000) proporciona estimaciones del coste marginal externo por pasajero-kilómetro para dos pasillos europeos, incluyendo los accidentes y el coste ambiental, pero excluyendo la congestión. Éstos se recogen en el cuadro 2.3, y muestran que el tren de alta velocidad entre París y Bruselas es inferior en un cuarto de los costes externos del coche o del transporte aéreo. Los factores de carga más altos en el de París-Bruselas se traducen en un mayor rendimiento del tren de alta velocidad con respecto al tren convencional, en comparación con la línea París-Viena, de mucha más longitud. En distancias más largas se reduce la ventaja sobre el transporte aéreo, ya que la mayor parte del impacto medioambiental del avión tiene lugar en el despegue y el aterrizaje.

En el caso del avión, la ausencia de impuesto sobre el combustible quiere decir que no se están internalizando las externalidades ambientales, aunque esto se ha sustituido en algunos países (incluyendo Gran Bretaña) por un impuesto al utilizar el aeropuerto. El impuesto sobre el valor añadido (IVA) en su planteamiento habitual no debería ser visto como una internalización de la externalidad, ya que no afecta a los precios relativos excepto cuando se cobra sobre algunos modos y no sobre otros; en algunos casos el IVA en Europa se cobra en el transporte ferroviario y en el aéreo; en otros, en el ferroviario, pero no en el aéreo; y en otros, en ninguno.

Otro problema con el transporte aéreo es el cobro por los *slots* en los aeropuertos congestionados. La asignación de *slots* por derechos de propiedad y la tarificación basada en el coste medio del funcionamiento del aeropuerto (o inferior cuando existen subvenciones) significan que los precios no reflejarán los costes de congestión impuestos a otros aviones, el coste de oportunidad de los *slots* o los costes de incrementar la capacidad. Un beneficio adicional del tren de alta velocidad puede ser la liberación de capacidad

en aeropuertos para su uso en vuelos de larga distancia. En cuanto a los accidentes, no ha habido nunca que lamentar alguno en el caso de los trenes de alta velocidad, y las cifras para el tren convencional son mucho mejores que para el coche, aunque no mejores que para el autobús o, particularmente, para el transporte aéreo (Evans, 2003).

El tráfico generado supone directamente beneficios para los usuarios, que generalmente son valorados como la mitad de los beneficios de los usuarios existentes de acuerdo con la regla de la mitad, aunque hay un debate sobre si estos viajes generados conllevan mayores beneficios económicos que no son capturados en el análisis coste-beneficio convencional. Los viajes de ocio pueden beneficiar al destino al atraer gastos de turista, personas que viven fuera de la ciudad y viajes de negocios, aunque es crucial distinguir si se trata de una expansión genuina de la actividad económica o una simple relocalización de los empleos y la actividad económica existente.

El debate sobre estas cuestiones se centra en si estos cambios realmente suponen una actividad económica adicional o si se trata de una simple relocalización de la misma. En una economía de competencia perfecta sin paro involuntario, la teoría nos dice que no habría ningún beneficio neto. En la práctica, hay motivos por los que cabe esperar beneficios adicionales. En primer lugar, si la inversión trasladó empleo a áreas deprimidas, esto podría reducir el paro involuntario. La experiencia de Lille, que ha sido regenerada por su ubicación en las líneas de alta velocidad entre París, Bruselas y Londres, es un buen ejemplo.

Las líneas de alta velocidad tienden a favorecer las ubicaciones centrales, por lo que si el objetivo es regenerar ciudades centrales, la inversión ferroviaria en alta velocidad podría resultar beneficiosa. Sin embargo, si las áreas deprimidas están en la periferia, esto es lo contrario de lo deseado. El tren de alta velocidad también puede permitir la expansión de los mercados y la explotación de las economías de escala, reduciendo el impacto de la competencia imperfecta, y animar la ubicación de empleos en los principales centros urbanos donde hay beneficios externos de aglomeración (Graham, 2005). Cualquiera de estos impactos se encuentran con más probabilidad en el caso de las industrias de servicios (Bonnafeux, 1987).

En Vickerman (2006) se concluye que las líneas de alta velocidad podrían generar beneficios adicionales por estas razones, pero que los efectos son muy variables y difíciles de predecir. Probablemente son mucho menos importantes que los beneficios directos de alta velocidad; además, los beneficios indirectos mencionados se asocian a las inversiones en infraestructuras de transporte en general y no exclusivamente a la alta velocidad, de modo que, aunque aumentan la rentabilidad social de la inversión en trans-

porte, no necesariamente sitúan en mejor posición la alta velocidad frente a otras opciones de inversión en transporte.

Otro factor clave que influye en el resultado de una evaluación es el tipo de descuento. Los tipos de descuento bajos favorecen las inversiones intensivas en capital como las líneas de alta velocidad. La práctica varía considerablemente dentro de la Unión Europea. En Gran Bretaña la práctica usual es descontar con una tasa de preferencia temporal pura del 3,5%, reduciéndose al 3% después de 30 años, aunque las restricciones de capital existentes aconsejan una ratio beneficio/coste de al menos 1,5, prefiriéndose los proyectos en los que dicha ratio sea al menos 2. La Dirección General de Política Regional (Directorate General for Regional Policy [DG Regio]) recomienda un tipo de descuento social del 5%. Considerando que las líneas de alta velocidad son muy intensivas en capital y tienen una vida larga con beneficios que crecen con el paso del tiempo, un tipo de descuento más bajo favorece este tipo de inversión.

3. Casos

EN este capítulo examinaremos dos casos reales, correspondientes a contextos radicalmente diferentes y con resultados de evaluación muy diferentes. En primer lugar, analizaremos un estudio de una nueva línea de alta velocidad en Gran Bretaña entre el Norte y el Sur, encargado por la Strategic Rail Authority (SRA) a un consorcio liderado por los consultores W. S. Atkins. Posteriormente describiremos un análisis coste-beneficio *ex post* de la línea Madrid-Sevilla.

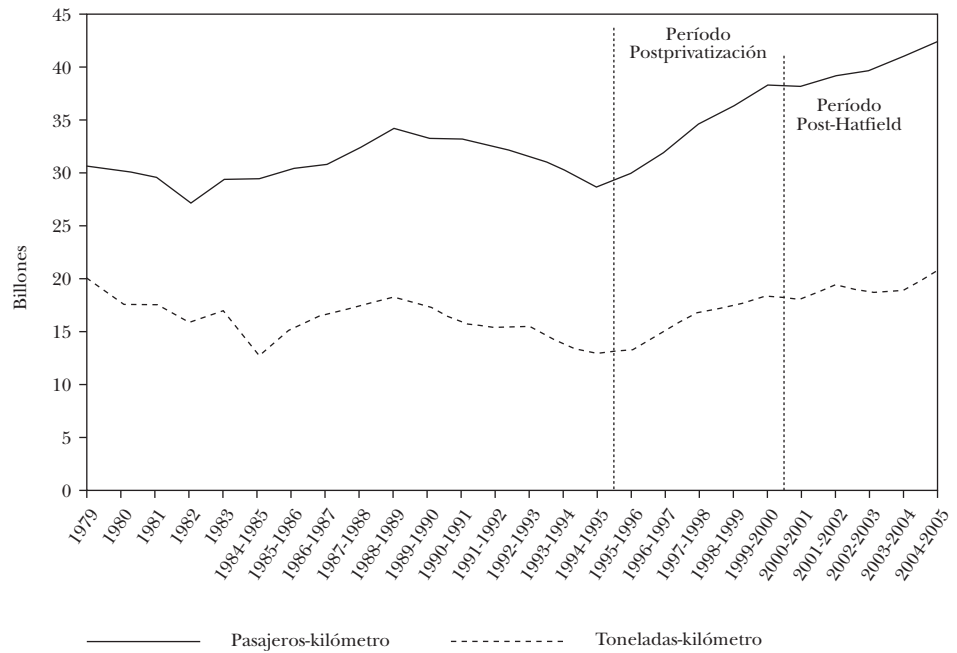
3.1. Propuestas británicas de alta velocidad

El estudio de Atkins se realizó en un contexto caracterizado por dos hechos: en primer lugar, el crecimiento rápido del tráfico ferroviario de pasajeros y de carga (gráfico 3.1), lo que conducía a situaciones de congestión severas tanto en servicios de larga distancia de pasajeros como en los que atienden a los que viajan diariamente a Londres por motivos de trabajo y, en segundo lugar, las insuficiencias en la capacidad disponible para absorber futuros crecimientos en el tráfico de mercancías.

Uno de los principales objetivos de la propuesta era el de aliviar la presión sobre las rutas existentes, así como el de ofrecer servicios más rápidos y más competitivos en las líneas principales. El informe contempló una amplia gama de opciones. Se estudiaron 14 alternativas exhaustivamente, y se discutió si había que construir una única ruta desde Londres hacia el norte, que podría dividirse más arriba para llegar a ciudades del este y oeste del país, o tener dos rutas separadas, debatiéndose hasta dónde llegar por el norte.

El origen obvio sería una nueva ruta de Londres a West Midlands, densamente poblado. Cuanto más al norte se prolongara la línea menos ocupación tendrían las nuevas secciones, pero este efecto podría ser compensado por el hecho de que estas extensiones atraen el tráfico adicional sobre la parte principal de la red. Ésta es una característica de la geografía británica que con una sola línea podría servir a las ciudades principales de Londres, Birmingham, Leeds, Newcastle, Edimburgo y Glasgow, mientras que una extensión de la línea convencional o de alta velocidad podría conectar con Manchester.

GRÁFICO 3.1: Tráfico ferroviario de pasajeros y carga tren



Nota: El accidente de Hatfield en octubre de 2000 condujo a limitaciones severas de la velocidad, lo que redujo temporalmente el crecimiento del tráfico.

Fuente: Transport Trends, 2002 Edition For Transport and National Rail Trends, SRA.

Las predicciones situaban el tráfico en 50 millones de pasajeros para el año 2015 si la línea se construía en toda su longitud, aunque la mayor parte de éstos sólo usarían parte de la línea. Esta cifra tan elevada es un reflejo de la alta densidad demográfica de Gran Bretaña y el gran número de pares de orígenes-destino servidos por la línea. Alrededor de las dos terceras partes del tráfico serían desviadas de las rutas ferroviarias existentes y el resto vendría casi en partes iguales del desviado de otros modos, más el tráfico de nueva generación. La mayor parte del tráfico desviado se preveía que viniera del transporte en coche. Sorprendentemente, la previsión de desviación de tráfico desde el transporte aéreo era baja si se compara con la experiencia del impacto de las líneas de alta velocidad sobre el tráfico aéreo en otros lugares.

Las evaluaciones realizadas se realizaron bajo el supuesto de una vida de 30 años y un tipo de descuento del 6%; el gobierno británico posteriormente ha modificado este criterio introduciendo una vida de 60 años y un tipo de descuento del 3,5%. A pesar de la introducción simultánea de un amplio margen para el sesgo por optimismo en las estimaciones de costes

(67% en el caso de costes de capital más un 25% adicional del propio proyecto) el resultado es una mayor ratio beneficio/coste en las evaluaciones que se realizaron posteriormente con los cambios mencionados.

Los resultados de la evaluación de las dos opciones se muestran en el cuadro 3.1. La opción 1 (inversión mínima) corresponde a la línea desde Londres a West Midlands, que es la primera fase de cualquier programa de trenes de alta velocidad en Gran Bretaña. Sin embargo, la opción 8 (inversión máxima), la extensión a Manchester en la ruta de la costa oeste y hacia Escocia vía la costa este, también presenta una ratio beneficio/coste incremental positivo. Es importante, sin embargo, examinar la cuestión de si es rentable retrasar las fases en que podría realizarse. El estudio mostró que, de ser factible, la construcción inmediata de la línea completa era la mejor opción.

CUADRO 3.1: Evaluación de las opciones 1 y 8
(miles de millones de libras en valor presente)

	Opción 1	Opción 8
Ingresos netos	4.90	20.60
Beneficios no financieros	22.70	64.40
Capacidad liberada	2.00	4.80
Beneficios totales	29.60	89.80
Costes de capital	8.60	27.70
Costes operativos netos	5.70	16.30
Costes totales	14.40	44.00
VAN	15.30	45.70
B/C	2.07	2.04

Fuente: Atkins (2004), addendum. Tabla 2.1 corregida.

Otros factores se han añadido al caso desde la evaluación original. En primer lugar, el fracaso en la mejora de la East Coast Main Line, una inversión que se consideró como parte del caso base. Aunque esta opción debería en principio seguir formando parte del conjunto de alternativas factibles, es poco probable que sea considerada en la actualidad como una alternativa relevante si se consideran los retrasos y las desviaciones al alza de los costes de esta opción, comparada con la experiencia más satisfactoria que consiste en la construcción de la nueva línea de alta velocidad en el túnel

CUADRO 3.2: Resultados del análisis coste-beneficio (opción 1)

	Porcentaje de los beneficios o costes totales
Beneficios ingresos	
Ingresos de la alta velocidad	64
Ingresos del tren convencional	-45
<i>Ingresos netos del tren</i>	<i>19</i>
Beneficios usuarios	
Tiempo de viaje/reducción de la congestión	76
Accidentes	2
<i>Total de los beneficios de los usuarios</i>	<i>78</i>
Beneficios no usuarios	
Tiempo de viaje/costes operativos de los vehículos	3
<i>Total de los beneficios de los no-usuarios</i>	<i>3</i>
VAN de los beneficios	100
Costes	
Capital	69
Costes operativos de la alta velocidad	41
Costes operativos del tren convencional	-9
VAN de los costes	100

Fuente: Atkins (2004), informe completo no publicado.

del Canal. Al mismo tiempo, el gobierno ha anunciado su intención de introducir peajes en la red de carretera dentro de los próximos diez años, con los efectos positivos que se derivan para las previsiones de tráfico del tren de alta velocidad.

Aunque en ambas opciones los ingresos cubren aproximadamente los costes operativos, el coste de la inversión sólo puede justificarse considerando los beneficios no financieros y la capacidad liberada. Un desglose de la composición de los costes y los beneficios para la opción 1 se muestra en el cuadro 3.2. Aproximadamente, el 78% de los beneficios se deriva de los ahorros de tiempo y reducción de los problemas derivados de la escasez de capacidad ferroviaria, un 19% procede del aumento de los ingresos netos y sólo el 3%, por la reducción de la congestión y los accidentes en las carreteras. El valor de la capacidad liberada no fue incluido en este análisis, pero supone aproximadamente el 7% de los beneficios totales.

En conjunto, se consideró que no cabía esperar beneficios ambientales significativos. Por otro lado, se planteó la posibilidad de capturar como ingresos la mayor parte de los beneficios de los usuarios mediante técnicas de gestión de ingresos más sofisticadas, como había ocurrido con otros servicios de alta velocidad, incluyendo los Eurostar entre Londres, París y Bruselas. Esto podría aumentar los beneficios de la desviación de tráfico del transporte aéreo; sin embargo, se supuso que este efecto sería poco significativo al considerar que las tarifas ferroviarias serían mayores que las del avión para el tráfico entre Londres y Escocia.

En resumen, en el estudio de la propuesta de introducir alta velocidad en Gran Bretaña se concluye que la rentabilidad social esperada es elevada, y que ésta se basa en el volumen de demanda que se obtendría de enlazar las principales ciudades metropolitanas británicas, en un contexto de demanda creciente que se traduce en congestión severa y escasez de capacidad en la infraestructura existente.

3.2. La experiencia española

La construcción de la primera línea de alta velocidad en España ¹ se realizó entre 1987 y 1993. La línea de Madrid-Sevilla comenzó sus operaciones en abril de 1992, con una demanda altamente influida por la Exposición Universal celebrada en Sevilla en 1992 y la política de precios aplicada por Renfe ².

El pasillo de alta velocidad Madrid-Sevilla es utilizado por diferentes servicios ³ (cercanías, larga distancia y los servicios proporcionados a otros destinos que usan la infraestructura de alta velocidad, pero con la tecnología Talgo).

Aunque el tren de alta velocidad es, en este pasillo de tráfico, el modo de transporte con un coste generalizado más bajo, no es el modo más rápido. El transporte aéreo tiene el tiempo de viaje más bajo, después de conta-

1. Para mayor información, véase De Rus e Inglada (1993, 1997).

2. Se introdujeron descuentos en el precio del 30% para el viaje Madrid-Sevilla y del 50% para el Madrid-Ciudad Real para compensar el descenso de la demanda tras el cierre de la Expo (octubre, 1992). Esta reducción de precios contribuyó a la elevación de los índices de ocupación.

3. Madrid-Sevilla, Córdoba, Ciudad Real, Puertollano, Málaga, Cádiz y Huelva; Córdoba-Sevilla, Ciudad Real y Puertollano; Sevilla-Ciudad Real y Puertollano; y Ciudad Real-Puertollano. Los destinos no servidos por trenes de alta velocidad, como Málaga, Cádiz y Huelva, también se incluyen porque los servicios Talgo circulan parcialmente sobre la infraestructura de alta velocidad.

bilizar los tiempos de acceso y espera. La ventaja de la línea de alta velocidad con respecto al transporte aéreo aparece cuando las tarifas de ambos modos se incluyen en los costes generalizados. Estas diferencias de los costes generalizados debidas al precio más bajo del tren de alta velocidad han inducido a cambios en el reparto modal en beneficio de la opción ferroviaria. El tráfico desviado viene principalmente del tren convencional y del avión.

En cuanto al impacto de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla sobre otros operadores de transporte, los efectos principales que deben ser considerados son aquellos que se producen sobre el transporte aéreo (Iberia y aeropuertos), sobre el ferrocarril convencional y sobre el transporte por carretera.

Para el transporte aéreo entre Madrid y Sevilla, la introducción de la alta velocidad supuso una caída de la demanda del 50%, disminuyendo el factor de carga y las frecuencias de vuelo. El aeropuerto de Sevilla sufrió una reducción del 25% en su uso, dado que los vuelos entre Madrid y Sevilla representaban el 50% del tráfico de dicho aeropuerto. Considerando las inversiones que se realizaron en el aeropuerto de Sevilla para acomodarse al pico de demanda inducida por la Expo 92, y la inversión más reciente en el aeropuerto de Barajas en Madrid, es improbable que la desviación de tráfico aéreo hacia el ferrocarril suponga una reducción significativa de la congestión, aunque seguramente disminuya la contaminación del transporte aéreo.

El transporte por ferrocarril convencional (Renfe) también se ha visto afectado por la introducción del nuevo producto. Las conexiones Madrid-Sevilla, Madrid-Málaga y Madrid-Córdoba estaban entre las 20 líneas principales de la empresa. Los trenes convencionales han perdido la mayor parte de su tráfico en este pasillo; por lo tanto, una solución eficiente podría ser la de considerar el cierre de la infraestructura convencional. Sin embargo, la imposibilidad de llevar mercancías sobre la nueva infraestructura convierte esta opción en inviable.

Los servicios de alta velocidad de larga distancia y el transporte en autobús apenas pueden considerarse productos sustitutivos en cuanto a los precios actuales, sin embargo, en los de cercanías y dados los bajos precios introducidos por Renfe, los operadores de autobús sí se vieron afectados por la línea de alta velocidad.

Si consideramos los volúmenes de demanda en este pasillo, los beneficios principales que se derivan de la inversión en alta velocidad proceden de los ahorros de tiempo que se obtienen cuando los usuarios cambian a partir de un modo de transporte más lento, además de los beneficios del tráfico generado. También se ha argumentado que una de las ventajas clave

de la alta velocidad ha sido el aumento del valor de la tierra en Ciudad Real. Sin embargo, este beneficio es una consecuencia de la mejora de la accesibilidad a esta ciudad, que ya está incluida en los rendimientos por reducción de tiempo de viaje entre Madrid y Ciudad Real. Incluir este efecto en el análisis sería una doble contabilización.

Para evaluar los efectos económicos de la alta velocidad, se requiere primero tener una estimación de la demanda para el período analizado. Para obtener esta estimación, se consultaron las entrevistas realizadas por Renfe en el pasillo Madrid-Sevilla y la demanda real de la línea de alta velocidad para el período 1992-1994 y cuatro meses de 1995. La información adicional fue suministrada por Iberia, Renfe y empresas de transporte en autobús operando en este corredor de tráfico. Los principales componentes de la demanda (el tráfico generado y desviado) fueron obtenidos para cada segmento de mercado (viajeros de cercanías, larga distancia y Talgo) y para cada modo de transporte.

La evolución de demanda durante los treinta años de vida del proyecto (cuarenta años en el análisis de sensibilidad) se estimó suponiendo que el producto interior bruto (PIB) español crecería desde 1997 en adelante a un ritmo del 2,5%, y la elasticidad de la demanda con respecto al PIB se supone que será de 1,25 y que no se reducirán las tarifas de los trenes de alta velocidad por debajo de la media de los costes variables.

A partir de estos datos de demanda, se valoró la rentabilidad social de la línea de alta velocidad. Los beneficios de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla se obtienen a partir de 1992 en adelante, después del comienzo del servicio. Los valores actuales de los beneficios y costes se obtienen con una tasa de descuento social del 6%.

Los costes de la alta velocidad tienen un componente fijo (la infraestructura), semifijo (trenes) y variable (costes operativos). En esta evaluación se considera que los precios (netos de impuestos) de la infraestructura, trenes y costes operativos miden los costes de oportunidad, exceptuando el factor trabajo. La infraestructura de la alta velocidad fue construida entre 1987 y 1992, con un importe (incluyendo impuestos) de 500.000 millones de pesetas de 1996. Los beneficios de la alta velocidad se derivan principalmente de los ahorros de tiempo del tráfico desviado y de los beneficios del tráfico generado.

Los beneficios y los costes de la primera línea de la alta velocidad en España se recogen en el cuadro 3.3. El valor actual neto (VAN) es negativo y asciende a 258.000 millones de pesetas a precios de 1987, utilizando un tipo de descuento social del 6%. El cuadro 3.3 muestra la sensibilidad de resultados bajo diferentes supuestos: vida del proyecto (40 años); precio

CUADRO 3.3: Beneficios de la línea Madrid-Sevilla

(millones de pesetas de 1987)

	Beneficios sociales de la alta velocidad*	Tasa de crecimiento del PIB (3%)	Vida del proyecto (40 años)	Precio sombra del trabajo	Incremento del 25% del coste generalizado del coche, autobús y tren
<i>Costes</i>					
Infraestructura	-237.761	-237.761	-237.761	-200.575	-237.761
Valor residual	17.636	18.546	5.816	17.636	17.636
Trenes	-58.128	-61.003	-61.700	-58.128	-58.128
Mantenimiento	-41.410	-41.410	-45.022	-41.410	-41.410
Operativos	-135.265	-140.575	-155.516	-135.265	-135.265
<i>Ahorros de tiempo</i>					
Tráfico desviado					
Tren convencional	37.665	39.950	44.582	37.665	55.119
Coche	4.617	4.898	5.469	4.617	9.779
Autobús	1.958	2.079	2.321	1.958	2.867
Transporte aéreo	0	0	0	0	0
Tráfico generado	86.718	92.080	102.951	86.718	92.703
<i>Ahorros de coste</i>					
Tren convencional	18.505	19.629	21.906	18.505	18.505
Transporte aéreo	19.020	20.157	22.460	19.020	19.020
Autobús	1.680	1.783	1.990	1.680	1.680
Costes operativos del coche	17.412	18.471	20.618	17.412	17.412
Congestión	4.896	6.284	7.486	4.896	4.896
Accidentes	4.128	4.363	4.867	4.128	4.128
Valor actual neto de la alta velocidad	-258.329	-252.509	-259.533	-221.143	-228.819

* Vida del proyecto (30 años), crecimiento del PIB (2,5%) y tasa de descuento social (6%).

sombra del trabajo; penalización de un 25% en los costes generalizados de coche, tren y autobús para reflejar la mayor calidad de la alta velocidad; y crecimiento del PIB a una tasa del 3%. Los resultados obtenidos al introducir estos cambios no distorsionan las conclusiones principales de esta evaluación.

Un simple análisis financiero del proyecto muestra un VAN de -314.000 millones de pesetas a precios de 1987, lo que indica que el análisis coste-beneficio de la alta velocidad, considerando todos los costes y beneficios sociales, revela una mejora del 18% sobre el resultado financiero. Como muestra el cuadro 3.3, la fuente principal de los beneficios de la alta velocidad es el tráfico generado (el 44% de los beneficios totales del proyecto).

Los beneficios del tráfico desviado no se limitan a ahorros de tiempo (el 22,5% de los beneficios totales). La reducción de los costes operativos en otros modos de transporte es también importante. El trasvase de viajeros del coche a los trenes de alta velocidad suponen el 8,9% de los beneficios totales; los ahorros de costes del ferrocarril y el transporte aéreo suponen beneficios de un 9,4 y 9,6% respectivamente. Los ahorros en los costes operativos de autobús no son significativos. Los beneficios de la reducción de la congestión y accidentes se limitan a un 4,6%.

Se ha argumentado que la unión de las líneas españolas de alta velocidad con la red de alta velocidad europea mejoraría, de un modo significativo, la rentabilidad social del proyecto. Sin embargo, los tiempos de viaje en las líneas de alta velocidad desde Sevilla (o desde Madrid) a muchas ciudades europeas son demasiado elevados como para cambiar la ventaja comparativa de transporte aéreo en viajes de larga distancia (al menos con las velocidades comerciales actuales).

Los costes de construcción para la alta velocidad en España son muy inferiores a los de Gran Bretaña, debido a las diferencias en densidad demográfica. El talón de Aquiles de la falta de rentabilidad social de la línea Madrid-Sevilla es el bajo volumen de tráfico, que sólo recientemente ha alcanzado la cifra de cinco millones de pasajeros por año, diez años después de su apertura, siendo muchos de éstos viajeros de cercanías.

El reconocimiento de la importancia decisiva de los volúmenes de tráfico para explicar la rentabilidad social de las inversiones en líneas de alta velocidad nos lleva a un análisis, en el siguiente capítulo, de la determinación de los umbrales de demanda que se requieren para que la alta velocidad pueda ser considerada como una opción socialmente rentable.

4. Rentabilidad social y volumen de demanda

4.1. El modelo

En este epígrafe presentamos un modelo simple que tiene como objetivo la estimación posterior de los volúmenes de tráfico que se requieren para que la rentabilidad social de la inversión en alta velocidad ferroviaria sea positiva y, posteriormente, examinar la sensibilidad de estos volúmenes de tráfico ante cambios en las variables relevantes.

Consideremos el caso de un proyecto que consiste en la construcción y operación de una nueva línea ferroviaria de alta velocidad, cuya vida es de T años. La empresa de construcción ejecuta la infraestructura ferroviaria y la superestructura, y el operador compra el material rodante durante el período inicial, que será considerado como el año de referencia ($t = 0$), y a partir de entonces cuando se requiera su reposición. De $t = 0$ a $t = T$, el operador de ferrocarril cobra una tarifa regulada \bar{p} y cada año recibe Q usuarios, que inicialmente suponemos constantes durante la vida del proyecto ⁴.

Los costes de la inversión (la construcción y el valor presente del material rodante), expresados como costes de oportunidad son iguales a I , y son evaluados en unidades monetarias constantes del año $t = 0$.

Durante la vida del proyecto, el operador ⁵ incurre en costes anuales de mantenimiento y operación de la línea ferroviaria, estaciones, señalización y otras plantas fijas, así como los costes operativos de trabajo y energía consumida en la operación de los trenes. Algunos costes de mantenimiento (vías, estaciones, material rodante) son fijos ($C_v(t)$) y, por tanto, constantes con el nivel de tráfico Q , y otros dependen directamente del número de usuarios ($C_q(Q)$). Todos los costes son calculados a costes de oportunidad.

4. Este supuesto se abandona más adelante.

5. Las líneas de alta velocidad pueden estar integradas verticalmente o no para su explotación, aunque en la actualidad todas las líneas de alta velocidad del mundo operan como organizaciones verticalmente integradas. La desagregación vertical es uno de los elementos clave de la política ferroviaria de la Unión Europea.

La inversión en alta velocidad consiste en construir una nueva infraestructura ferroviaria y operar sobre ella el material rodante específico. La principal consecuencia de esta inversión es la reducción del componente tiempo en el coste generalizado de los pasajeros que cambian del modo convencional al nuevo modo, y los efectos económicos sobre otros mercados secundarios, cuyos productos o servicios son complementarios o sustitutos de los servicios de alta velocidad, incluyendo a aquellos usuarios que siguen usando el modo convencional⁶; usuarios de carretera, por ejemplo, porque la congestión puede reducirse. Esta inversión genera algunos beneficios netos en el mercado primario, y algunos beneficios indirectos en mercados secundarios.

Los costes totales del proyecto son:

$$I + \int_0^T (C_t + C_q(Q)) e^{-rt} dt, \quad (4.1)$$

donde,

I : costes de inversión.

C_t : costes anuales de mantenimiento y operativos (no dependientes de Q).

$C_q(Q)$: costes variables anuales de mantenimiento y operativos que dependen de Q .

T : vida del proyecto.

r : tasa de descuento social.

La introducción de una línea de alta velocidad significa la reducción del coste de viaje generalizado. Dado que la línea de alta velocidad es una inversión indivisible, el cambio en el excedente social es el siguiente⁷:

$$\begin{aligned} \Delta W = & \int_0^T \int_{g_1}^{g_0} Q(g) e^{-rt} dg dt + \int_0^T [\bar{p}(Q_1 - Q_0) - C_t - C_q(Q_1) + \\ & + C_c(Q_0)] e^{-rt} dt - I + \sum_{i=1}^N \int_0^T S_i (q_{i1} - q_{i0}) e^{-rt} dt, \end{aligned} \quad (4.2)$$

6. Ignoramos los impactos medioambientales de la utilización de suelo, el efecto barrera, la intrusión acústica y visual, externalidades negativas que deberían ser tenidas en cuenta al cuantificar los costes de las líneas de alta velocidad, de igual manera que se computan los beneficios medioambientales cuando se desvía tráfico desde la carretera o el transporte aéreo.

7. Debe recordarse que no estamos maximizando el bienestar social, sino estimando cambios en el bienestar como consecuencia de la inversión en una nueva línea de alta velocidad.

donde,

- g_0 : coste generalizado *sin* el proyecto de la línea de alta velocidad.
- g_1 : coste generalizado *con* el proyecto de la línea de alta velocidad.
- \bar{p} : tarifa regulada.
- Q_0 : demanda *sin* el proyecto de la línea de alta velocidad.
- Q_1 : demanda *con* el proyecto de la línea de alta velocidad (incluye tráfico desviado y generado).
- C_f : costes anuales fijos de mantenimiento y operativos.
- $C_q(Q)$: costes anuales de mantenimiento y operativos variables con Q .
- $C_c(Q)$: coste anual evitable del modo convencional.
- I : costes de la construcción de la infraestructura.
- N : otros mercados en la economía.
- S_i : exceso de beneficios sobre los costes por unidad q_i .
- q_{i0} : nivel de actividad en el mercado i sin el proyecto.
- q_{i1} : nivel de actividad en el mercado i con el proyecto.
- T : vida del proyecto.
- r : tipo de descuento social.

La expresión (4.2) muestra cómo la introducción de la línea de alta velocidad afecta a los usuarios de transporte y a los productores en los mercados primarios, con beneficios anuales medidos por la integral definida entre el coste generalizado inicial (g_0), y el nuevo (g_1), una vez que la línea de alta velocidad empieza a funcionar. El excedente de productor puede ser medido por el ingreso anual y los cambios en los costes evitables. Al flujo de beneficios descontados habrá que restar el coste de inversión (I) para obtener el VAN social.

La función de demanda de transporte $Q(g)$ es una demanda derivada, y habría que evitar la doble contabilización que supone añadir los efectos indirectos de la reducción en el tiempo de viaje sobre otros mercados competitivos donde el transporte es usado por las empresas como *input* (v. Jara Díaz, 1986), así que limitaremos nuestra atención a los mercados secundarios cuyos productos y servicios están ligados con nuestro mercado primario por relaciones de complementariedad o sustituibilidad, o en el caso de empresas monopolísticas que usan el servicio de alta velocidad como *input*.

El último sumando de la expresión (4.2) recoge la contabilización de los beneficios indirectos. Hay N mercados secundarios en la economía, que podrían ver su nivel de demanda afectada por el nuevo proyecto. El cambio del nivel de actividad en estos mercados secundarios ($q_{i1} - q_{i0}$) afectaría al VAN del proyecto cuando, por algún tipo de distorsión, hay un exceso del

beneficio sobre el coste por unidad de q , representado por S_i que puede tener signo positivo o negativo (Harberger, 1972; Mohring, 1976).

Por lo tanto, la justificación para sumar beneficios indirectos a los beneficios primarios de la alta velocidad no sólo requiere que otros mercados sean afectados ($q_{i1} - q_{i0} \neq 0$), sino que además el cambio en el nivel de actividad en estos mercados tenga un signo positivo cuando $S_i > 0$, y negativo cuando $S_i < 0$. En el caso de que $S_i = 0$, el cambio del mercado secundario puede ser ignorado.

Debe subrayarse que la importancia de los efectos indirectos en la expresión (4.2) depende de la existencia de distorsiones en la economía. La presencia de externalidades, impuestos, subvenciones, desempleo y de poder de mercado en mercados secundarios, y su aumento o disminución a causa del proyecto, son la fuente de beneficios (y costes) adicionales. La importancia de estos efectos indirectos es un tema empírico⁸, que depende de la magnitud y el signo de las distorsiones y los efectos cruzados en los mercados secundarios debido a la ejecución del proyecto⁹.

4.2. Simplificando el modelo

La tecnología de la alta velocidad puede ser definida como un modo de transporte más rápido que el ferrocarril convencional y el transporte por carretera y una alternativa más conveniente que el transporte aéreo para distancias medias. Aunque la evaluación económica de un proyecto particular requiera desagregar la información sobre los pasajeros y su procedencia de otros modos, como el tráfico generado, es posible simplificar el problema si se realizan algunos supuestos.

El objetivo principal de estos supuestos es concentrar la atención en los beneficios de la alta velocidad derivados del ahorro de tiempo y de la generación de nuevos viajes, dejando a un lado los beneficios de la provisión de capacidad adicional ferroviaria, reducción neta de accidentes, congestión e impactos ambientales debidos a la desviación desde la carretera y el transporte aéreo, beneficios muy dependientes de las condiciones locales de cada pasillo de tráfico.

8. Esto es especialmente relevante para el transporte de carga. El Ministerio de Transportes británico sugiere que el beneficio adicional neto alcanza el 6% en el Reino Unido, por la expansión de la demanda en los sectores con competencia imperfecta que se benefician de los proyectos de reducción de costes del transporte (v. Department of Environment, Transport and the Regions, 1999).

9. Se trata de beneficios netos adicionales que no han sido medidos en el mercado primario.

La idea es hacer que el modelo básico se pueda utilizar con datos reales, concentrando los esfuerzos sobre los efectos indiscutibles de la inversión de la alta velocidad, para establecer alguna base para la discusión racional sobre la conveniencia económica de esta inversión.

Los supuestos son los siguientes: los efectos indirectos (positivos y negativos) se cancelan en el agregado, la reducción neta de las externalidades es insignificante, los beneficios netos del primer año crecen a una tasa anual constante durante la vida del proyecto, los excedentes del productor y consumidor no cambian en los restantes modos de transporte, los precios de mercado son iguales a los costes de oportunidad y los usuarios no tienen otros beneficios que los que proceden de ahorros de tiempo más la disposición a pagar por los viajes generados.

Para que el VAN de la inversión sea positivo, se requiere el cumplimiento de la siguiente condición:

$$\int_0^T [B(Q) - C_q(Q)] e^{-(r-\theta)t} dt - \int_0^T C_t e^{-rt} dt > I, \quad (4.3)$$

donde,

$B(Q)$: beneficio social anual del proyecto.

$C_q(Q)$: coste variable anual de mantenimiento y explotación que depende de Q .

C_t : coste fijo anual de mantenimiento y explotación.

I : costes de la inversión.

T : vida del proyecto.

r : tasa social de descuento.

θ : crecimiento anual de los beneficios y costes que dependen de Q .

Suponiendo $r > \theta$, y resolviendo la expresión (4.3), la condición que se obtiene para que el proyecto sea socialmente deseable es la siguiente:

$$\frac{B(Q) - C_q(Q)}{r - \theta} (1 - e^{-(r-\theta)T}) - \frac{C_t}{r} (1 - e^{-rT}) > I. \quad (4.4)$$

Dividiendo por I y reordenando los términos:

$$\frac{B(Q) - C_q(Q)}{I} > \frac{r - \theta}{1 - e^{-(r-\theta)T}} + \frac{C_t}{I} \frac{r - \theta}{r} \frac{1 - e^{-rT}}{1 - e^{-(r-\theta)T}}. \quad (4.5)$$

La interpretación económica de la expresión (4.5) es bastante intuitiva, si suponemos que la vida del proyecto es muy larga (T tiende a infinito). En este caso, los beneficios netos del primer año (beneficios anuales menos costes variables que dependen de Q), expresados como una proporción de los costes de la inversión, deberían ser más altos que la tasa social de descuento menos la tasa anual de crecimiento de los beneficios netos más una proporción $((r - \theta) / r)$ de los costes fijos anuales de mantenimiento. En el caso de una vida finita del proyecto, el único cambio es que se requeriría una mayor demanda para que el proyecto sea socialmente rentable ¹⁰.

Según la expresión (4.5), el rendimiento económico de un proyecto de alta velocidad será mayor: cuanto mayor sea el beneficio neto del primer año, que depende de la demanda inicial; cuanto menor sea la inversión, los costes de mantenimiento y los operativos; cuanto más bajo sea r y mayor sea θ ; cuanto mayor sea la proporción de los costes fijos (C_i) con respecto a los costes totales anuales durante el primer año ($C_q + C_v$); y cuanto más larga sea la vida del proyecto.

La rentabilidad social de las infraestructuras de las líneas de alta velocidad depende crucialmente de los beneficios netos del primer año del proyecto. Cuando las externalidades y los efectos indirectos no son significativos, los beneficios anuales del primer año ($B(Q) - C_q(Q)$) provienen principalmente de los ahorros de tiempo y los frutos del tráfico generado ¹¹, una vez descontados los costes variables. Estos beneficios netos dependen del volumen de demanda que sirven, los ahorros de tiempo en la línea con respecto a los otros modos existentes y el valor subjetivo medio del tiempo para los usuarios.

Puede observarse que, como se comentó previamente, es importante no sólo comprobar que el valor neto presente del proyecto es positivo, sino también que el momento de ejecución del proyecto es el apropiado. Cuando los beneficios crecen con el tiempo, el momento óptimo para acometer el proyecto tiene lugar cuando la tasa de rendimiento del primer año excede el tipo de descuento. Este test corresponde a la aplicación de la ecuación (4.5), aunque con $\theta = 0$.

La tasa de crecimiento (θ) en la expresión (4.5) afecta igualmente a los beneficios y a los costes que varían con el volumen de demanda. Esto es una suposición ad hoc, sólo justificada por la falta de información. Otra po-

10. $\frac{1}{1 - e^{-(r-\theta)T}} > 1$, $\frac{1 - e^{-rT}}{1 - e^{-(r-\theta)T}} > 1$ cuando $r > \theta$ y $0 < T < \infty$. Ambas expresiones tienden a 1 cuando $T \rightarrow \infty$.

11. La disponibilidad a pagar por la diferencia en comodidad debe sumarse a los beneficios, aunque la evidencia empírica sobre su magnitud es escasa.

sibilidad es introducir una variable separada para explicar los cambios del valor de tiempo a lo largo de la etapa y los costes laborales. Esto requeriría elegir tasas de crecimiento diferentes para otras categorías de coste que se espera que no varíen proporcionalmente con la renta.

Considerando los supuestos anteriores $(B(Q) - C_q(Q))$, en la ecuación (4.5) puede ser expresado como el cambio en el excedente de los consumidores (desviado y generado), y el cambio en el excedente del productor:

$$\frac{1}{2}(g_0 - g_1)(Q_0 + Q_1) + p_1 Q_1 - p_0 Q_0 - C_q + C_c \quad (4.6)$$

donde,

g_0 : coste generalizado *sin* el proyecto de la línea de alta velocidad.

g_1 : coste generalizado *con* el proyecto de la línea de alta velocidad.

p_0 : precio del modo convencional.

p_1 : precio del tren de alta velocidad.

Q_0 : demanda desviada del primer año hacia los trenes de alta velocidad.

Q_1 : demanda total del primer año (desviada y generada) *con* alta velocidad.

C_q : costes variables de mantenimiento y operativos que dependen de Q

C_c : costes variables anuales del modo convencional.

Por definición, el coste generalizado es $g = p + \nu t$. El cambio en νt recoge el valor total de tiempo ahorrado por el pasajero medio, por lo tanto (4.6) puede ser expresado como la suma del valor total de tiempo ahorrado por la demanda desviada, más la disposición a pagar de los viajes generados, más el cambio neto en el coste de los recursos:

$$\nu \Delta t Q_0 + \frac{1}{2} (p_0 + \nu t_0 - p_1 - \nu t_1) \Delta Q + p_1 \Delta Q + C_c - C_q \quad (4.7)$$

Reordenando y multiplicando y dividiendo por Q_0 :

$$\nu \Delta t Q_0 + C_c + \frac{1}{2} (\nu \Delta t Q_0 + \Delta p Q_0) \frac{\Delta Q}{Q_0} + p_1 Q_0 \frac{\Delta Q}{Q_0} - C_q \quad (4.8)$$

Como suponemos que el modo convencional no tiene ni ganancias ni pérdidas, y los costes son evitables cuando el tráfico se desvía a la alta velocidad, entonces $C_c = p_0 q_0$ y $p_1 Q_0 = C_c + |\Delta p| Q_0$, y por tanto (4.8) es equivalente a:

$$v\Delta t Q_0 + C_c + \left(\frac{1}{2} v\Delta t Q_0 + C_c + \frac{1}{2} \Delta p Q_0 + |\Delta p| Q_0 \right) \frac{\Delta Q}{Q_0} - C_q \quad (4.9)$$

Simplificando y representando α la ratio $\frac{\Delta Q}{Q_0}$:

$$v\Delta t Q_0 + C_c + \left(\frac{1}{2} v\Delta t Q_0 + C_c + \frac{1}{2} |\Delta p| Q_0 \right) \alpha - C_q \quad (4.10)$$

Considerando que $v\Delta t$ es siempre mayor que Δp (de otro modo el número de pasajeros no se incrementaría), la ecuación (4.10) puede ser finalmente aproximada por:

$$[v\Delta t Q_0 + C_c] (1 + \alpha) - C_q \quad (4.11)$$

donde,

v : valor medio del tiempo.

Δt : ahorro medio de tiempo.

Q_0 : demanda desviada en el primer año a la línea de alta velocidad.

C_c : coste variable anual del modo convencional.

α : proporción de los pasajeros generados *con* el proyecto con respecto a Q_0 .

Para que (4.11) sea equivalente a (4.10), se requiere que $v\Delta t = |\Delta p|$ y, por tanto, (4.11) sobreestime los beneficios del tráfico generado por la diferencia $v\Delta t - |\Delta p|$, lo que beneficia a la evaluación del proyecto.

Sustituyendo (4.11) en (4.5) y reordenando, es inmediato calcular el valor mínimo de Q_0 que sería necesario para el VAN social positivo:

$$Q_0 > \frac{1}{v\Delta t (1 + \alpha)} \left[\frac{r - \theta}{1 - e^{-(r-\theta)T}} I + C_q + C_t \frac{r - \theta}{r} \frac{1 - e^{-rT}}{1 - e^{-(r-\theta)T}} - C_c (1 + \alpha) \right]. \quad (4.12)$$

4.3. Umbrales de demanda para la rentabilidad social de la inversión

Tenemos información limitada acerca de los valores reales de parámetros claves en (4.12). Una línea de alta velocidad en operación requiere incurrir en costes fijos (y parcialmente hundidos): gran parte de la inversión se destina a la construcción de infraestructuras, las vías y estaciones a lo largo de la línea; los edificios y equipo técnico para terminales y estaciones, la señalización de la línea, sistemas de gestión y control del tráfico.

Estos componentes necesitan mantenimiento y operación (energía, materiales y factor trabajo) y un sistema computarizado de reserva; y, aunque estos costes dependen parcialmente del volumen de tráfico, no pueden ser evitados completamente cuando la demanda es inferior a la esperada, por lo que los consideramos fijos en este documento de trabajo.

Además de la infraestructura específica, se necesita inversión en material rodante de alta velocidad, así como el mantenimiento y los costes operativos de la energía y gastos de trabajo necesarios para tener los trenes en funcionamiento. Estos costes están relacionados con la demanda, pero parcialmente podrían ser considerados fijos en el corto plazo. En este documento, consideraremos todos estos costes como variables, dependientes del nivel de demanda.

No es fácil obtener valores para los costes de los proyectos de alta velocidad, y el rango de variabilidad de dichos costes es amplio, variando los costes con las condiciones locales: la densidad de áreas urbanas que se cruzan, el número de túneles, puentes, etc. Hemos trabajado con un rango de valores de costes típicos en circunstancias estándar (basados en las líneas de alta velocidad en operación en Europa) y con valores del tiempo tomados de varios estudios europeos en el pasado reciente.

Los datos sobre los costes de la construcción de infraestructuras muestran cómo el coste por kilómetro varía de 12 millones de euros por kilómetro en España a 32 en Alemania y más de 45 en Holanda (Department of Environment, Transport and the Regions, 2004). A pesar de las dificultades asociadas a la limitada evidencia acerca de los datos del coste, es posible trabajar dentro de ciertos rangos que representan proyectos estándar ¹². En el cuadro 4.1

12. Existe evidencia de desviaciones sistemáticas en la estimación de los costes y de la demanda en los proyectos de grandes infraestructuras (*mega-projects*). Flyvbjerg, Skamris y Buhl (2004) encontraron que el 90% de este tipo de proyectos presenta desviaciones positivas significativas de los costes. Las desviaciones de costes ocurren en todo el mundo y se mantienen en los últimos 70 años.

CUADRO 4.1: Costes estimados de una línea de alta velocidad de 500 km en Europa (2004)

	Coste por unidad (miles de euros)	Unidades	Coste total (millones de euros)
<i>Costes de capital</i>			
Construcción de la infraestructura* (km)	12.000-40.000	500	6.000-20.000
Material rodante (trenes)	15.000	40	600
<i>Costes de funcionamiento (por año)</i>			
Mantenimiento de infraestructuras (km)	65	500	32,5
Mantenimiento del material rodante (trenes)	900	40	36,0
Energía (trenes)	892	40	35,7
Trabajo (empleados)	36	550	19,8

* El valor residual es un 50% de la inversión en infraestructura.

Fuente: UIC.

se muestran los costes actuales para una línea estándar de alta velocidad de 500 kilómetros (v. Barrón de Angoití, 2004).

El valor más bajo de los costes de construcción en el cuadro 4.1 es representativo de la línea Madrid-Sevilla (España) o el TGV Atlantique (Francia), mientras que el valor más alto reflejaría los costes de construcción de líneas como la de Nápoles-Roma y la de Florencia-Turín (Italia); en un valor medio de costes de construcción están el TGV Mediterenee (Francia), o el ICE Frankfurt-Colonia (Alemania), que es el más cercano al límite superior.

Un parámetro clave es el tiempo de ahorro medio por pasajero (Δt). SDG (2004) proporciona evidencia sobre el desarrollo de las líneas de alta velocidad, los mercados de transporte y los procesos de evaluación en el Reino Unido y otros seis países. El *caso base* es un servicio convencional ferroviario con una velocidad de operaciones de 130 kilómetros/hora (representativo de muchas líneas ferroviarias convencionales en Europa).

Para distancias en el rango de 350-400 kilómetros, una línea típica de alta velocidad supone un ahorro medio de 45-50 minutos. Cuando los trenes convencionales alcanzan los 100 kilómetros/hora, los ahorros de tiempo potenciales ascienden a una hora o más. Por otro lado, si la velocidad del tren convencional es de 160 kilómetros/hora, el tiempo ahorrado es de unos 35 minutos sobre una distancia de 450 kilómetros¹³.

13. Estos datos subrayan la importancia que tiene la elección del caso base en el análisis coste-beneficio.

Estos valores medios implican que todos los pasajeros viajan la longitud entera de la línea. Considerando la existencia de estaciones intermedias a lo largo de ésta y las longitudes de viaje diferentes, estos valores sobrestiman los ahorros de tiempo reales. Además, el tráfico desviado viene también de la carretera y el transporte aéreo. Los ahorros de tiempo son inferiores cuando los pasajeros se desvían del transporte aéreo, aunque más alto cuando los pasajeros proceden del transporte por carretera.

En este documento de trabajo suponemos que el tiempo medio ahorrado por pasajero se sitúa entre la media hora y la hora y media, rango que probablemente incorpora cualquier caso potencial en Europa.

Otros parámetros clave son el valor de tiempo y el tipo de descuento social. Utilizaremos valores del tiempo comprendidos entre un mínimo de 15 euros y un máximo de 30 euros/hora. El máximo es claramente superior a los valores medios recogidos en la literatura (v., por ejemplo, Nellthorp et al., 2001). Este rango incluye las diferentes posibilidades de los distintos objetivos de viaje y combinaciones iniciales de modo de transporte, y la posibilidad de que exista una disposición a pagar extra por la calidad que no está incluida en los valores del tiempo.

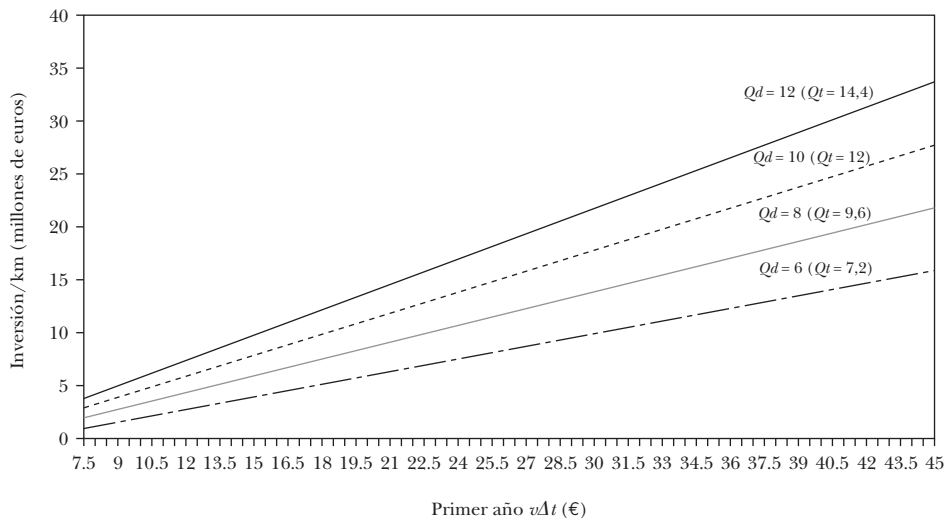
En cuanto a los costes evitables, en el modo convencional (C_c), suponemos que son la mitad de ($C_t + C_q$) en el tren de alta velocidad ¹⁴. La tasa de descuento social utilizada para actualizar los flujos de beneficios y costes es del 5% en términos reales, que es el valor recomendado por la Comisión Europea para la evaluación de proyectos de infraestructura (v. Comisión Europea, 1997).

La expresión (4.12) permite ver la estimación de los umbrales de demanda para distintos ahorros de tiempo medios, valor de tiempo y otros parámetros relevantes. Los gráficos 4.1a-4.2b representan isocuantas para valores particulares de Q , compatibles con un VAN social igual a cero. Estos valores se obtienen para una línea de 500 kilómetros, una distancia óptima para un proyecto de una línea de alta velocidad. Cualquier isocuanta muestra el nivel de demanda requerida para un VAN igual a cero, para diferentes $v\Delta t$ y costes de inversión (incluyendo el material rodante), bajo escenarios alternativos para el tráfico generado y el crecimiento anual de los beneficios netos.

Las isocuantas pueden ser interpretadas de formas diferentes, y una aproximación interesante consiste en comprobar cuáles son los niveles mí-

14. Los ahorros de costes en los modos convencionales alcanzan un tercio de $C_t + C_q$ en la evaluación de la línea Madrid-Sevilla (De Rus e Inglada, 1997).

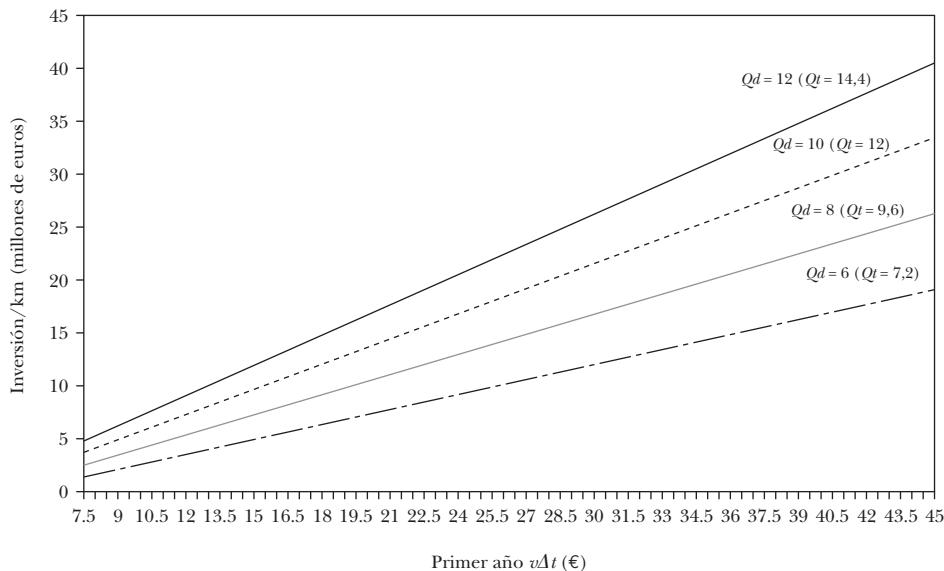
GRÁFICO 4.1a: Demanda requerida en el primer año para un VAN = 0
($\alpha = 0,2$; $\theta = 3\%$)



Q_d : demanda desviada
 Q_t : demanda total $Q_t = Q_d (1 + \alpha)$
 α : proporción de tráfico generado

θ : crecimiento anual de los beneficios netos
 v : valor medio del tiempo
 Δt : valor medio del ahorro por pasajero

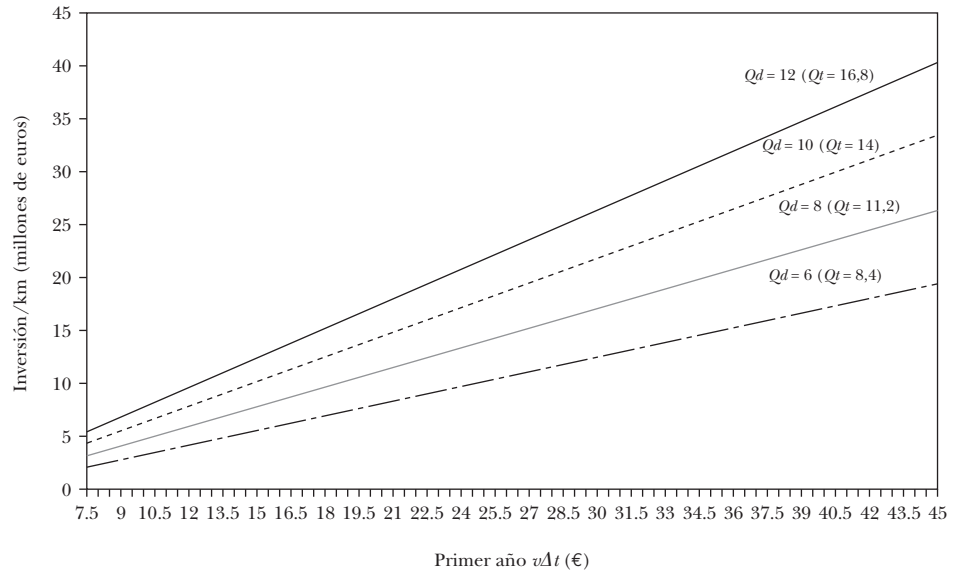
GRÁFICO 4.1b: Demanda requerida en el primer año para un VAN = 0
($\alpha = 0,2$; $\theta = 4\%$)



Q_d : demanda desviada
 Q_t : demanda total $Q_t = Q_d (1 + \alpha)$
 α : proporción de tráfico generado

θ : crecimiento anual de los beneficios netos
 v : valor medio del tiempo
 Δt : valor medio del ahorro por pasajero

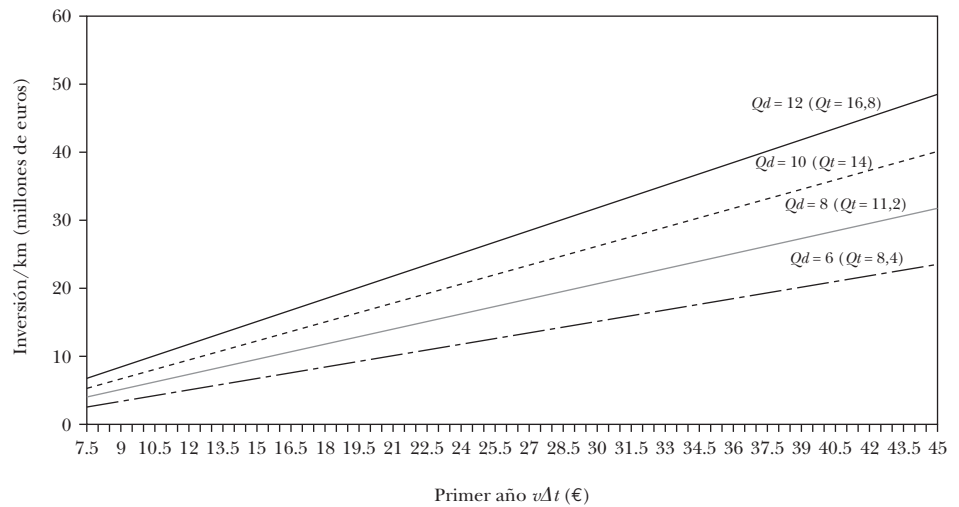
GRÁFICO 4.2a: Demanda requerida en el primer año para un VAN = 0
($\alpha = 0,4$; $\theta = 3\%$)



Q_d : demanda desviada
 Q_t : demanda total $Q_t = Q_d (1 + \alpha)$
 α : proporción de tráfico generado

θ : crecimiento anual de los beneficios netos
 v : valor medio del tiempo
 Δt : valor medio del ahorro por pasajero

GRÁFICO 4.2b: Demanda requerida en el primer año para un VAN = 0
($\alpha = 0,4$; $\theta = 4\%$)



Q_d : demanda desviada
 Q_t : demanda total $Q_t = Q_d (1 + \alpha)$
 α : proporción de tráfico generado

θ : crecimiento anual de los beneficios netos
 v : valor medio del tiempo
 Δt : valor medio del ahorro por pasajero

nimos de demanda requeridos, para un rango particular de los valores esperados de inversión (material rodante incluido) y valor total esperado de ahorros de tiempo por pasajero medio. Las isocuantas en los gráficos 4.1a-4.2b muestran que, para una línea de 500 kilómetros, incluso en los mejores casos con costes bajos de la inversión, alto crecimiento anual de los beneficios netos y una elevada proporción de pasajeros generados, es muy difícil encontrar un caso de inversión en alta velocidad con una demanda en el primer año inferior a seis millones de pasajeros. En términos de momento óptimo, tal inversión no debería ser emprendida hasta que el tráfico haya crecido por encima de esta cifra.

Los cuadros 4.2a-4.2b recogen los resultados del análisis de sensibilidad para determinar el umbral de demanda del primer año que conduce a un VAN igual a cero. Los costes de inversión por kilómetro son 12, 20, 30 y 40 millones de euros. El beneficio medio por pasajero es de 20, 30 y 45 euros. Los porcentajes de demanda generada en relación con la desviada son 20, 30, 40 y 50. Los crecimientos anuales de los beneficios netos son 2, 3 y 4%. Los tipos de descuento sociales son el 5 y el 3% alternativamente.

Los resultados que recogen estos cuadros refuerzan el hecho de que sólo encontramos un caso para una línea de alta velocidad con una demanda total inferior a los seis millones de pasajeros por año en aquellas circunstancias en las que los costes de construcción son bajos y se combinan con un tipo de descuento bajo y unos altos valores de ahorros de tiempo por pasajero. Con costes altos de construcción y valores favorables en las demás variables, se requiere una demanda inicial del primer año de al menos nueve millones de viajeros. En circunstancias desfavorables, el umbral es sensiblemente superior.

Como se ha argumentado en estas páginas, los umbrales de demanda estimados han sido obtenidos suponiendo que los beneficios proceden de los ahorros de tiempo de tráfico desviado de otros modos y los beneficios, de la generación de nuevos viajes. Cuando la provisión de nueva capacidad ferroviaria es necesaria y hay congestión significativa en carreteras y aeropuertos, los beneficios adicionales de la inversión en alta velocidad permitirían reducir la demanda requerida en el primer año para obtener un VAN positivo.

La construcción de nuevas líneas de alta velocidad aumenta la capacidad, para pasajeros y carga, tanto por la nueva infraestructura que se añade al sistema, como por la liberación de capacidad en las rutas convencionales ya existentes. En el estudio del caso británico estos beneficios se consideran de alrededor del 10%, que serían equivalentes a un aumento del 10% en el

CUADRO 4.2a: Umbrales de la demanda del primer año correspondientes a un VAN = 0 ($r = 5\%$; $T = 40$; $C_t = 32,5$; $C_q = 91,5$; $C_c = 62$)

		Q												
		α												
		20%			30%			40%			50%			
		θ												
		2%	3%	4%	2%	3%	4%	2%	3%	4%	2%	3%	4%	
12		20	14,9	12,8	10,8	14,6	12,5	10,5	14,3	12,2	10,2	14,0	11,8	9,9
		30	10,0	8,5	7,2	9,8	8,3	7,0	9,5	8,1	6,8	9,3	7,9	6,6
		45	6,6	5,7	4,8	6,5	5,5	4,7	6,4	5,4	4,5	6,2	5,3	4,4
20		20	23,5	20,0	16,9	23,2	19,7	16,6	22,9	19,4	16,3	22,6	19,1	15,9
		30	15,7	13,4	11,2	15,5	13,2	11,0	15,3	12,9	10,8	15,1	12,7	10,6
		45	10,5	8,9	7,5	10,3	8,8	7,4	10,2	8,6	7,2	10,0	8,5	7,1
30		20	34,3	29,1	24,5	33,9	28,8	24,1	33,6	28,5	23,8	33,3	28,2	23,5
		30	22,8	19,4	16,3	22,6	19,2	16,1	22,4	19,0	15,9	22,2	18,8	15,7
		45	15,2	12,9	10,9	15,1	12,8	10,7	15,0	12,7	10,6	14,8	12,5	10,5
40		20	45,0	38,2	32,0	44,7	37,9	31,7	44,4	37,6	31,4	44,1	37,3	31,1
		30	30,0	25,5	21,4	29,8	25,3	21,2	29,6	25,0	20,9	29,4	24,8	20,7
		45	20,0	17,0	14,2	19,9	16,8	14,1	19,7	16,7	14,0	19,6	16,6	13,8

Q : demanda total (millones de viajeros)

α : proporción de tráfico generado

θ : tasa de crecimiento anual de los beneficios netos

v : valor medio del tiempo (euros/hora)

Δt : tiempo medio de ahorro por pasajero (horas)

F : coste de inversión por kilómetro (construcción + VAN de material rodante, millones de euros)

r : tasa social de descuento

T : vida del proyecto (años)

C_f : costes fijos anuales de mantenimiento y operativos (millones de euros)

C_q : costes variables anuales de mantenimiento y operativos dependientes de Q (millones de euros)

C_c : costes variables anuales del modo convencional (millones de euros) $C_c = 1/2 (C_t + C_q)$

CUADRO 4.2b: Umbrales de la demanda del primer año correspondientes a un VAN = 0 ($r = 3\%$; $T = 40$; $C_t = 32,5$; $C_q = 91,5$; $C_c = 62$)

		<i>Q</i>											
		α											
		20%			30%			40%			50%		
		θ											
		2%	3%	4%	2%	3%	4%	2%	3%	4%	2%	3%	4%
12	20	11,1	10,0	7,7	10,8	9,7	7,4	10,5	9,4	7,1	10,2	9,1	6,8
	30	7,4	6,7	5,1	7,2	6,4	4,9	7,0	6,2	4,7	6,8	6,0	4,5
	45	4,9	4,4	3,4	4,8	4,3	3,3	4,7	4,2	3,2	4,5	4,0	3,0
20	20	17,2	15,0	11,8	16,9	14,7	11,5	16,5	14,4	11,2	16,2	14,1	10,9
	30	11,4	10,0	7,9	11,2	9,8	7,7	11,0	9,6	7,4	10,8	9,4	7,2
	45	7,6	6,7	5,2	7,5	6,5	5,1	7,4	6,4	5,0	7,2	6,2	4,8
30	20	24,8	21,2	16,9	24,4	20,9	16,6	24,1	20,6	16,3	23,8	20,3	15,9
	30	16,5	14,2	11,2	16,3	13,9	11,0	16,1	13,7	10,8	15,9	13,5	10,6
	45	11,0	9,4	7,5	10,9	9,3	7,4	10,7	9,2	7,2	10,6	9,0	7,1
40	20	32,3	27,5	22,0	32,0	27,2	21,6	31,7	26,9	21,3	31,4	26,6	21,0
	30	21,6	18,3	14,6	21,4	18,1	14,4	21,1	17,9	14,2	20,9	17,7	14,0
	45	14,4	12,2	9,8	14,2	12,1	9,6	14,1	11,9	9,5	14,0	11,8	9,3

Q: demanda total (millones de viajeros)

α : proporción de tráfico generado

θ : tasa de crecimiento anual de los beneficios netos

v: valor medio del tiempo (euros/hora)

Δt : tiempo medio de ahorro por pasajero (horas)

F: coste de inversión por kilómetro (construcción + VAN de material rodante, millones de euros)

r: tasa social de descuento

T: vida del proyecto (años)

C_f : costes fijos anuales de mantenimiento y operativos (millones de euros)

C_q : costes variables anuales de mantenimiento y operativos dependientes de *Q* (millones de euros)

C_c : costes variables anuales del modo convencional (millones de euros) $C_c = 1/2 (C_t + C_q)$

nivel de demanda, por lo que su aportación no es espectacular. En aquellos casos en los que los cuellos de botella son serios y es muy difícil introducir mejoras en las rutas existentes, la justificación para la inversión en alta velocidad es más fuerte. La inversión en alta velocidad mejoraría su rentabilidad en circunstancias en que esta infraestructura introdujese beneficios ambientales o indirectos significativos.

5. Conclusiones

LA justificación de destinar recursos a la construcción de una infraestructura para trenes de alta velocidad depende de la capacidad de dicha opción para generar beneficios sociales que compense los costes de construcción, mantenimiento y operación. Las decisiones de inversión en esta tecnología no siempre han estado basadas, en el pasado reciente, en el análisis económico. Una mezcla de argumentos, más allá de los ahorros de tiempo —consideraciones estratégicas, efectos medioambientales, desarrollo regional, etcétera—, ha sido con frecuencia usada con insuficiente evidencia en la que apoyarse.

El hecho de que la inversión en alta velocidad sea socialmente rentable depende de las condiciones locales, que determinan la magnitud de los costes, niveles de demanda y los beneficios externos, como la reducción de la congestión o la contaminación de otros modos. Dados los costes de la alta velocidad, el beneficio neto social esperado de la inversión en esta tecnología depende del número de usuarios y su composición (pasajeros desviados y generados) y del grado de congestión en el pasillo afectado por la inversión.

Los proyectos de alta velocidad requieren un volumen elevado de demanda con valor económico suficiente que permita compensar el alto coste que requiere la capacidad que provee y el mantenimiento y explotación de la línea. No se trata solamente de que el número de pasajeros sea alto, sino que es necesaria una elevada disposición a pagar por la nueva instalación: muchos usuarios, que obtienen beneficios elevados cuando cambian a la alta velocidad, realizan más viajes o se incorporan por primera vez a viajar en el pasillo de tráfico en el que se ha realizado la inversión.

En las líneas de alta velocidad, la inversión realmente no sólo ahorra tiempo, sino que también aumenta la capacidad, tanto para los pasajeros como para la carga, por la capacidad que proporciona en sí misma y por la capacidad liberada en las líneas convencionales existentes. En aquellas líneas caracterizadas por cuellos de botella serios, la oportunidad de mejorar los servicios que hay bien puede aumentar el valor añadido de la alta velocidad.

Hemos explorado bajo qué condiciones se pueden esperar beneficios sociales netos positivos de un proyecto de alta velocidad. En este documento de trabajo hemos realizado algunos supuestos simplificadores, con el objetivo de obtener unas referencias para juzgar la oportunidad económica de la alta velocidad: el nivel mínimo de demanda, a partir del cual se podría esperar un VAN positivo cuando la nueva capacidad no proporciona otros beneficios que los que se derivan de los ahorros de tiempo por desviación de demanda y los beneficios adicionales de los viajes generados.

Concluimos que, sólo en circunstancias excepcionales (una combinación de costes de construcción bajos unida a altos beneficios para los usuarios, tal vez porque la infraestructura existente ferroviaria y los servicios de otros modos competidores son muy pobres), una nueva línea de alta velocidad podría justificarse con un nivel por debajo de los seis millones de pasajeros en el año de apertura; sin embargo, con costes de construcción y ahorros de tiempo más habituales se requiere en torno a los nueve millones de pasajeros por año.

La evaluación del caso británico, teniendo en cuenta la liberación de capacidad sobre las líneas existentes, podría reducir esta cifra en aproximadamente un 10%, aunque teniendo en cuenta el momento temporal óptimo, podría aumentarlas. Si se considera una red en su conjunto, las conexiones individuales podrían justificarse con niveles inferiores de demanda, con tal de que el aumento de la densidad de tráfico sobre la red en total produzca un volumen de tráfico adicional equivalente.

También, los umbrales de demanda obtenidos en este trabajo suponen que los beneficios crecen en la misma proporción que el producto interior bruto (PIB). Cuando la demanda crece y también el valor de los ahorros de tiempo, puede que estemos subestimando el crecimiento de los beneficios. Los beneficios ambientales y los indirectos también reforzarían el caso, sin embargo, parece que —cuando se ajustan por el incremento de los costes ambientales de los viajes desviados del tren convencional— los beneficios ambientales netos pueden ser marginales, mientras que los beneficios económicos indirectos son sumamente variables e inciertos.

Nuestros resultados sugieren que, considerando volúmenes ferroviarios típicos en Europa, la inversión en infraestructuras de alta velocidad rara vez puede ser justificada a partir de los ahorros de tiempo y la disposición a pagar por el tráfico generado en un pasillo de tráfico considerado aisladamente. Sería necesaria una combinación de nuevas líneas de alta velocidad que se construyeran para evitar secciones de la red con problemas serios de capacidad, con trenes de alta velocidad que continúen utilizando parte de las líneas convencionales mejoradas, o beneficios de red, gracias a la nueva

sección al ser utilizada por distintos flujos de tráfico o por la existencia de congestión severa y problemas ambientales con respecto a otros modos de transporte con los que compete la alta velocidad.

Éstos son algunos de los rasgos característicos de la mayor parte de las redes de alta velocidad francesas y alemanas, y de las propuestas para Gran Bretaña, pero son menos representativos de la situación de los países con una densidad demográfica inferior y están lejos de los del centro de Europa.

Bibliografía

- ATKINS (2004): «High-Speed Line Study», informe del Department of Environment, Transport and the Regions (Summary Report Department of Environment, Transport and the Regions, Londres, <http://www.dft.gov.uk>).
- BARRÓN DE ANGOITI, I. (2004): *Construction Costs of High Speed Lines*, París, UIC.
- BONNAFOUS, A. (1987): «The Regional Impact of the TGV», *Transportation*, 14 (2), 127-137, junio.
- COMISIÓN EUROPEA (1997): *Guide to Cost-Benefit Analysis of Major Projects. In the Context of EC Regional Policy*, Bruselas, Directorate-General XVI.
- DEPARTMENT OF ENVIRONMENT, TRANSPORT AND THE REGIONS (1999): *The Incidence of Imperfect Competition in UK Sectors and Regions*, Londres.
- (2004): *High Speed Line Study*, Londres, estudio de viabilidad de Atkins para Strategic Rail Authority (SRA).
- DE RUS, G. y V. INGLADA (1993) «Análisis coste-beneficio del tren de alta velocidad en España», *Revista de Economía Aplicada*, 1 (3), 27-48, invierno.
- y V. INGLADA (1997): «Cost-Benefit Analysis of the High-Speed Train in Spain», *The Annals of Regional Science*, 31 (2), 175-188, mayo.
- EVANS, A. W. (2003): «Accidental Fatalities in Transport», *JRSS Series A*, 166 (2), 253-260, junio.
- FLYVBJERG, B., M. K. SKAMRIS y S. L. BUHL (2004): «What Causes Cost Overrun in Transport Infrastructure Projects?», *Transport Reviews*, 24 (1), 3-18, enero.
- GIBSON, S., G. COOPER y B. BELL (2002): «Developments in Transport Policy: The Evolution of Capacity Charges on the UK Rail Network», *Journal of Transport Economics and Policy*, 36 (2), 341-354, mayo.
- GRAHAM, D. J. (2005): *Wider Economic Benefits of Transport Improvements: Link Between Agglomeration and Productivity*, Londres, Dft, Imperial College.
- HARBERGER, A. C. (1972): *Project Evaluation: Collected Papers*, Chicago, The University of Chicago Press.
- HENSHER, D. A. (1977): *Value of Business Travel Time*, Oxford, Nueva York, Pergamon Press.
- INFRAS/IWW (2000): *External Costs of Transport*, Zúrich/Karlsruhe.
- INSTITUTE FOR TRANSPORT STUDIES (2003): *Values of Travel Time Saving in the UK*, Leeds, University of Leeds, Institute for Transport Studies.
- JARA DÍAZ, S. (1986): «On the Relation Between Users' Benefits and the Economic Effects of Transportation Activities», *Journal of Regional Science*, 26 (2), 379-391, mayo.

- MARKS, P., A. S. FOWKES y C. A. NASH (1986): «Valuing Long Distance Business Travel Time Savings for Evaluation: A Methodological Review and Application», 14th PTCR Summer Annual Meeting, Inglaterra, Universidad de Sussex, 14-17 de julio.
- MOHRING, H. (1976): *Transportation Economics*, Ballinger Publishing Company.
- NELLTHORP, J., T. SANSOM, P. BICKEL, C. DOLL y G. LINDBERG (2001): *Valuation Conventions for UNITE. UNITE (Unification of Accounts and Marginal Costs for Transport Efficiency)*, 5th Framework RTD Programme, Leeds, ITS, University of Leeds.
- SDG (STEER DAVIES GLEAVE) (2004): *High Speed Rail: International Comparisons*, preparado por Steer Davies Gleave para la Commission for Integrated Transport, Londres.
- TML (TRANSPORT AND MOBILITY LEUVEN) (2005): *ASSESS Final Report, Annex 21*.
- VAN ESSEN, H., O. BELLO, J. DINGS y R. VAN DEN BRINK (2003): *To Shift or not to Shift, that's the Question. The Environmental Performance of the Principal Modes of Freight and Passenger Transport in the Policy-Making Context*, Delft, CE, marzo.
- VICKERMAN, R. (2006): «Indirect and Wider Economic Benefits of High Speed Rail», documento para la IV Conferencia Anual sobre la Estructura de la Industria del Ferrocarril, Competencia e Inversión, Madrid, octubre.
- WARDMAN, M. (2001): «A Review of British Evidence on Time and Service Quality», *Transportation Research E* 37, 2-3, 107-128, abril-julio.

N O T A S O B R E L O S A U T O R E S

GINÉS DE RUS MENDOZA, doctor en Economía por la Universidad de Leeds (Reino Unido), es catedrático de Economía Aplicada de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Actualmente es profesor de Análisis Coste-Beneficio en el máster de *economía industrial* de la Universidad Carlos III de Madrid, donde ha sido director del máster en *economía del transporte*. Es miembro de diversos consejos asesores científicos y profesionales. Ha realizado proyectos de investigación para, entre otros organismos e instituciones, la Comisión Europea, el Banco Europeo de Inversiones, el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Tribunal de Defensa de la Competencia y el Ministerio de Economía y Hacienda. Sus publicaciones incluyen varios libros y numerosos artículos sobre economía del transporte y análisis coste-beneficio.

Correo electrónico: gderus@daea.ulpgc.es

CHRIS NASH es profesor de investigación en el Institute for Transport Studies (Universidad de Leeds). A lo largo de su carrera profesional en el campo de la economía del transporte, ha participado en numerosos proyectos de investigación y ha actuado como asesor de diferentes instituciones, incluyendo la Comisión Europea y los gobiernos de Australia, Sudáfrica, China y el propio Reino Unido. Ha publicado numerosos libros y artículos en revistas científicas, participando actualmente en el comité de redacción de algunas de las publicaciones más importantes del sector, como el *Journal of Transport Economics and Policy*, *Transportation Research Part E* o *International Journal of Transport Economics*.

Correo electrónico: C.A.Nash@its.leeds.ac.uk

Cualquier comentario sobre los contenidos recogidos en esta publicación puede dirigirse a Ginés de Rus Mendoza a través de gderus@daea.ulpgc.es.

Fundación **BBVA**

DOCUMENTOS DE TRABAJO

NÚMEROS PUBLICADOS

- DT 01/02 *Trampa del desempleo y educación: un análisis de las relaciones entre los efectos desincentivadores de las prestaciones en el Estado del Bienestar y la educación*
Jorge Calero Martínez y Mónica Madrigal Bajo
- DT 02/02 *Un instrumento de contratación externa: los vales o cheques. Análisis teórico y evidencias empíricas*
Ivan Planas Miret
- DT 03/02 *Financiación capítativa, articulación entre niveles asistenciales y descentralización de las organizaciones sanitarias*
Vicente Ortún-Rubio y Guillem López-Casasnovas
- DT 04/02 *La reforma del IRPF y los determinantes de la oferta laboral en la familia española*
Santiago Álvarez García y Juan Prieto Rodríguez
- DT 05/02 *The Use of Correspondence Analysis in the Exploration of Health Survey Data*
Michael Greenacre
- DT 01/03 *¿Quiénes se beneficiaron de la reforma del IRPF de 1999?*
José Manuel González-Páramo y José Félix Sanz Sanz
- DT 02/03 *La imagen ciudadana de la Justicia*
José Juan Toharia Cortés
- DT 03/03 *Para medir la calidad de la Justicia (I): Abogados*
Juan José García de la Cruz Herrero
- DT 04/03 *Para medir la calidad de la Justicia (II): Procuradores*
Juan José García de la Cruz Herrero
- DT 05/03 *Dilación, eficiencia y costes: ¿Cómo ayudar a que la imagen de la Justicia se corresponda mejor con la realidad?*
Santos Pastor Prieto
- DT 06/03 *Integración vertical y contratación externa en los servicios generales de los hospitales españoles*
Jaume Puig-Junoy y Pol Pérez Sust
- DT 07/03 *Gasto sanitario y envejecimiento de la población en España*
Namkee Ahn, Javier Alonso Meseguer y José A. Herce San Miguel

- DT 01/04 *Métodos de solución de problemas de asignación de recursos sanitarios*
Helena Ramalhinho Dias Lourenço y Daniel Serra de la Figuera
- DT 01/05 *Licensing of University Inventions: The Role of a Technology Transfer Office*
Inés Macho-Stadler, David Pérez-Castrillo y Reinhilde Veugelers
- DT 02/05 *Estimating the Intensity of Price and Non-price Competition in Banking: An Application to the Spanish Case*
Santiago Carbó Valverde, Juan Fernández de Guevara Radoselovics, David Humphrey y Joaquín Maudos Villarroya
- DT 03/05 *Sistemas de pensiones y fecundidad. Un enfoque de generaciones solapadas*
Gemma Abío Roig y Concepció Patxot Cardoner
- DT 04/05 *Análisis de los factores de exclusión social*
Joan Subirats i Humet (Dir.), Ricard Gomà Carmona y Joaquim Brugué Torruella (Coords.)
- DT 05/05 *Riesgos de exclusión social en las Comunidades Autónomas*
Joan Subirats i Humet (Dir.), Ricard Gomà Carmona y Joaquim Brugué Torruella (Coords.)
- DT 06/05 *A Dynamic Stochastic Approach to Fisheries Management Assessment: An Application to some European Fisheries*
José M. Da-Rocha Álvarez y María-José Gutiérrez Huerta
- DT 07/05 *The New Keynesian Monetary Model: Does it Show the Comovement between Output and Inflation in the U.S. and the Euro Area?*
Ramón María-Dolores Pedrero y Jesús Vázquez Pérez
- DT 08/05 *The Relationship between Risk and Expected Return in Europe*
Ángel León Valle, Juan Nave Pineda y Gonzalo Rubio Irigoyen
- DT 09/05 *License Allocation and Performance in Telecommunications Markets*
Roberto Burguet Verde
- DT 10/05 *Procurement with Downward Sloping Demand: More Simple Economics*
Roberto Burguet Verde
- DT 11/05 *Technological and Physical Obsolescence and the Timing of Adoption*
Ramón Caminal Echevarría
- DT 01/06 *El efecto de la inmigración en las oportunidades de empleo de los trabajadores nacionales: Evidencia para España*
Raquel Carrasco Perea, Juan Francisco Jimeno Serrano y Ana Carolina Ortega Masagué
- DT 02/06 *Inmigración y pensiones: ¿Qué sabemos?*
José Ignacio Conde-Ruiz, Juan Francisco Jimeno Serrano y Guadalupe Valera Blanes
- DT 03/06 *A Survey Study of Factors Influencing Risk Taking Behavior in Real World Decisions under Uncertainty*
Manel Baucells Alibés y Cristina Rata
- DT 04/06 *Measurement of Social Capital and Growth: An Economic Methodology*
Francisco Pérez García, Lorenzo Serrano Martínez, Vicente Montesinos Santalucía y Juan Fernández de Guevara Radoselovics

- DT 05/06 *The Role of ICT in the Spanish Productivity Slowdown*
Matilde Mas Ivars y Javier Quesada Ibáñez
- DT 06/06 *Cross-Country Comparisons of Competition and Pricing Power in European Banking*
David Humphrey, Santiago Carbó Valverde, Joaquín Maudos Villarroya y Philip Molyneux
- DT 07/06 *The Design of Syndicates in Venture Capital*
Giacinta Cestone, Josh Lerner y Lucy White
- DT 08/06 *Efectos de la confianza en la información contable sobre el coste de la deuda*
Belén Gill de Albornoz Noguer y Manuel Illueca Muñoz
- DT 09/06 *Relaciones sociales y envejecimiento saludable*
Ángel Otero Puime, María Victoria Zunzunegui Pastor, François Béland, Ángel Rodríguez Laso y María Jesús García de Yébenes y Prous
- DT 10/06 *Ciclo económico y convergencia real en la Unión Europea: Análisis de los PIB per cápita en la UE-15*
José Luis Cendejas Bueno, Juan Luis del Hoyo Bernat, Jesús Guillermo Llorente Álvarez, Manuel Monjas Barroso y Carlos Rivero Rodríguez
- DT 11/06 *Esperanza de vida en España a lo largo del siglo xx: Las tablas de mortalidad del Instituto Nacional de Estadística*
Francisco José Goerlich Gisbert y Rafael Pinilla Pallejà
- DT 12/06 *Convergencia y desigualdad en renta permanente y corriente: Factores determinantes*
Lorenzo Serrano Martínez
- DT 13/06 *The Common Agricultural Policy and Farming in Protected Ecosystems: A Policy Analysis Matrix Approach*
Ernest Reig Martínez y Vicent Estruch Guitart
- DT 14/06 *Infrastructures and New Technologies as Sources of Spanish Economic Growth*
Matilde Mas Ivars
- DT 15/06 *Cumulative Dominance and Heuristic Performance in Binary Multi-Attribute Choice*
Manel Baucells Alibés, Juan Antonio Carrasco López y Robin M. Hogarth
- DT 16/06 *Dynamic Mixed Duopoly: A Model Motivated by Linux versus Windows*
Ramon Casadesus-Masanell y Pankaj Ghemawat
- DT 01/07 *Social Preferences, Skill Segregation and Wage Dynamics*
Antonio Cabrales Goitia, Antoni Calvo-Armengol y Nicola Pavoni
- DT 02/07 *Stochastic Dominance and Cumulative Prospect Theory*
Manel Baucells Alibés y Franz H. Heukamp
- DT 03/07 *Agency Revisited*
Ramon Casadesus-Masanell y Daniel F. Spulber
- DT 04/07 *Social Capital and Bank Performance: An International Comparison for OECD Countries*
José Manuel Pastor Monsálvez y Emili Tortosa-Ausina

- DT 05/07 *Cooperation and Cultural Transmission in a Coordination Game*
Gonzalo Olcina Vauteren y Vicente Calabuig Alcántara
- DT 06/07 *The Extended Atkinson Family and Changes in Expenditure Distribution: Spain 1973/74 – 2003*
Francisco J. Goerlich Gisbert, María Casilda Lasso de la Vega Martínez y Ana Marta Urrutia Careaga
- DT 07/07 *Análisis de la evolución de la dependencia en la tercera edad en España*
David Casado Marín
- DT 08/07 *Designing Contracts for University Spin-offs*
Inés Macho-Stadler, David Pérez-Castrillo y Reinhilde Veugelers
- DT 09/07 *Regional Differences in Socioeconomic Health Inequalities in Spain*
Pilar García Gómez y Ángel López Nicolás
- DT 10/07 *The Evolution of Inequity in Access to Health Care in Spain: 1987-2001*
Pilar García Gómez y Ángel López Nicolás
- DT 11/07 *The Economics of Credit Cards, Debit Cards and ATMs: A Survey and Some New Evidence*
Santiago Carbó-Valverde, Nadia Massoud, Francisco Rodríguez-Fernández, Anthony Saunders y Barry Scholnick
- DT 12/07 *El impacto comercial de la integración europea, 1950-2000*
Luis Fernando Lanaspá Santolaria, Antonio Montañés Bernal, Marcos Sanso Frago y Fernando Sanz Gracia
- DT 13/07 *Proyecciones de demanda de educación en España*
Andrés M. Alonso Fernández, Daniel Peña Sánchez de Rivera y Julio Rodríguez Puerta
- DT 14/07 *Aversion to Inequality and Segregating Equilibria*
Antonio Cabrales Goitia y Antoni Calvó-Armengol
- DT 15/07 *Corporate Downsizing to Rebuild Team Spirit*
Antonio Cabrales Goitia y Antoni Calvó-Armengol
- DT 16/07 *Maternidad sin matrimonio: Nueva vía de formación de familias en España*
Teresa Castro Martín
- DT 17/07 *Immigrant Mothers, Spanish Babies: Childbearing Patterns of Foreign Women in Spain*
Marta Roig Vila y Teresa Castro Martín
- DT 18/07 *Los procesos de convergencia financiera en Europa y su relación con el ciclo económico*
José Luis Cendejas Bueno, Juan Luis del Hoyo Bernat, Jesús Guillermo Llorente Álvarez, Manuel Monjas Barroso y Carlos Rivero Rodríguez
- DT 19/07 *On Capturing Rent from a Non-Renewable Resource International Monopoly: A Dynamic Game Approach*
Santiago J. Rubio Jorge

- DT 20/07 *Simulación de políticas impositivas medioambientales:
Un modelo de equilibrio general de la economía española*
Antonio Manresa Sánchez y Ferran Sancho Pifarré
- DT 21/07 *Causas del crecimiento económico en Argentina (1990-2004):
Otro caso de «tiranía de los números»*
Ariel Alberto Coremberg
- DT 22/07 *Regional Financial Development and Bank Competition:
Effects on Economic Growth*
Juan Fernández de Guevara Radoselovics y Joaquín Maudos Villarroya
- DT 23/07 *Política fiscal e instituciones presupuestarias en los países
de la reciente ampliación de la Unión Europea*
Carlos Mulas-Granados, Jorge Onrubia Fernández y Javier Salinas Jiménez
- DT 24/07 *Measuring International Economic Integration:
Theory and Evidence of Globalization*
Iván Arribas Fernández, Francisco Pérez García y Emili Tortosa-Ausina
- DT 25/07 *Wage Inequality among Higher Education Graduates:
Evidence from Europe*
José García Montalvo
- DT 26/07 *Governance of the Knowledge-Intensive Firm*
Vicente Salas Fumás
- DT 27/07 *Profit, Productivity and Distribution: Differences Across Organizational Form*
Emili Grifell-Tatjé y C. A. Knox Lovell
- DT 28/07 *Identifying Human Capital Externalities: Theory with Applications*
Antonio Ciccone y Giovanni Peri
- DT 01/08 *A Multiplicative Human Development Index*
Carmen Herrero Blanco, Ricardo Martínez Rico y Antonio Villar Notario
- DT 02/08 *Real Exchange Rate Appreciation in Central and Eastern European Countries:
Why the Balassa-Samuelson Effect Does Not Explain the Whole Story*
José García Solanes
- DT 03/08 *Can International Environmental Cooperation Be Bought?*
Cristina Fuentes Albero y Santiago J. Rubio Jorge
- DT 04/08 *On the Dynamics of Globalization*
Iván Arribas Fernández, Francisco Pérez García y Emili Tortosa-Ausina
- DT 05/08 *Los motores de la aglomeración en España: Geografía versus historia*
Francisco J. Goerlich Gisbert y Matilde Mas Ivars
- DT 06/08 *Sobre el tamaño de las ciudades en España:
Dos reflexiones y una regularidad empírica*
Francisco J. Goerlich Gisbert y Matilde Mas Ivars

- DT 07/08 *Managing Waiting Lists in a Fair Way*
Carmen Herrero
- DT 08/08 *Estimación del capital social en España: Series temporales por territorios*
Francisco Pérez García, Lorenzo Serrano Martínez
y Juan Fernández de Guevara Radoselovics
- DT 09/08 *Estimation of Social Capital in the World: Time Series by Country*
Francisco Pérez García, Lorenzo Serrano Martínez
y Juan Fernández de Guevara Radoselovics
- DT 10/08 *Capabilities and Opportunities in Health*
Carmen Herrero y José Luis Pinto Prades
- DT 11/08 *Cultural Transmission and the Evolution of Trust
and Reciprocity in the Labor Market*
Gonzalo Olcina Vauteren y Vicente Calabuig Alcántara
- DT 12/08 *Vertical and Horizontal Separation in the European Railway Sector:
Effects on Productivity*
Pedro Cantos Sánchez, José Manuel Pastor Monsálvez y Lorenzo Serrano Martínez
- DT 01/09 *How Effective Are Rewards Programs in Promoting Payment Card Usage?:
Empirical Evidence*
Santiago Carbó-Valverde y José Manuel Liñares-Zegarra
- DT 02/09 *Comparative Advantage Across Goods and Product Quality*
Francisco Alcalá
- DT 03/09 *El transporte ferroviario de alta velocidad: Una visión económica*
Javier Campos Méndez, Ginés de Rus Mendoza e Ignacio Barrón de Angoiti

Fundación **BBVA**

Plaza de San Nicolás, 4
48005 Bilbao
España
Tel.: +34 94 487 52 52
Fax: +34 94 424 46 21

Paseo de Recoletos, 10
28001 Madrid
España
Tel.: +34 91 374 54 00
Fax: +34 91 374 85 22
publicaciones@bbva.es
www.bbva.es

