

---

# ANÁLISIS COMPARATIVO MODAL DEL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS EN ESPAÑA DESDE LA PERSPECTIVA DE UN MODELO DE COSTE GENERALIZADO

**CARLOS LÉRIDA NAVARRO**

Universidad Nacional de Educación a Distancia

El transporte ferroviario de mercancías en España está altamente infrutilizado, si se compara la situación del sector con la de otros países de nuestro entorno. La cuota modal media de transporte ferroviario de mercancías que presentan los sistemas ferroviarios de la UE con red ferroviaria, más Noruega y Suiza, está en torno al 10%, mientras que esta cuota en

España sólo alcanza el 4,1%. Este enorme diferencial en la cuota ferroviaria en mercancías de más de 6 puntos porcentuales resulta un hecho sorprendente, y más aún si se tiene en cuenta que el transporte ferroviario de pasajeros en España alcanza una cuota modal del 5,2% cercana a la cuota modal media europea (6,55%).

A los efectos de paliar estas desfavorables cuotas, la Comisión Europea está promoviendo entre los Estados Miembros, ya desde los años noventa, políticas activas con el objetivo de revitalizar y fomentar el tráfico ferroviario frente a otros modos. El libro blanco, *European Transport Policy for 2010* (2001), identificaba como problema clave el crecimiento desigual de los diferentes modos, como consecuencia de no haber incluido todas las externalidades en el precio del transporte, siendo el caso más claro el del transporte por carretera. Propone además un reequilibrio de los distintos modos, de forma que los transportes marítimo y ferroviario alcancen el 20% del total. Para el transporte ferroviario, se pretende alcanzar para el año 2020 una cuota del 16%. Este dato es uno de los pocos objetivos de carácter cuantitativo que se han formulado hasta la fecha en relación con la recu-

peración de cuota de transporte de mercancías para el ferrocarril (1).

El coste de desplazamiento de mercancías o pasajeros no sólo se reduce a la tarifa o coste operativo del modo de transporte de que se trate, sino que también conlleva un consumo de otros recursos, como por ejemplo el tiempo. El concepto de coste generalizado incluye, además de los costes directos del transporte, la valoración económica de las variables que influyen en las decisiones de los consumidores de los servicios de transporte. El coste generalizado es un reflejo directo de la idea de utilidad indirecta que a su vez representa la desutilidad de viajar, tal y como se detalla en Deaton y Muellbauer (1980). A nivel académico, la inclusión de variables no estrictamente monetarias como el tiempo de desplazamiento o el número de accidentes se encuentra ya en Pearce y Nash (1981).

Al efecto de explicar el diferencial de cuotas modales en el transporte de mercancías, el modelo planteado en este artículo pretende identificar los determinantes de esta menor cuota. Sirviendo además como punto de partida necesario para cualquier política de trans-

porte que trate de revertir esta situación, al considerar el efecto que tendría en el modelo la aplicación de medidas tendientes a minimizar el efecto de la incertidumbre en el envío o a internalizar los costes externos que genera el servicio de transporte más allá de la esfera privada de los agentes que intervienen en el servicio. En relación con este último punto, el modelo se puede utilizar con el objetivo de contrastar si un cambio regulatorio que implicase un peaje sobre modo carretera sería beneficioso para la sociedad en su conjunto.

A nivel académico, existen análisis empíricos en los que se estudian las implicaciones en los precios de transporte de viajeros de la congestión y otras externalidades en un marco multimodal, así como los efectos en el bienestar social de políticas de transporte que incidan en sus precios relativos, con modos opcionales [De Borger *et al.* (1997) y Proost y Van Derder (2001)]. Ambos trabajos concluyen que medidas regulatorias destinadas a corregir las externalidades principales revierten en ganancias de bienestar. Nash *et al.* (2001) examina diferentes sistemas europeos con el resultado mayoritario de ganancias de bienestar cuando se tarifica conforme a los costes marginales sociales. Arnott y Yan (2000) analizan los precios y capacidades óptimos conjuntos de un mercado de transporte con dos modos sujetos a congestión y sugiere que un incremento de precios del modo transporte privado por carretera repercute en un estadio de bienestar superior. Finalmente Ivaldi y Vibes (2008) analizan la competencia inter e intra modal en el transporte de pasajeros para el trayecto Colonia-Berlín con la simulación de la entrada de una nueva operadora ferroviaria *low cost*, en un mercado con diferentes aerolíneas y una ferroviaria. El resultado es un descenso en los precios de todos los modos (más intenso en la operadora ferroviaria inicial), un tráfico inducido relevante y una mejora del excedente del consumidor.

Hasta donde se conoce, no se ha hecho un ejercicio similar que intente valorar de una forma tan desagregada y exhaustiva las ventajas competitivas entre el ferrocarril y la carretera en el transporte de mercancías, considerados como productos diferenciados que se presentan como alternativas para el usuario e incluyendo externalidades.

A continuación, la sección siguiente desarrolla la metodología que subyace al modelo planteado. La sección Datos indica las fuentes de información estadística empleadas y analiza las hipótesis asumidas para la adaptación del modelo a los datos disponibles. La siguiente sección integra todos los resultados obtenidos. La última sección discute las principales conclusiones del trabajo.

## METODOLOGÍA

Se opta por un modelo que permita acudir a una noción amplia de coste como la que proporciona el coste generalizado, a partir de los últimos datos disponibles de cada una de las variables que pudieran afectar a la cuota modal ferroviaria del transporte de mercancías en España.

El modelo incorpora los diferentes parámetros y variables de los que existen datos y que en teoría pudieran explicar el elevado diferencial. En concreto, las variables explicativas que se evalúan son: (a) los costes monetarios directos que supone un trayecto en el modo ferroviario frente a la carretera, (b) el coste del tiempo como componente del coste generalizado, (c) la incertidumbre en relación con la entrega y recepción de la mercancía en el plazo acordado, y (d) el valor de las principales externalidades generadas.

Esta técnica, en sus diferentes versiones, ha sido utilizada para la evaluación económica de proyectos ferroviarios de alta velocidad de líneas concretas proyectadas o ya construidas, entre otros, Álvarez y Herce (1992); De Rus e Inglada (1997); Levinson *et al.* (1997); Coto-Millán e Inglada (2004); De Rus y Román (2006) y para análisis económicos de carácter general sobre el transporte ferroviario de alta velocidad De Rus y Nombela (2007); De Rus y Nash (2007); Campos *et al.* (2012); Betancor y Lobet (2015).

Sin embargo, ninguno de estos estudios, hasta donde se conoce, se dedica al transporte ferroviario de mercancías. En el transporte de mercancías el tiempo invertido es importante, ya que la rapidez y fiabilidad de las entregas está inversamente relacionada con el coste de mantener un *stock* determinado de mercancía.

Partiendo de  $\bar{U}$  como la desutilidad en la que incurre un usuario al transportar por sí mismo o a través de terceros mercancías de un punto de origen a otro de destino. Esta desutilidad para un usuario 1 sería:

$$\bar{U}_1 = P + V_1 T \quad [1]$$

donde,  $P$  es el precio del porte,  $V_1$  la valoración monetaria que hace del tiempo el usuario 1 y  $T$  el tiempo de transporte.

De manera que el coste generalizado (CG) de cualquier modo de transporte se puede cuantificar a través de la ecuación siguiente:

$$CG = P + (V \times T) + C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad [2]$$

donde  $P$  es la tarifa monetaria de cada modo de transporte para el trayecto analizado,  $V$  es la valoración monetaria unitaria del tiempo en función del modo de transporte considerado,  $T$  es el tiempo empleado en el trayecto y  $C_1, C_2, C_n$  son los diferentes componentes del coste generalizado considerados (por ejemplo los costes de las externalidades, accidentes, y otros costes a incluir en el modelo).

Así, la competencia entre los diferentes modos se realiza fundamentalmente a través de los diversos componentes del coste generalizado (valor monetario del tiempo empleado en el trayecto, seguridad, fiabilidad) y no solamente a través del precio o tarifa pagados por el consumidor del servicio de transporte.

Como novedad, el modelo de coste generalizado desarrollado se aborda desde dos perspectivas subjetivas

diferentes: una privada que atiende a los costes en que incurren los agentes que intervienen en el servicio de transporte en su ámbito particular y otra relativa a la sociedad en su conjunto que incorpora las externalidades de diferentes signos que exceden de la esfera privada de los agentes que intervienen en el servicio de transporte. Además en el escenario de partida que busca representar la situación actual de la elección modal se incorpora la variable incertidumbre en el tiempo de trayecto respecto al horario previsto. Entre las alternativas estudiadas para equilibrar ese escenario de partida se encuentran la minimización de esta incertidumbre y la incorporación al coste generalizado de las externalidades (costes de congestión o medioambientales).

Al desarrollar el modelo de coste generalizado en sus distintas perspectivas, se pretende obtener evidencia empírica para el sector de transporte ferroviario de mercancías sobre la influencia que tienen diferentes variables como el tiempo de transporte, los costes monetarios directos o la incertidumbre en la llegada de la mercancía, en la elección económica que se realiza entre los dos modos de transporte de mercancías alternativos que se estudian: el transporte ferroviario y por carretera.

## DATOS

Para el desarrollo del ejercicio empírico se utilizan como fuentes de información estadística los datos del Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera y del Observatorio del Ferrocarril en España (2).

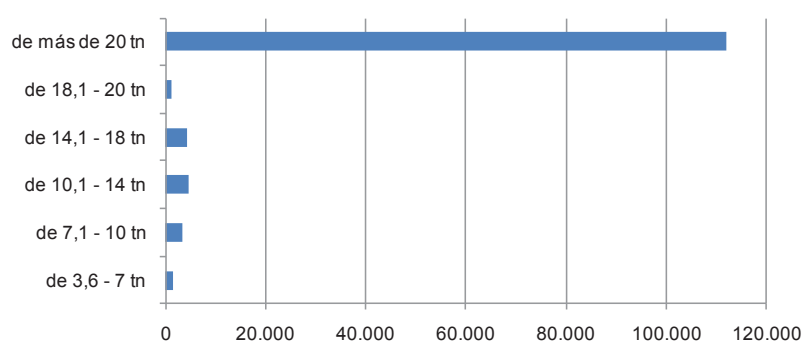
Dada la enorme variabilidad de mercancías transportadas y de vehículos y material rodante que las transportan, cada uno con características propias que pueden hacer muy complicada la comparabilidad entre los dos modos de transporte, es necesario adoptar una serie de hipótesis para el cálculo del coste generalizado:

1. Se tienen en cuenta únicamente los costes directos que corresponden con la explotación del transporte y deben ser soportados por cualquier empresa operadora o prestadora del servicio de transporte de mercancías por ferrocarril. Dentro de los costes directos se distingue entre costes fijos, independientes del número de toneladas-kilómetro (T-km) recorridos y costes variables que se incrementan a medida que las T-km aumentan. De manera que quedan excluidos los costes indirectos, como son los de gestión, local, personal de oficina, comercialización o publicidad, que no guardan una relación directa con el volumen de mercancías transportado. Para el caso del transporte ferroviario, en principio los costes objeto de estudio deben ser similares para todas las empresas operadoras o prestadoras del servicio, por lo que se pueden definir como los costes medios directos nacionales de un operador tipo de transporte ferroviario de mercancías. En el caso del transporte por carretera se ha optado por estimar dentro de la enorme variedad y complejidad de situaciones posibles cuál es la más significativa dentro del sector.

2. En el transporte ferroviario de mercancías el ámbito de los costes va referido al régimen de vagón completo e intermodal, siempre en el caso de trenes completos. No se han contemplado costes de los transportes en régimen de vagón disperso o aislado, ni de carga fraccionada, dado que la explotación en España del régimen de vagón aislado es prácticamente nula. Para el caso del transporte por carretera dada la complejidad y variedad de posibilidades se ha optado por contemplar aquellos vehículos cuyas cargas tengan una mayor posibilidad de ser transportada por el ferrocarril, de manera que sea posible una comparación de costes generalizados, en la medida en que el consumidor del servicio de transporte tenga opciones reales de elegir entre un modo u otro para el transporte de su carga.
3. Para cada servicio ferroviario existe un tipo de material rodante más apropiado dadas sus prestaciones, capacidad o costes. En la práctica del transporte ferroviario de mercancías se utilizan tanto locomotoras (3) eléctricas (LE) serie 269, como locomotoras diesel (LD) serie 319, en los dos casos con vagones con una carga máxima por eje de 20 toneladas. Conviene señalar además que los nuevos operadores ferroviarios de mercancías parecen decantarse por máquinas de tracción diesel con bajos costes de explotación y mantenimiento y velocidades máximas entre 100 y 120 kilómetros por hora. En relación con el material rodante que se ha tomado como referencia para el cálculo de costes, se han adoptado como tipo, locomotoras tanto de tracción diesel como de tracción eléctrica, que remolcan trenes tipo de 800 toneladas (composiciones de 9 vagones de 90 toneladas de carga aproximadamente) (4) por líneas ferroviarias de perfiles medios. Esta cifra está en consonancia con el peso bruto medio de los trenes en la media del periodo 2007-2015, que fue de 785 toneladas (5). La carga neta media utilizada es de 307 T. En el transporte ferroviario, un 45% de la carga corresponde a la estructura porteadora y contenedores. En el caso de la carretera, un 25% del peso de la carga total corresponde a los embalajes y otros materiales, entre ellos los contenedores.
4. En el caso del transporte interior de mercancías por carretera, es importante destacar que, tal y como se recoge en el gráfico siguiente, un 88,14% de las toneladas-kilómetro por carretera son transportadas por camiones de más de 20 toneladas. El siguiente intervalo en importancia es el de 10,1-14 toneladas con sólo un 3,58% del total de toneladas-kilómetro transportadas por carretera. Por tanto será con este tipo de camiones de mayor carga con los que especialmente se realizará el análisis comparativo.

Sin perjuicio de lo comentado anteriormente, y dado que la variabilidad de los costes entre la gran gama de vehículos existente es muy elevada, en este modelo se consideran cinco tipos de camiones de carga general. En concreto los tipos de ve-

GRÁFICO 1  
TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR CARRETERA EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Ministerio de Fomento (2013-2016)

CUADRO 1  
TIPOS DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE POR CARRETERA INTRODUCIDOS EN EL MODELO

Tipo de vehículo	Carga Útil (Kg)	MMA (kg)	Kilometraje (Km/año)	Referencia
Articulado carga general	25.000	40.000	120.000	CG 25
Rígido carga general	16.000	26.000	95.000	CG 16
Rígido carga general	9.500	18.000	90.000	CG 9,5
Rígido furgoneta 2 ejes	6.000	12.000	70.000	R/F 6
Furgoneta	1.500	3.000	50.000	F 1,5

Fuente: Elaboración propia

hículos, cargas útiles, Masas Máximas Autorizadas (MMA), kilometrajes anuales estimados (en función del tipo de vehículo) y referencias cortas de cada tipo, utilizados para el cálculo de los costes generalizados se recogen en el cuadro 1.

- De manera coherente con la perspectiva de costes adoptada, los costes corrientes (mantenimiento) y de capital (amortización de la construcción y costes financieros) de la infraestructura, además de los costes de gestión del tráfico, solamente serán tenidos en cuenta en la medida en que el gestor de la infraestructura ferroviaria denominada «Red Ferroviaria de Interés General», i.e. ADIF, los repercute a los operadores ferroviarios a través de Tasas, Cánones y Tarifas. En este sentido la Ley 38/2015, de 29 de septiembre, del Sector Ferroviario señala que debe regir el principio general de viabilidad económica de la infraestructura, explotación eficaz, situación del mercado y equilibrio financiero en la prestación de los servicios. Esta Ley que suprime el Canon de Acceso, establece para cada componente del canon por utilización de las líneas ferroviarias de la Red de Interés General qué costes se deben cubrir:

- Canon por Reserva de Capacidad: para repercutir en los operadores los costes fijos de mantenimiento, explotación y gestión de la infraestructura.

- Canon de Circulación: repercutiéndose en los operadores los costes variables de mantenimiento, explotación y gestión de la infraestructura.
- Canon por Tráfico: implica repercutir los costes de amortización del inmovilizado, de carácter financiero y aquellos que resultasen necesarios para garantizar el desarrollo razonable de las infraestructuras.

En relación con su aplicación en el transporte de mercancías, destaca en primer lugar que uno de los parámetros aplicados para la obtención de las diferentes tarifas como es el periodo horario se aplica de un modo especial en el caso del transporte de mercancías (6) y en segundo que el Canon por Tráfico únicamente afecta a los trenes de pasajeros. De este sistema resulta que la tarifa media equivalente medida en €/km es un 48,2% superior en el caso del transporte ferroviario de pasajeros respecto al coste equivalente del tren de mercancías.

- La valoración monetaria del tiempo de trayecto juega un papel clave en el modelo de coste generalizado. De manera que es necesario emplear valoraciones unitarias del tiempo de transporte de mercancías por carretera y por ferrocarril que permitan calcular costes generalizados homogéneos y comparables entre los dos modos. En este sentido cabe señalar la existencia de muy escasos

estudios sobre valoraciones monetarias de tiempos de trayecto atendiendo a los diferentes modos de transporte.

En el presente trabajo se ha optado por utilizar unos valores de tiempo empleados en estudios desarrollados en el ámbito de la UE (véase Comisión Europea, 2006) (7) y cuya utilización es recomendada en trabajos que fijan referencias para la cuantificación de los costes en proyectos de evaluación económica como Betancor *et al.* (2009). Para España, los valores a coste de factores por tonelada transportada por hora de trayecto figuran en el cuadro 2.

**CUADRO 2**  
**VALORACIONES MONETARIAS DEL TIEMPO DE TRAYECTO INTRODUCIDAS EN EL MODELO**

Variable / modo	Carretera	Ferrocarril
Euro/hora por T transportada	2,84	1,17
Euro/min por T transportada	0,0473	0,0195

Fuente: Elaboración propia

Dado que se trata de un estudio donde se quieren valorar las ventajas comparativas de un modo frente a otro, se opta por emplear la media aritmética de las valoraciones monetarias para cada modo presentadas anteriormente, en lugar de las correspondientes a cada modo que sería lo apropiado para estudios de viabilidad de proyectos de inversión.

7. El dato de las velocidades medias es igualmente necesario para su aplicación en el modelo de coste generalizado, a los efectos de calcular el tiempo empleado por cada uno de los modos y vehículos para cada recorrido. En este sentido, dado que no se adopta un trayecto de referencia en particular sobre el que aplicar los costes generalizados, se introduce la longitud del trayecto como variable de control del modelo, calculando el coste generalizado para trayectos mínimos de 200 kilómetros y máximos de 600 kilómetros (8).

Para la velocidad media del modo ferroviario se emplea el dato proporcionado por el Observatorio del Ferrocarril en España en su informe de 2015, según el cual la velocidad media de los trenes de mercancías en España fue de 53,4 km/h, calculada como media ponderada de los trenes de los diferentes operadores. En dicha media la gran cuota relativa correspondiente a RENFE hace que la velocidad de sus trenes tenga mucha influencia (53,1 km/h frente a 54,2 km/h de los operadores privados).

Este dato parece además contar con cierta estabilidad dado que en el año 2005 se situó en 54,21 km/h, 2006 en 54,5 km/h, 2007 y 2008 en 54,3 km/h;

2009 y 2010 en 54,8 km/h, 2011 en 55,6 km/h; 2013 en 55,9 km/h y 52,8 km/h en 2014. En el caso del transporte por carretera se adopta una velocidad comercial media, considerando una congestión vial estándar, según el tipo de vehículo: articulados (CG 25) 80 km/h; rígidos (CG 16, CG 9,5) 85 km/h, intermedio (R/F 6) 90 km/h y furgoneta (F 1,5) 95 km/h.

8. El transporte entre distintos centros de producción en el marco de la actual producción *just in time* o *just in sequence* exige, ante todo, una gran fiabilidad, el respeto de plazos muy estrictos. El transporte por carretera aporta una solución logística adaptada y eficaz con una flexibilidad superior. Un alto porcentaje de los bienes transportados por ferrocarril no precisan tanto de una especial rapidez, y sin embargo hay factores más importantes (seguridad, fiabilidad y periodicidad), porque las empresas no quieren desconocer el momento en que sus mercancías llegarán al destino. Los costes de incertidumbre se basan en la existencia o no, de previsibilidad y certidumbre sobre los tiempos estimados de viaje. La medición de los mismos se introduce en el modelo a través de la diferencia entre el compromiso de puntualidad adquirido a la hora de concretar las condiciones del servicio y la puntualidad efectivamente alcanzada una vez se ha finalizado el mismo.

Las estadísticas de la Unión Internacional del Transporte Combinado Ferrocarril – Carretera (UIRR) señalan que sólo el 53% de los trenes de transporte combinado llegaban a su destino con menos de 30 minutos de retraso, puntualidad que es menor aún para el transporte de mercancías clásico (9). Por su parte el Ministerio de Fomento señala que la velocidad media de circulación de los trenes de mercancías incluyendo demoras y retrasos se estima en tan sólo 15-20 kilómetros/hora (10).

El modelo introduce el supuesto de que el 63% de los trenes llegan actualmente de forma puntual (con retrasos aceptables). Para el caso de los trenes con retrasos de hasta tres horas, se asigna una probabilidad del 26% a la contingencia de que exista una penalización de 90 minutos sobre el tiempo de trayecto empleado en condiciones normales. Por último para el caso de trenes con retrasos de 24 horas o más, principalmente debido a la pérdida de surcos (derechos a circular por una determinada vía durante un intervalo de tiempo concreto) que obligan a esperar al día siguiente para poder explotar ese mismo surco, se asigna una probabilidad del 11% a la contingencia de sufrir una demora de 1.440 minutos.

Cabe señalar en último lugar que se ha optado por emplear en el modelo los datos más actualizados de cada una de las variables empleadas, el lugar de recurrir a las medias de las variables de los últimos años, que podría ser otra opción igualmente válida. El único inconveniente de la opción elegida es la utilización en el modelo de datos que pueden estar medidos con uno o dos años de diferencia, sin embargo existe la garantía de que son

**CUADRO 3**  
**RESUMEN DE SUPUESTOS SOBRE LOS COSTES RECOGIDOS EN EL MODELO**

Tipo de coste	Transporte por carretera	Modo ferroviario
<b>Costes Variables (por kilómetro recorrido)</b>		
Costes de Tracción	Combustible	Combustible propio (LD) Tarifa eléctrica ADIF (LE)
Mantenimiento	Incluye neumáticos y reparaciones	De locomotoras (LD y LE) y vagones
Peajes	En función del % de km en los que se paga peaje	No aplicables
Cánones y tarifas por servicios ACA	No aplicables	Excepto tarifa eléctrica
Dietas del personal	En función de los kilómetros recorridos	Se incluyen como costes fijos
<b>Costes Fijos (independientes de los kilómetros recorridos)</b>		
Personal de conducción	Coste conductor sin dietas	Retribución, costes sociales y dietas del maquinista
Amortización	Cuotas constantes	De locomotoras (LD y LE) y vagones
Financiación	Interés, Euribor a un año	De locomotoras (LD y LE) y vagones

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO 4**  
**COSTES INTERMEDIOS EN CÁLCULO DE COSTES VARIABLES Y FIJOS**

Tipo de coste	Transporte por carretera	Modo ferroviario
<b>Costes Variables (por kilómetro recorrido)</b>		
Costes de Tracción	-Precio del gasóleo en surtidor: 0,86 €/l -Consumo medio: según vehículo	-Precio gasóleo trac. ferrov.: 0,41 €/lit (11) -Consumo medio: 4,5 lit/ Km -Tarifa 2009: 2,45 €/1000 TKbr
Mantenimiento	-Coste según tipo de vehículo	-Produc. Media locom. 100.000 km/año -Produc. media vagón 40.000 km/año
Peajes	-Coste medio del peaje según vehículo	No aplicables
Cánones y tarifas por servicios ACA	No aplicables	-Canon de acceso: 0,062 €/km tren (12) -Canon reserva capacidad: 0,05 €/km y 0,32 €/km en las cercanías de los núcleos -Canon de circulación: 0,06 €/km
Dietas del personal	-Coste medio de dieta según vehículo	Se incluyen como costes fijos
<b>Costes Fijos (independientes de los kilómetros recorridos)</b>		
Personal de conducción	-Coste conductor: 28.470,14 €/año	-Coste total del maquinista: 96.200 €/año -Producción media: 40.000 Km/año
Amortización	-Precios de venta, valores residuales y vidas útiles según tipo de vehículo	-Coste adquisición locomotoras: 3M €, -Coste adquisición vagones: 1.188.000 € -Plazo amortización, vida útil: 25 años
Financiación	-Euribor a un año: 2,622% diferenc.: 2% -Periodo de devolución: 5 años -Cuantía del precio a financiar: 70% (13)	-Tipo de interés anual: 5% -Periodo de devolución: 12 años -Cuantía del precio a financiar del 50%

Fuente: Elaboración propia

los últimos publicados y por tanto los costes resultantes serán la mejor estimación de los costes que tienen lugar a fecha de hoy.

Como resumen de las hipótesis anteriores, las estructuras de costes utilizadas en el cálculo para cada modo se recogen en el cuadro 3.

Los resultados para los costes intermedios variables y fijos de cada uno de los modos, dadas las hipótesis de partida, se indican en el cuadro 4.

En relación con el ámbito colectivo, un problema clave que afecta al crecimiento desigual de los diferentes modos de transporte en Europa y especialmente en España es no haber incluido todas las externalidades en el precio del transporte. La inclusión de sus valoraciones monetarias en el modelo permite adoptar el ámbito de la colectividad más allá de los agentes directamente involucrados en la prestación del servicio de transporte. Su inclusión se realizaría considerando en [2] un nuevo sumando «C<sub>ext</sub>» que agrupe todas las valoraciones monetarias de los costes externos considerados.

**CUADRO 5**  
**CUANTIFICACIÓN COSTES EXTERNOS INTRODUCIDOS EN CGS POR MODO DE TRANSPORTE**

Costes de los Componentes Externos del Modelo CGS		
Componente Externo	Transporte por carretera	Modo ferroviario
Congestión	5,172	—
Conservación	8,621	25,592
Accidentalidad (14)	19,511	0,816
Medioambiental, desglose:	19,602	8,893
- Ruido	7,26	5,717
- Contaminación	12,342	2,8132
<b>Total externalidades</b>	<b>52,908</b>	<b>35,302</b>

Fuente: Elaboración propia. Nota: Unidad utilizada euros por 1.000 T-km

El cuadro 5 resume la cuantificación mediante sus valores monetarios, expresados en €/ T-km., por tipo de externalidad, que van a ser incorporados al modelo:

Dada la imposibilidad de obtener mayores datos es necesario hacer la simplificación por la que los vehículos de cada modo incurrir en los mismos costes externos.

## RESULTADOS

En los cuadros de resultados 6 a 8 que figuran en el Anexo al final del trabajo, se presentan los valores estimados para el coste generalizado.

Analizando el escenario de partida, que trata de explicar la situación actual del modo ferroviario, incorporando los costes de incertidumbre en el modelo, se constata cómo el modo ferroviario presenta un coste generalizado en torno al 35% superior al vehículo del modo carretera que presenta un menor coste generalizado (CG 25) para los trayectos más cortos considerados (200 km). Sin embargo, conforme aumenta la distancia del trayecto considerado se va minorando la diferencia porcentual con el modo carretera, hasta un mínimo cercano al 20% en el caso del trayecto más largo considerado (600 km).

Comparando con el segundo vehículo con mayor carga (CG 16) se constata cómo la locomotora eléctrica (LE) consigue presentar un coste generalizado menor para los trayectos más largos, de 600 km.

Para el caso de introducir medidas que supongan la minimización de la incertidumbre en el envío de la mercancía y la reducción en el coste generalizado, el modo ferroviario consigue rebajar su coste generalizado por debajo del vehículo CG 16, independientemente de la distancia y para ambas tracciones. Además frente al CG 25 se constata una reducción de la diferencia de hasta un 10% del coste generalizado.

Una medida destinada a minimizar los costes de incertidumbre en el trayecto equivale, para el modo ferroviario, a incrementar todos los recorridos en aproximada-

mente 100 km, distancias mayores donde este modo es más competitivo.

En todos los casos la tracción diesel presenta un coste generalizado superior que la tracción eléctrica, sin embargo la tracción solamente es un factor determinante en el caso de la distancia de 600 km, cuando se compara la tracción eléctrica del modo ferroviario con el vehículo por carretera CG 16.

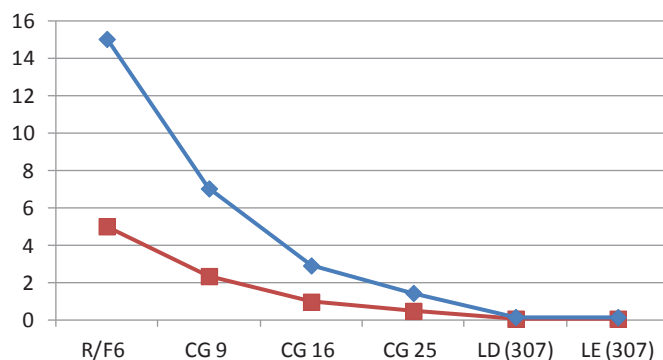
La introducción en el modelo de los costes externos se justifica en que los recursos naturales son factores aportados por la sociedad para las actividades de transporte. La frecuente irreversibilidad de las intervenciones que se hacen sobre ellos obliga a incluirlos como un factor importante en la función de producción del transporte y en los análisis coste-beneficio que tengan por objeto los servicios de transporte. Estos costes tienen entrada en el modelo a partir de los datos presentados en el cuadro 5, de la que se desprende que los costes externos inherentes al modo ferroviario son del orden de un 66,72% de los debidos al transporte por carretera.

Una medida que consiguiese internalizar estos costes, tal y como sostiene la recomendación europea, Comisión Europea (2001), sí que tendría unos efectos muy relevantes en la cuota modal, dado que el modo ferroviario pasaría a ser el modo que presenta un coste generalizado menor para todos los trayectos y frente a todos los vehículos del modo carretera. Estas diferencias a favor del modo ferroviario se acrecientan conforme el trayecto considerado es más largo. Destaca además como el coste generalizado del vehículo por carretera con una menor carga (F 1,5) casi triplica al del modo ferroviario en las distancias cortas y casi lo cuadruplica en la mayor distancia considerada.

A continuación se procede a la comparación de los resultados de coste generalizado estimados con las tarifas publicadas en licitaciones referidas a procedimientos de contratación de transporte de ambos modos para una misma entidad.

Para el modo ferroviario, las tarifas licitadas están cercanas a los costes asociados a un escenario de mini-

GRÁFICO 2  
COSTES GENERALIZADOS POR UNIDAD DE VEHÍCULO, TRAYECTOS DE 200 Y 600 KM



Fuente: Elaboración propia

mización de incertidumbre, pero muy inferiores de los costes generalizados que incorporan las externalidades que es la recomendación de la Comisión Europea. En concreto, la diferencia se sitúa en torno al 80% del coste generalizado estimado.

En relación con el modo carretera, los precios licitados son claramente inferiores a los costes generalizados estimados. Si bien esta diferencia es menor en el caso de vehículos de mayor carga (12,018 euros de coste generalizado vs 8,8 euros de tarifa) y en las distancias mayores (36,054 euros vs 26,42 euros). En el caso de los costes generalizados estimados que incorporan los costes externos, la diferencia se dispara hasta un 93% del coste generalizado calculado.

Si se analiza una variable relativa en función de las toneladas transportadas, como es el coste generalizado unitario, se observan claras diferencias a favor del modo ferroviario, como consecuencia de los considerables efectos de economía de escala que se producen en el transporte ferroviario de mercancías, gracias sobre todo a su mayor capacidad de carga. El mayor coste generalizado unitario lo presenta el vehículo con una menor carga útil de los considerados, la furgoneta con una carga útil de 1,5 T, lo que parece indicar la existencia igualmente de efectos de economías de escala dentro de este modo de transporte de mercancías.

En el gráfico 2 se muestra cómo para el modo carretera el coste generalizado unitario aumenta mucho más rápidamente en el caso del trayecto de 600 km que en el de 200 km, lo que viene a ratificar el resultado indicado de unos mejores resultados en términos de coste generalizado para el modo ferroviario, cuando las distancias aumentan. El incremento de coste generalizado por parte del modo carretera, representado por la pendiente de las curvas, es mayor conforme la carga útil del vehículo es más elevada.

## CONCLUSIONES ↓

I.- El transporte ferroviario se muestra más competitivo en trayectos largos y volúmenes de transporte elevados,

gracias a unos costes generalizados unitarios menores. El transporte por carretera es más competitivo para cargas pequeñas (hasta 200 T) y trayectos cortos y medios (300-400 km) debido a que la gran variedad de tipos de vehículos que tiene a su disposición le permite incurrir en menores costes generalizados unitarios para cargas pequeñas, sin necesidad de soportar los mayores costes asociados a un tipo de vehículo más pesado y con mayor capacidad de carga.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que los costes monetarios directos que soportan los operadores ferroviarios no se encuentran entre los principales determinantes explicativos de la brecha existente entre el transporte de mercancías por carretera y ferrocarril. La tracción tampoco parece ser un factor determinante.

Por el contrario, el tiempo y por tanto la velocidad de transporte, constituyen un factor determinante, dado que el componente de coste por tiempo de trayecto supone aproximadamente el 50% del coste generalizado, salvo en los vehículos de menor carga útil. Por otro lado, resulta destacable la influencia de los costes de incertidumbre en la elección del modo en el transporte de mercancías, sobre todo en el caso de trayectos cortos. En los trayectos más largos el efecto negativo de los costes de incertidumbre es relativamente menor.

Los costes de incertidumbre son uno de los principales determinantes explicativos y penalizan claramente al modo ferroviario. Dichos costes suponen cerca de un tercio del coste generalizado que incorpora las externalidades para los dos modos.

El efecto de la inclusión de externalidades en el modelo parece claro a efectos de la elección modal: el transporte de mercancías por ferrocarril se muestra más competitivo socialmente tanto en trayectos cortos como largos, aunque en mayor medida en estos últimos. Además, los vehículos con menor capacidad de carga muestran unos costes generalizados unitarios muy superiores a los que presentan el resto de vehículos.

II.- Comparando los resultados obtenidos con las tarifas que aparecen en las licitaciones públicas de consumi-



dores en una misma entidad de servicios de transporte ferroviario (15) y de carretera se constata:

1. El usuario del modo ferroviario queda sujeto a una tarifa muy próxima a la que estaría dispuesto a pagar en el caso de no existir incertidumbre en el tiempo de trayecto. Sin embargo paga por algo (certidumbre en la llegada de la mercancía) que no recibe.
2. El usuario del modo carretera está sujeto a tarifas y precios incluso inferiores a los costes generalizados estimados, lo que indica la enorme flexibilidad, atomización y competencia que experimenta el sector y que lleva a que determinados operadores puedan llegar a ofertar en algunas circunstancias precios relativamente inferiores.

III.- La tasa de cobertura de los costes generalizados externos que genera el modo ferroviario por parte de las tarifas licitadas por entidades públicas consumidoras de este transporte se queda en un 20%. En el caso del modo carretera esta tasa de cobertura apenas alcanza el 7% (16). Es decir para el modo carretera el usuario está pagando un precio significativamente inferior al coste generalizado que genera e inferior en términos relativos frente al modo ferroviario.

IV.- Entre las medidas a adoptar en el futuro para reequilibrar las cuotas modales de transporte de mercancías, el modelo desarrollado muestra como aquellas con un claro recorrido al efecto de acercar el coste generalizado estimado al real:

1. La reducción de la incertidumbre en el tiempo de trayecto que experimenta la mercancía expedida. Actualmente el modelo parece indicar que el consumidor del modo ferroviario está actualmente pagando por esta certidumbre que sin embargo no está percibiendo. La intervención sobre los costes de incertidumbre que a día de hoy presenta el transporte ferroviario de mercancías podría revertir, al menos parcialmente, su situación de pérdida progresiva de cuota modal. En concreto, según los resultados del modelo, una medida destinada a minimizar los costes de incertidumbre en el trayecto equivale, para el ferrocarril, a incrementar todos los recorridos en aproximadamente 100 km, distancias mayores donde este modo es más competitivo. Entre estas medidas estarían la inclusión en los contratos de transporte de cláusulas de aseguramiento del tiempo de trayecto de transporte, la supresión de la prioridad del transporte de pasajeros, o incluso la apuesta por la especialización de las vías de red convencional para transporte de pasajeros.
2. La internalización de costes externos, como sugiere la Comisión, de modo que los precios referidos al modo del transporte por carretera subirían relativamente más que los del modo ferroviario. Así, en Alemania y Suiza la incorporación

de buena parte de los costes derivados de las externalidades generadas por cada modo en el importe directo a pagar por sus usuarios (por ejemplo a través de la Euroviñeta) hacen que el modelo muestre un mayor equilibrio entre los costes generalizados de cada modo y un menor coste para el modo ferroviario en más casos que para el sistema ferroviario español.

3. Dado que este desequilibrio modal en el transporte de mercancías en España tiene que ver también con la dependencia española del petróleo (17), sería recomendable apostar por un reequilibrio de cuotas modales que facilite un *mix* energético más diversificado y acorde con los países de nuestro entorno. La dependencia de los costes totales respecto al precio del combustible es superior, en el caso del transporte por carretera (hasta un 32% de la estructura de costes totales) que en el de los trenes de tracción diesel (18,29 %).
4. La puesta en el mercado de servicios de transporte ferroviario que permitan repartir, vía precios, entre todos los consumidores del servicio, sin excesivas desviaciones, el coste generalizado total inherente al material rodante que opera este modo en función de la carga transportada, puede hacer de él un fuerte competidor del transporte por carretera. En este sentido el transporte en contenedores, si bien aumenta la carga transportada bruta por el peso del contenedor, puede permitir el reparto de costes en el sentido apuntado.
5. Por otra parte, no debe olvidarse que los servicios de transporte de mercancías por carretera y por ferrocarril parecen presentar rasgos de servicios complementarios y no sólo de servicios sustitutos. Dicha complementariedad vendría dada por la utilización de la carretera para el transporte en distancias cortas y medias (tramos secundarios regionales y distribución) de pequeñas cargas con un alto valor unitario, mientras que el transporte por ferrocarril sería adecuado para el transporte en largas distancias de altos volúmenes de cargas con bajo valor unitario.

## NOTAS ↓

- [1] A nivel autonómico el Plan de Infraestructuras del Transporte de Cataluña de 2006 (PITC) contemplaba como objetivo que el ferrocarril asumiera una cuota modal superior al 10% (30,23 millones de toneladas anuales) en el 2026, actualmente dicha cuota está en torno al 4%. Para ello las mercancías transportadas por ferrocarril tendrían que aumentar un 8,5% anual y el transporte por carretera mantenerse en los niveles actuales.
- [2] Ambos observatorios dependen del Ministerio de Fomento. El Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera de la Dirección General de Transporte Terrestre y el Observatorio del Ferrocarril en

- España a través de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles.
- [3] En el transporte de mercancías se emplean únicamente trenes convencionales formados por locomotora y coches, no trenes autopropulsados o automotores.
- [4] Para asegurar la circulación de un tren medio de 9 vagones, se requieren 9,9 vagones, dado que un 10% son reemplazo.
- [5] De ellas 697 corresponderían a las toneladas remolcadas y 88 al peso del motor (en el caso de la LE serie 269) y 675 a las toneladas remolcadas y 110 al peso del motor (para la LD serie 319).
- [6] En los servicios de mercancías sólo será de aplicación el período punta (el que da lugar a la tarifa más elevada) en la distancia de los 100 km anteriores a los núcleos urbanos de Madrid, Barcelona, Valencia y Bilbao. Al resto del trayecto les será de aplicación el período normal o valle.
- [7] Se trata de los VTS (value of travel time savings) calculados en el documento *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment*, cuya última revisión data de 2006.
- [8] Esta acotación en la longitud de los trayectos considerados se basa en dos circunstancias: 1.- el recorrido medio de las mercancías transportadas en 2015 por todos los operadores que realizan transportes en la red fue de 381 kilómetros, frente a los 400,1 kilómetros alcanzados en 2010, 400 km es el punto intermedio entre los dos extremos considerados, 2.- los costes calculados para los vehículos de transporte de mercancías por carretera tienen como hipótesis una circulación mínima por trayecto de 200 kilómetros. Por otro lado la adopción de un trayecto concreto sobre el que realizar el estudio iría en contra de la pretendida generalidad aplicativa de los resultados obtenidos. Para el modo ferroviario se omiten los trayectos y la manipulación adicional en que se podría incurrir si la mercancía no se encontrase en la terminal ferroviaria de mercancías.
- [9] Comisión Europea (2007).
- [10] Ministerio de Fomento (2009).
- [11] Basado en la evolución del índice PLATT y los contratos de aseguramiento del administrador de la red ferroviaria. No incluye los costes de gestión y dispensación que carga el administrador a los operadores.
- [12] Se supone un nivel de tráfico de 1 millón de km-tren/año. Una barrera de entrada se presenta para un pequeño operador que sólo explotara 40.000 km-tren/año, este canon se elevaría hasta 1,56 €/km. Este Canon ha sido derogado por la Ley 38/2015.
- [13] Salvo en el caso de la furgoneta que es del 100%.
- [14] Calculado sobre la base de un valor estándar de vida humana de 601.012,10 €. Para otro valor utilizado (901.518,15 €) los costes serían de 0,0280425 €/T-km para la carretera y 0,0011797 €/T-km para el tren.
- [15] En concreto se trata de las licitaciones de la entidad ADIF «Contratación de servicios de tracción» y «Contratación de servicios de transporte de balasto para red convencional» (para el modo ferroviario) y «Transporte en camión, carga y descarga de mercancías» (para el transporte por carretera).

- [16] El artículo 96.6 de la Ley 38/2015, de 29 de septiembre, del Sector Ferroviario, contempla la posibilidad de incluir en los cánones que repercute el gestor de la infraestructura los costes medioambientales y de accidentes. Incluso, acepta la aplicación de medidas que reflejen el grado de congestión de la infraestructura o que fomenten el uso de líneas infrautilizadas (art. 96.7).
- [17] Si hay un país anclado a la importación de los combustibles fósiles es España. Su grado de dependencia exterior del carbón, gas y petróleo es del 70,5% frente a una media de la UE del 53,2% y del 25% en EEUU.

## BIBLIOGRAFÍA ↓

- ÁLVAREZ, O., y J. A. HERCE (1992): «Nuevas líneas de alta velocidad en España y sus efectos económicos», *Fundación FEDEA, documentos de trabajo 92-10*, Madrid.
- ÁLVAREZ, O., CANTOS, P. y R. PEREIRA (2007): «Precios óptimos en el transporte interurbano por carretera», *Revista de Economía Aplicada*, 45 (vol. XV), págs. 155-182.
- ARNOTT, R. y A. YAN (2000): «The two-mode problem: second-best pricing and capacity», *Review of Urban and Regional Development Studies*, 12, págs. 170-199.
- BETANCOR, O., MORAL, E. J. y CAMPOS (2009): «Estimación de los costes del productor y del usuario en la evaluación de proyectos de transporte», *Evaluación Económica de Proyectos de Transporte*. Junio de 2009, Documentos de trabajo.
- BETANCOR, O. y LLOBET, G. (2015). «Contabilidad financiera y social de la Alta Velocidad en España». *Estudios sobre la economía española, Fedea*.
- CAMPOS, J., DE RUS, G. y BARRÓN, I. (2012): El transporte ferroviario de alta velocidad. Una visión económica, *Documentos de Trabajo 10-2012, Fundación BBVA*, Madrid.
- CANTOS, P., MONER, R., SEMPERE, J. y O. ÁLVAREZ (2009): «Alternative pricing regimes in interurban passenger transport with externalities and modal competition», *Regional Science and Urban Economics*, 39, págs. 128-137.
- CE DELFT (2009): «External Costs of Transport in Europe», *Transport & Environment*, Infras, Fraunhofer ISI, Commissioned by UIC.
- COMISIÓN EUROPEA (1997): *Guide to cost-benefit analysis of major projects. In the context of EC regional policy*. Directorate-General XVI.
- COMISIÓN EUROPEA (2001): *White Paper «European Transport Policy, 2010: Time to decide»*, Brussels. COM (2001) 370.
- COMISIÓN EUROPEA (2006): *HEATCO Deliverable 5. Proposal for Harmonised Guidelines*, Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment, Sixth framework programme 2002-2006, Unión Europea. DG Energía y Transportes.
- COMISIÓN EUROPEA (2007): *Hacia una red ferroviaria con prioridad para las mercancías*. COM (2007) 608 final, 18.10.2007.
- COMISIÓN EUROPEA (2008): *E.U. Energy and transport in figures. Statistical pocketbook 2007/2008*. Dirección General de Energía y Transporte.
- COMISIÓN EUROPEA (2010): «Estudio de las opciones regulatorias para la futura apertura del mercado de transporte ferroviario de pasajeros» en Hoja de ruta hacia un

espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible.

COMISIÓN EUROPEA (2014): *Cuarto informe de seguimiento de la evolución del mercado ferroviario*. COM (2014) 353 final, 13.6.2014.

COTO-MILLÁN, P. y V. INGLADA (2004): «Social Benefit of Investment Projects: The Case for High-Speed Rail» (cap.23), en P. Coto-Millán (ed.), *Essays on Microeconomics and Industrial Organization*, 2ª. Ed., Nueva York, Heidelberg, Springer.

DEATON, A. y J. MUELLBAUER (1980): *Economics and Consumer Behavior*, Cambridge University Press, Cambridge.

DE BORGER, B., OCHELEN, S., PROOST, S. y D. SWYSEN (1997): «Alternative transport pricing and regulation policies: a welfare analysis for Belgium» *Transportation Research*, D 2, págs. 177-198.

DE RUS, G. (2004): «Dos sugerencias para la política de infraestructuras: evaluación e incentivos», *Cuadernos de Información Económica*, nº 178, págs. 46-50.

DE RUS, G. y V. INGLADA (1997): «Cost-benefit analysis of the high-speed train in Spain», *The Annals of Regional Science*, 31, págs. 175-188.

DE RUS, G., CAMPOS, J. y G. NOMBELA (2003): *Economía del Transporte*, Ed. Antoni Bosch, Barcelona.

DE RUS, G. y C. ROMÁN (2006): «Análisis económico de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona», *Revista de Economía Aplicada*, 14 (42), págs. 35-79.

DE RUS, G. y C. NASH (2007): «In what circumstances is investment in HSR worthwhile?» *MPRA Paper 8044*, University Library of Munich, Germany

DE RUS, G. y G. NOMBELA (2007): «Is Investment in High Speed Rail Socially Profitable?» *Journal of Transport Economics and Policy*, London School of Economics and University of Bath, vol. 41(1), págs. 3-23, January

DODGSON, J. y M. GONZÁLEZ SAVIGNAT (1994): «A cost-benefit analysis framework for Spanish railway services», Fundación FEDEA, documentos de trabajo 94-11, Madrid.

DODGSON, J. y P. RODRÍGUEZ ÁLVAREZ (1994): «Profitability of the different services of RENFE», Fundación FEDEA, documentos de trabajo 94-15, Madrid.

INFRAS/IWW (2000): *External Costs of Transport*. Study for the UIC. Report commissioned by UIC, Zurich-Karlsruhe-Paris.

INFRAS/IWW (2004): *External Costs of Transport*. Update Study. Final Report. commissioned by UIC, Zurich-Karlsruhe-Paris.

INGLADA, V. y P. COTO-MILLÁN (2004): «Social Benefits of Investment Projects: the case for high speed rail». *Essays on Microeconomics and Industrial Organization*, second edition. Ed. Pablo Coto-Millán. New York: Physica-Verlag.

IVALDI, M. y C. VIBES (2008): «Price competition in the intercity passenger transport market: a simulation model». *Journal of Transport Economics and Policy*, 42, págs 225-254.

IWW/NESTEAR (2009): *Internalization of External Costs of Transport: Impact on Rail*. Institute for Economic Policy Research, Universität of Karlsruhe. Nouveaux Espaces de Transports, Applications de Recherche. Informe para la Community of European Railway and Infrastructure Companies (CER). Final Report. Karlsruhe and Paris.

JIANG, F., JOHNSON, P. y C. CALZADA (1999): «Freight demand characteristics and mode choice: An analysis of the results of modeling with disaggregate revealed data», *Journal of Transportation and Statistics*, 2, nº 2, págs. 149-158.

LÉRIDA, C. (2016): *La Liberalización del sector ferroviario en Europa: efectos sobre la eficiencia productiva y sobre los mercados de transporte*. Tesis Doctoral. Ed. Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid.

LEVINSON, D. MATHIEU, J.M. GILLEN, D. y A. KANAFANI (1997): «The full cost of high speed rail: an engineering approach», *The Annals of Regional Science*, 31, págs. 189 - 215.

MANCUSO, P. y P. REVERBERI (2003): «Operating costs and market organization in railway services. The case of Italy, 1980-1995», *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 37, issue 1, págs 43-61

MC GINNIS, M. A. (1989): «Comparative evaluation of freight transportation choice models», *Transportation Journal* 29(2), págs. 36-46

MINISTERIO DE FOMENTO (2007-2017): «Informe del Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera», Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Dirección General de Transporte Terrestre. Conjuntamente se ha empleado la herramienta informática de simulación de costes ACOTRAM desarrollado por la misma Dirección General.

MINISTERIO DE FOMENTO (2008): *Estudio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera*.

MINISTERIO DE FOMENTO (2009): *Plan para potenciar el transporte de mercancías por ferrocarril*, incluye el Informe del Ministerio de Fomento presentado al Consejo de Ministros de 26 de diciembre de 2008.

MINISTERIO DE FOMENTO (2012): *Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (PITVI)*, aprobado por el Consejo de Ministros en noviembre de 2013.

MINISTERIO DE FOMENTO (2013-2016): *Encuesta permanente del transporte de mercancías por carretera*.

NASH, C., SANSOM, T. Y B. STILL (2001): «Modifying transport prices to internalise externalities: evidence from European case studies», *Regional Science and Urban Economics*, 31, págs. 413-431.

OBSERVATORIO DEL FERROCARRIL EN ESPAÑA (2007-2015): *Informes 2007, 2009, 2010, 2011, 2013, 2015*. Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid.

PEARCE, D.W. y C. NASH (1981): *The Social Appraisal of Projects. A Text in Cost-Benefit Analysis*. Macmillan. Londres.

PROOST, S. y K. VAN DENDER (2001): «The welfare impacts of alternative policies to address atmospheric pollution in urban road transport», *Regional Science and Urban Economics*, 31, págs. 383-411.

RALLO, V. (2008): «Costes del transporte de mercancías por ferrocarril. Una primera aproximación para su estudio sistemático», *Documentos de explotación técnica y económica del transporte*, Monografía del Observatorio del Ferrocarril.

UNIVERSIDAD DE KARLSRUHE (2004): *Informe sobre costes externos del transporte*. INFRAS, Octubre, Kollegium am Schloss.

## ANEXOS

**CUADRO 6  
VALORES ESTIMADOS EN ESCENARIO DE PARTIDA**

Distancia	LE	LD	CG 25	CG 16	CG 9	R/F 6	F 1,5
200	19,339	19,991	12,018	15,539	21,112	30,085	109,818
300	25,973	26,951	18,027	23,312	31,672	45,13	164,728
400	32,607	33,911	24,036	31,083	42,23	60,173	219,637
500	39,241	40,871	30,045	38,854	52,788	75,216	274,547
600	45,875	47,831	36,054	46,625	63,345	90,26	329,456

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO 7  
RESULTADOS DERIVADOS DE MINIMIZACIÓN DE INCERTIDUMBRE**

Distancia	LE	LD	CG 25	CG 16	CG 9	R/F 6	F 1,5
200	13,267	13,919	12,018	15,539	21,112	30,085	109,818
300	19,901	20,879	18,027	23,312	31,672	45,13	164,728
400	26,535	27,839	24,036	31,083	42,23	60,173	219,637
500	33,169	34,799	30,045	38,854	52,788	75,216	274,547
600	39,802	41,758	36,054	46,625	63,345	90,26	329,456

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO 8  
RESULTADOS DERIVADOS DE MINIMIZACIÓN DE INCERTIDUMBRE**

Distancia	LE	LD	CG 25	CG 16	CG 9	R/F 6	F 1,5
200	89,943	90,595	117,834	121,355	126,928	135,901	215,634
300	96,577	97,555	123,843	129,128	137,488	150,946	270,544
400	103,211	104,515	129,852	136,899	148,046	165,989	325,453
500	109,845	111,475	135,861	144,67	158,604	181,032	380,363
600	116,479	118,435	141,87	152,441	169,161	196,076	435,272

Fuente: Elaboración propia