

ESTUDIOS SOBRE LA ECONOMÍA ESPAÑOLA - 2015/08

Contabilidad Financiera y Social de la Alta Velocidad en España

Ofelia Betancor

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y FEDEA

Gerard Llobet

CEMFI y CEPR

fedea

Contabilidad Financiera y Social de la Alta Velocidad en España

19 de Mayo 2015

Ofelia Betancor*

Gerard Llobet#

Resumen

Este trabajo estudia la rentabilidad financiera y social de la alta velocidad ferroviaria en España. El análisis se realiza para los cuatro corredores en funcionamiento a finales de 2013. Ambos análisis son contrafactuales, es decir, toman como punto de referencia lo que habría sucedido en caso de no acometer estas inversiones. Asimismo ambos se realizan para un horizonte temporal de 50 años que nos lleva a utilizar como criterios de decisión el VAN financiero y social en términos de valor esperado y distribuciones de probabilidad. Asimismo para facilitar la interpretación de las cifras éstas se expresan en unidades monetarias del año 2013. La evaluación desde el punto de vista financiero se concentra en el concepto de beneficio empresarial, y por tanto estudia qué parte de los costes, incluyendo la inversión, se cubre con los ingresos de las empresas que gestionan los servicios y la infraestructura (RENFE y ADIF). Por otro lado, el análisis de la rentabilidad social contrapone los beneficios derivados de las ganancias de tiempo, disposiciones a pagar de la demanda generada y costes evitados, con los costes de oportunidad de la inversión y la operación. Con la excepción del análisis financiero del corredor Madrid-Norte, los resultados muestran que se cubren los costes variables tanto en términos financieros como sociales. Sin embargo en ningún caso se cubre la inversión, lo que implica que, teniendo en cuenta los niveles de demanda, estas inversiones no serán rentables ni para las empresas ni para la sociedad

* Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y FEDEA.

CEMFI y CEPR.

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a Ginés de Rus por permitirnos acceder a las hojas de cálculo aplicadas en estimaciones anteriores de cuentas sociales. Esta posibilidad ha facilitado sustancialmente el desarrollo de las cuentas en este trabajo. Asimismo agradecemos sus comentarios y los realizados por Ángel de la Fuente y participantes en el seminario de FEDEA “Economía de las Infraestructuras de Transporte”. Cualquier posible error es de nuestra exclusiva responsabilidad.

CONTENIDOS

1. Introducción	3
2. Metodología y datos.....	8
2.1. Rentabilidad Financiera	9
2.2. Rentabilidad Social	15
3. Análisis y Resultados	21
3.1. Madrid-Barcelona	21
3.2. Madrid-Andalucía	28
3.3. Madrid-Levante	33
3.4. Madrid-Norte de España.....	38
4. Análisis de robustez	44
5. Conclusiones.....	47
6. Apéndice. Parámetros principales.....	49
6.1. Corredor Madrid-Barcelona.....	49
6. 2. Corredor Madrid-Andalucía	54
6. 3. Corredor Madrid-Levante	58
6. 4. Corredor Madrid-Norte de España	61
7. Referencias.....	64

1. Introducción

La inversión en el tren de alta velocidad en España, AVE,¹ es una de las mayores apuestas de transporte de este país. De acuerdo con el International Union of Railways, a 1 de septiembre de 2014, España tenía 2.515 kilómetros de alta velocidad en funcionamiento, lo que la sitúa como el tercer país del mundo, por detrás de China, con 11.132 kilómetros y Japón, con 2.664 kilómetros. En la actualidad en España hay además 1.308 kilómetros en construcción y otros 1.702 planificados que, de terminar ejecutándose, extenderían la red total de alta velocidad española hasta los 5.525 kilómetros. Se trata de un incremento significativo, sobre todo si tenemos en cuenta que en 2013 habían 11.663 kilómetros de vía de ancho ibérico en funcionamiento (Observatorio del Ferrocarril, 2014). La **Figura 1** ilustra la extensión de la red y sus futuras ampliaciones. Este despliegue ha implicado un gran esfuerzo inversor por parte del Estado. La red actualmente en funcionamiento ha tenido un coste superior a los 40.000 millones de euros, sin incluir otros costes como las expropiaciones o la construcción de las estaciones, y se calcula que las obras ya programadas costarán cerca de 12.000 millones adicionales.² En 2015, la inversión en infraestructura de alta velocidad representará el 45% del presupuesto del Ministerio de Fomento, lo que permitirá que el AVE llegue a siete nuevas capitales de provincia.

La idoneidad de las inversiones en alta velocidad se ha puesto en tela de juicio en repetidas ocasiones. Para el caso español, varios trabajos académicos, como por ejemplo De Rus (2012), han cuestionado la rentabilidad social de las líneas Madrid-Barcelona y Madrid-Sevilla. Fuera de los círculos académicos y a nivel internacional también se ha alertado acerca de la falta de rentabilidad de la alta velocidad ferroviaria. Este es el caso del Tribunal de Cuentas francés, que en 2014 emitió un informe que desaconsejaba extender la red francesa actual anticipando que la demanda sería mucho menor de la prevista.

Precisamente la sobrestimación de la demanda es una de las principales razones por las que las infraestructuras de alta velocidad generan beneficios notablemente inferiores a los esperados. Como documenta Flyvbjerg, *et al.* (2005) utilizando una muestra de 210 infraestructuras ferroviarias en 14

1 Utilizamos el término AVE para referirnos a las líneas de alta velocidad en lugar de utilizar el nombre genérico TAV o Tren de Alta Velocidad (en inglés, HSR o *High Speed Rail*) por ser el término habitual en España.

2 Véase: <http://vozpopuli.com/economia-y-finanzas/50362-la-red-de-alta-velocidad-perdio-231-millones-en-2013-y-aun-restan-obras-por-12-400-m>

países, la demanda observada es, en promedio, un 51% inferior a la prevista.³ Se observa además un sesgo sistemático en la predicción del tráfico en este modo de transporte, al que se le asigna una capacidad de captación de demandas desviadas de otros modos que no se acostumbra a corresponder con la realidad.

Al mismo tiempo, la mayoría de las intervenciones en materia de transporte también presentan un sesgo optimista a través de la subestimación de los costes. A este respecto, Flyvbjerg *et al.* (2003) concluyen que nueve de cada diez proyectos presentan costes superiores a los presupuestados. Estas desviaciones además se mantienen para períodos de tiempo largos, por lo que se puede afirmar que se trata igualmente de un sesgo sistemático.

El objetivo de este trabajo es llevar a cabo una evaluación de las infraestructuras de alta velocidad en España. Respecto a las evaluaciones ya existentes, nuestro trabajo es novedoso en varias dimensiones. Primero, actualizamos los estudios previos utilizando información sobre tráfico hasta 2013. Segundo, debido a la estructura de la red en España, nuestro análisis se lleva a cabo a nivel del corredor ferroviario, que en ocasiones incluye diversos destinos que comparten gran parte de la infraestructura. Tercero, nuestro análisis es completo en el sentido de que abarca todos los corredores existentes en 2013. Finalmente, nuestro estudio incluye no solamente un análisis de la rentabilidad social de acuerdo con la metodología de Análisis Coste Beneficio (ACB), sino que incorpora también el análisis financiero de los distintos corredores, lo que es asimismo novedoso en el contexto español.

Para las inversiones en alta velocidad en España que analizamos en este trabajo no se han hecho públicos los análisis coste-beneficio realizados con anterioridad a su puesta en funcionamiento. También es destacable la escasa o nula información disponible en fuentes oficiales. De hecho, para obtener las mejores estimaciones posibles solicitamos información tanto a ADIF como a RENFE, si bien no recibimos respuesta, por lo que hemos tenido que recurrir a fuentes indirectas y parámetros estimados en estudios anteriores. Como discutimos en el texto, hemos intentado en lo posible comprobar que nuestras estimaciones eran consistentes con la poca información oficial disponible, y en su caso, realizar supuestos que no perjudicaran la rentabilidad de las infraestructuras analizadas.

3 Para un resumen de las distorsiones en las previsiones de infraestructuras véase: <http://nadaesgratis.es/gerard-lobet/sobre-jarrones-chinos-errores-estadisticos-e-infraestructuras>



Figura 1: Líneas de alta velocidad en construcción y funcionamiento en España en 2014. Fuente: International Union of Railways.

Esta opacidad en cuanto a poder disponer de datos y estudios oficiales, es poco habitual en otros países. Así el Reino Unido lleva años publicando y discutiendo estudios sobre la viabilidad económica de la línea de alta velocidad denominada HS2 (Londres a West Midlands).⁴ Lo más cercano que conocemos en España a este tipo de análisis es el informe de impacto económico realizado por la Fundación Tomillo acerca de la línea Madrid-Levante y que, como analiza Bel (2010), utiliza supuestos cuestionables no sólo en relación a la demanda (pronosticaba para 2013 el doble del tráfico real) y las ganancias de tiempo, sino también con respecto a la creación de puestos de trabajo que no son consistentes pero permitían que su estudio arrojara un balance positivo para la infraestructura.

La casi inexistencia de estudios públicos contrasta con los trabajos académicos que han analizado la rentabilidad social del AVE en España desde sus inicios. De Rus e Inglada (1997) realizan uno de los primeros análisis para la línea Madrid-Sevilla, al que siguen diversos estudios y

4 Véase la larga lista de estudios disponibles en <https://www.gov.uk/government/collections/hs2-economics> .

aplicaciones a otras líneas de AVE en nuestro país como el realizado por De Rus y Román (2006), para la línea Madrid-Barcelona, y otros trabajos de carácter más general como De Rus y Nombela (2007) y De Rus (2011a y 2012). Los resultados de las correspondientes evaluaciones para el caso español indican que los beneficios en términos de ahorros de tiempo, costes evitados y disposiciones a pagar del tráfico generado son insuficientes para justificar la inversión. Se estima que en España para una línea de unos 500 Km. la demanda debería superar los 10 millones de pasajeros el primer año de operación (De Rus, 2012), para que la inversión en AVE fuera rentable para la sociedad.⁵ En la misma línea se pronuncian otros autores como Albalade y Bel (2010), que atribuyen la construcción de la alta velocidad en España al oportunismo político.

Respecto a la rentabilidad financiera, nuestro estudio construye las cuentas de ADIF y de RENFE en un horizonte de evaluación de 50 años que comienza con la construcción de la línea. Este ejercicio nos permite entender el efecto que la inversión en la alta velocidad tendrá en el erario público, y así medir la parte de los costes de inversión ya incurridos que se podrán recuperar por parte de dichas empresas públicas. Al contrario que la cuenta social, la cuenta financiera no considera todas las ganancias que obtiene la sociedad, sino sólo aquellas que afectan exclusivamente a las empresas. Nuestros resultados indican que los ingresos de todos los corredores están muy lejos de cubrir el coste de la inversión llevada a cabo para la construcción de la infraestructura. La inversión en alta velocidad en España tendría, por tanto, una rentabilidad financiera claramente negativa. En nuestras estimaciones para los diferentes corredores obtenemos, no obstante, resultados muy dispares siendo el caso de Madrid-Barcelona el menos desfavorable al cubrir alrededor del 46% de los costes de construcción.

Por supuesto, dado que el coste de construcción de estos corredores ya ha sido incurrido, una pregunta relevante es si deberían seguir en operación. Nuestros resultados muestran que, excepto en el caso del corredor Madrid-Norte de España, los ingresos por la venta de billetes cubren el coste de funcionamiento del servicio. En el caso del corredor Madrid-Norte de España su funcionamiento requerirá de ingresos adicionales a través de impuestos.

Los resultados de la cuenta social también se obtienen para un horizonte de 50 años. Esta cuenta contrapone los beneficios derivados de las ganancias de tiempo, disposiciones a pagar del tráfico generado y costes evitados, a los costes sociales de construcción, operación y mantenimiento. Los resultados obtenidos apuntan en la misma dirección que estudios anteriores. En todas las rutas el Valor Actual Neto (VAN) social es negativo. El corredor que conecta Madrid con

5 Véase también Nash (2013) para niveles de demanda mínimos bajo distintos supuestos.

Barcelona muestra los mayores niveles de tráfico (casi 8 millones en 2013), y por tanto el resultado menos desfavorable con un VAN esperado negativo de 1.631 millones de euros. En el resto de corredores las pérdidas sociales superan en cada caso los 3.000 millones de euros. En general los principales beneficios surgen del ahorro de tiempo de los pasajeros que proceden del tren convencional y del coste evitado de la operación de aviones.

Es importante destacar que ambos análisis de rentabilidad, financiera y social, son contrafactuales, es decir, toman como punto de referencia lo que habría sucedido en caso de no acometer estas inversiones. Asimismo, como hemos señalado, ambos se realizan para un horizonte temporal de 50 años, que nos lleva a utilizar como criterios de decisión el VAN financiero y social en términos de valor esperado y distribuciones de probabilidad. Como ambos análisis tienen el horizonte temporal indicado, los valores que se presentan en las cuentas son necesariamente valores esperados descontados. Finalmente, para facilitar la interpretación de las cifras éstas se expresan en unidades monetarias del año 2013.

En el resto del trabajo procedemos de la siguiente manera. En la sección 2, introducimos la metodología y los datos que utilizamos en nuestro análisis tanto para la cuenta financiera como para la cuenta social. En la sección 3 discutimos los resultados para cada uno de los corredores; los resultados incorporan el tratamiento de la incertidumbre mediante un análisis de riesgo que modeliza las variables sometidas a un mayor grado de incertidumbre como variables aleatorias y resulta en distribuciones de probabilidad del VAN financiero y social. La sección 4 se destina a analizar la robustez de los resultados. Finalmente la sección 5 concluye. En el apéndice reproducimos los principales parámetros que hemos utilizado.

2. Metodología y datos

Este trabajo analiza la rentabilidad de las infraestructuras de alta velocidad en España, AVE, tanto desde el punto de vista financiero como de su rentabilidad social. Para ello estudiamos separadamente la rentabilidad de los cuatro corredores que estaban en funcionamiento en España a finales de 2013. Nos referimos a:

- Corredor Madrid-Barcelona,
- Corredor Madrid-Levante,
- Corredor Madrid-Andalucía,
- Corredor Madrid-Norte de España.

La evaluación que llevamos a cabo de estos corredores considera la rentabilidad de los mismos con la infraestructura en funcionamiento suponiendo que no hubiera inversión adicional para completarlos. En particular, no consideramos las ganancias de los tramos que se pondrán en funcionamiento en los próximos años y que conectarán gran parte de las capitales de provincia, principalmente del norte de España, haciendo uso de los corredores ya existentes. Aunque este supuesto es bastante restrictivo, tiene varias virtudes que lo hacen deseable. Primero, evita tener que formular supuestos sobre los costes y el tráfico de líneas que, con la poca información de la que disponemos, serían difíciles de hacer sin tener que tomar decisiones arbitrarias. Segundo, es un ejercicio útil en la medida en que permitirá responder a preguntas futuras sobre las líneas en construcción como ¿cuál ha sido el beneficio/coste adicional de conectar una ciudad o una región dada la infraestructura ya existente? Y tercero, en la medida en que gran parte de las áreas metropolitanas más pobladas ya están conectadas actualmente (con alguna destacada excepción como Bilbao), nuestro análisis plantea en la mayor parte de los casos el escenario más favorable para la rentabilidad de la inversiones en infraestructura de alta velocidad en España.

Para cada uno de los corredores empezamos con un análisis de la rentabilidad financiera de la infraestructura y continuamos con el análisis a nivel social de la misma. En las siguientes secciones discutimos las pautas generales que hemos seguido para la realización de ambos análisis. En caso de duda nuestros supuestos han tendido a favorecer la rentabilidad de las infraestructuras analizadas y, por tanto, los resultados obtenidos se pueden considerar como una cota superior de rentabilidad de las mismas.

2.1. Rentabilidad Financiera

El objetivo de este análisis es calcular la rentabilidad para el erario público en términos de ingresos y costes de la infraestructura que el Estado ha construido y actualmente gestiona. Para ello recreamos separadamente las cuentas del gestor de la infraestructura, en el caso de España el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), y del operador ferroviario, en el caso de España, Renfe Operadora (RENFE). En un horizonte de 50 años desde el inicio de la construcción de la infraestructura estimamos los costes de funcionamiento de ambas empresas y los ingresos obtenidos, principalmente por el transporte de pasajeros. El valor actual neto de estos flujos, descontados a una tasa financiera real del 5% anual, tal y como sugiere la Comisión Europea,⁶ se compara con la situación *contrafactual* (o sin proyecto) de la infraestructura. Es decir, se compara con cuáles habrían sido los ingresos y costes si la inversión en infraestructuras no se hubiera llevado a cabo y las empresas hubiesen seguido operando con el ferrocarril y vía convencional. En una segunda etapa calculamos la proporción de los costes de construcción de la infraestructura de AVE que el flujo de beneficios de operación generado en el horizonte del proyecto permite cubrir. A menos que se diga lo contrario, todos los importes son en términos reales, en euros de 2013. Finalmente la incertidumbre se incorpora en el análisis mediante un análisis de riesgo que permite obtener valores esperados y distribuciones de probabilidad del VAN financiero.

Este análisis en dos etapas nos ayuda a responder a dos preguntas. Por un lado, desde el punto de vista de la inversión, permite determinar cuál es el retorno que los ciudadanos obtendrán de la inversión pública. Por el otro, y si únicamente nos concentramos en el valor presente de los flujos de ingresos y costes de la infraestructura (en comparación con el caso contrafactual, que definimos más adelante), permite responder a la pregunta de si desde el punto de vista financiero está justificado que cada una de las líneas actuales siga en funcionamiento, aun ignorando el coste hundido de construcción de la misma.

Discutimos a continuación las cuentas de RENFE y ADIF de acuerdo con el esquema de cuentas que recoge la **Tabla 1**. Empezando por el operador ferroviario, consideramos ingresos provenientes de los billetes que pagan los pasajeros. Estos ingresos se originan principalmente de las rutas donde RENFE opera servicios AVE. Estos servicios se caracterizan por el uso durante todo su recorrido de la infraestructura de alta velocidad alcanzando velocidades superiores a los 250

6 Comisión Europea (2008). Asimismo en esta referencia se recomienda un horizonte de evaluación de 30 años. Para no perjudicar la rentabilidad del proyecto hemos optado por ampliarlo hasta 50 años.

kilómetros por hora. Una parte de los ingresos también se genera mediante la prestación de servicios tipo Alvia, que consiste en trenes de ancho variable que hacen uso de la infraestructura de alta velocidad en una parte del recorrido, pero que también pueden adaptarse al ancho convencional español, lo que les permite comunicar ciudades para las que solo una de ellas (principalmente Madrid) tiene conexión de alta velocidad. Estos servicios circulan por las nuevas infraestructuras a velocidades superiores a los 200 kilómetros por hora, reduciendo significativamente el tiempo de trayecto en comparación con los trenes que operaban antes de su construcción. Los servicios Alvia eran especialmente importantes en 2013, como porcentaje de los ingresos totales, en el Corredor Madrid-Norte de España,⁷ mientras que para el resto de los corredores podemos considerarlos residuales.

RENFE		ADIF	
Ingresos	Pasajeros	Ingresos	Canon
Costes	Canon Mantenimiento y operación Coste periodificado de los trenes	Costes	Mantenimiento de la infraestructura

Tabla 1: Esquema de las cuentas de RENFE y ADIF

Para estimar los ingresos utilizamos datos sobre número de pasajeros e ingresos por pasajero. Para los primeros, nos basamos en los datos aportados por el Observatorio del Ferrocarril (2014) que proporciona la evolución histórica del número de pasajeros para la mayor parte de los trayectos. Para la estimación de las demandas futuras proponemos un incremento del número de pasajeros del 2% anual. Este incremento está en línea con la evidencia discutida, por ejemplo en De Rus (2012), que equipara el incremento del número de pasajeros con la tasa de crecimiento de la economía y, por tanto, sería consistente con un crecimiento promedio de la economía española del 2% anual en términos reales.

Sin embargo, este incremento del 2% se debe puntualizar en varios aspectos. Es bien conocido

⁷ El análisis excluye los servicios AVANT de media distancia que, utilizando la infraestructura de alta velocidad, están sujetos a requerimientos de servicio universal y pueden recibir (y a menudo reciben) subvenciones públicas al estar integrados en la unidad de negocio de media distancia de RENFE.

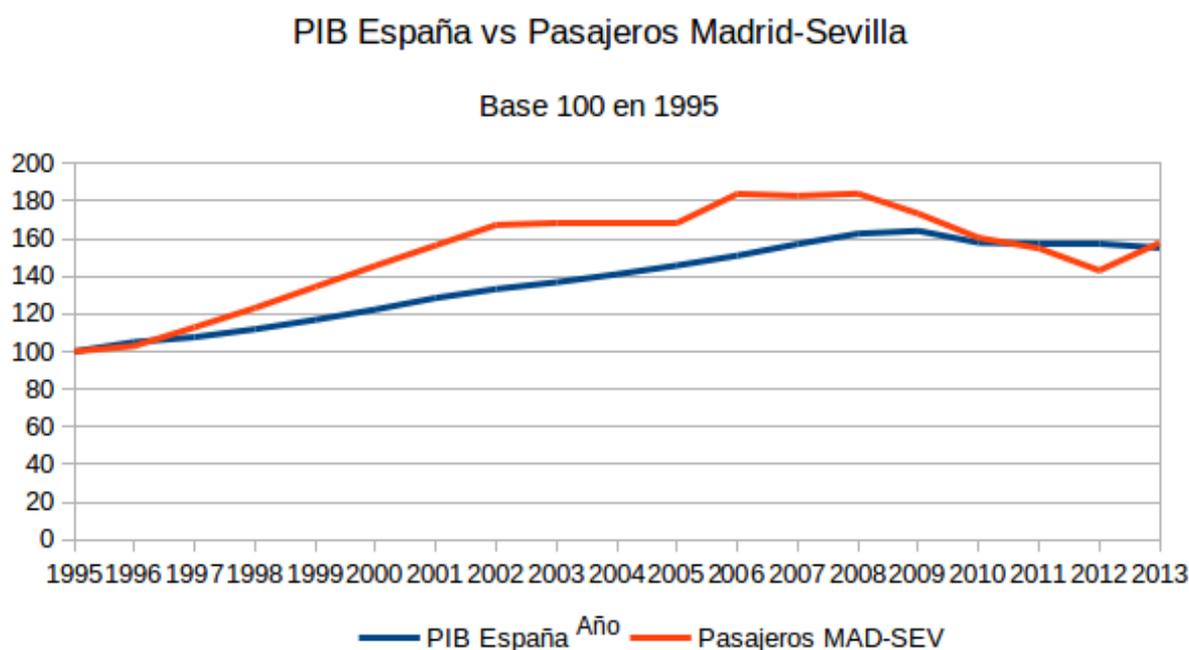
que en los primeros años después de la puesta en funcionamiento de una infraestructura de alta velocidad, el tráfico acostumbra a crecer a una tasa superior al 2%, en la medida en que capta transporte proveniente de otros medios de transporte. En el caso de las infraestructuras que nos ocupan, la transición de corto plazo ya se ha completado en la mayor parte de los casos, y las cifras de 2013 constatan una estabilización en las cuotas de mercado entre los diferentes modos de transporte, y principalmente con respecto al avión. En algunos trayectos, como el Madrid-Sevilla o Madrid-Valencia, si consideramos únicamente el mercado aéreo y ferroviario, el AVE constituía cerca del 90% del tráfico. En el caso del Madrid-Barcelona la cuota de mercado se había estabilizado en el 50% hasta 2012 y aumentó hasta el 60% en 2013 coincidiendo con la rebaja de las tarifas de RENFE, lo que sugiere que incrementos en la cuota de mercado del AVE en el futuro difícilmente sucederán si no es en respuesta a nuevas disminuciones en las tarifas, dado que la transición originada por la puesta en funcionamiento de la línea ya habría terminado. En este sentido, la única experiencia que tenemos de “largo plazo” es el tráfico entre Madrid y Sevilla que, como podemos ver en la **Figura 2**, experimentó un rápido incremento en los primeros años después de su puesta en funcionamiento, a medida que captaba pasajeros del avión. Cuando esta fuente se agotó el tráfico se estancó, hasta el punto de que en 2013 el tráfico era igual al del año 2000, a pesar de que en ese periodo la economía española había crecido cerca de un 30%.

Por otro lado, las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística indican que la población española disminuirá entre 2014 y 2044 de 46,5 millones a 44,4 millones.⁸ Por tanto, el incremento en el número de pasajeros del AVE provendrá esencialmente del incremento del número de trayectos por habitante y del uso que los visitantes hagan de él.

Los datos de RENFE sobre ingresos y costes a nivel de línea están disponibles para el año 2012 tras ser publicados en el Boletín Oficial de las Cortes Generales (BOCG, 19 de febrero de 2014) como respuesta a la pregunta parlamentaria 184/025147. En dicho BOCG se hace público el total de ingresos, costes de amortización y costes de explotación para cada línea de AVE y Alvia. Combinando el primero de estos datos y el número de pasajeros hemos estimado el ingreso medio por pasajero para 2012 en cada corredor. Esta cifra de ingresos medios, y dado que la evaluación se realiza en términos monetarios reales, se mantiene constante durante todo el horizonte de evaluación de la línea.⁹

8 Véase: <http://www.ine.es/prensa/np870.pdf>

9 Muchos factores pueden afectar la evolución futura del precio de los billetes. Desde el incremento de la velocidad de los trenes a una mayor competencia de otros medios de transporte. Aunque anecdótico, es interesante observar



Fuente: Observatorio del Ferrocarril (2014) e INE.

Figura 2. PIB España vs pasajeros Madrid-Sevilla

A su vez, los costes de RENFE han sido divididos en tres conceptos: periodificación del coste de adquisición del material rodante, costes de mantenimiento y funcionamiento, y pago del canon a ADIF por el uso de la infraestructura. En cuanto al material rodante, se periodifica el coste de cada unidad utilizando el precio histórico de la misma. Se asume que a medida que crece el número de pasajeros en cada línea se adquieren nuevas unidades con el objeto de mantener la ocupación en el mismo constante. Se supone una vida útil de cada vehículo de 30 años (De Rus, 2012). Los costes de mantenimiento y operación se cifran en 9 millones de euros por tren-año en unidades monetarias de 2013 (De Rus, 2012).

De acuerdo con la Declaración sobre la Red de 2014,¹⁰ el canon que RENFE abona a ADIF se compone principalmente de los siguientes cinco capítulos. Primero, un *canon de acceso*, cuyo

que el precio del Puente Aéreo era en 2014 idéntico en términos reales al precio en 1974, cuando el servicio se puso en funcionamiento (ver <http://www.expansion.com/accesible/2012/01/20/empresas/1327062080.html>).

10 Véase: http://www.adif.es/ca_ES/conoceradif/doc/CA_Dred_Completo.pdf.

importe se diferencia por tipo de línea, y se paga en función del volumen de tráfico. Segundo, un *canon por reserva* de capacidad que distingue por tipo de tren, tipo de línea y hora de circulación y se basa en los trenes-km reservados. Tercero, un *canon de circulación* que distingue por tipo de tren, tipo de línea y hora de circulación y se basa en los trenes-km circulados. Cuarto, un *canon por tráfico* que distingue por tipo de tren, tipo de línea y hora de circulación y se basa en las plazas-km ofertadas. Finalmente, existe un *canon por utilización de las estaciones* y otras instalaciones ferroviarias que depende del tipo de trayecto y la categoría de la estación. En el caso de los trayectos Alvia se debe incluir un sexto concepto que corresponde al *canon por paso por cambiadores de ancho*, necesarios para adaptar los trenes a los diferentes anchos de vía. Estos diferentes cánones se calculan separadamente para cada línea. No obstante en los resultados que se presentan en las siguientes secciones se discuten de manera agregada a nivel de corredor.

Tanto los costes como los ingresos por pasajeros se calculan de manera separada para cada trayecto y se agregan para el total del corredor. No utilizamos directamente las cifras de costes en 2012 aportadas por el BOCG por no presentar el nivel de detalle requerido por nuestro análisis, en especial al no distinguir el canon del resto de los costes, aunque en todos los casos verificamos que nuestras estimaciones se ajustan a los costes reales del servicio en ese año.

Para el gestor de la infraestructura, ADIF, los ingresos se originan en el canon por utilización de la infraestructura. A su vez, los costes provienen del mantenimiento de la infraestructura. Nuestros cálculos asumen un coste de 109.000 euros de 2013 al año por kilómetro de vía que es consistente con las estimaciones en De Rus (2012) para el año 2009.¹¹ Estos costes se mantienen constantes en términos reales durante la vida útil de la infraestructura. Aunque es cierto que mejoras en la gestión podrían originar con el tiempo disminuciones del coste, éstas serán muy probablemente compensadas por incrementos en el coste que resulten de los correspondientes aumentos en el tráfico. Por último, dado que ADIF entró en funcionamiento en 2005 los datos anteriores a su constitución se atribuyen a RENFE. Esto es importante únicamente para la interpretación de los resultados del corredor Madrid-Andalucía.

En el caso de los servicios Alvia, hemos llevado a cabo un análisis parecido cuando ha sido posible. Sin embargo, a diferencia de lo que sucede en el caso del AVE, para el que existen datos de estudios anteriores, la disponibilidad de estimaciones previas y valores de referencia para el servicio

11 Como discuten Albalade y Bel (2010), el Ministro de Fomento declaró en 2010 que el coste de mantenimiento de un kilómetro de vía de alta velocidad era de 100.000 euros, aumentando a 200.000 euros cuando se trataba de kilómetro de túnel.

Alvia es muy limitada. Ésta es una restricción importante, en especial para el Corredor Norte donde la mayor parte de los trenes que hacen uso de la infraestructura de alta velocidad corresponden a este servicio. Por ello, nuestro esfuerzo se ha concentrado en obtener, en lo posible, buenas estimaciones para las líneas de ese corredor a pesar de las limitaciones en relación a los datos disponibles.

Los datos sobre ingresos, como en el caso de las líneas de AVE, provienen del BOCG. Sin embargo, para muchas líneas operadas con trenes Alvia los datos de tráfico no están disponibles y, por ese motivo, hemos utilizado cuando ha sido necesario los datos recopilados por la Ferropedia, debido a la falta de otras fuentes oficiales.¹² Asimismo los tráficos de los servicio Alvia, al igual que en el caso del AVE, crecen en el horizonte de evaluación a una tasa anual del 2%.

Respecto a los costes de RENFE para los servicios Alvia utilizamos datos históricos de adquisiciones de los trenes típicos que efectúan este servicio. El coste de mantenimiento utiliza parámetros parecidos a los que aplicamos para el AVE y el pago del canon se basa en las fórmulas publicadas por ADIF para este tipo de circulación. El margen promedio de RENFE, calculado para el Corredor Norte, se imputa a los servicios Alvia del resto de los corredores en los que este tipo de tráfico ya hemos indicado que tiene menor peso.

Es importante destacar que globalmente nuestras estimaciones presentan un escenario optimista para la rentabilidad del servicio Alvia, al subestimar los costes del servicio para RENFE en cerca de un 10% si lo comparamos con las cifras publicadas en el BOCG. Como resultado, mientras que según los datos publicados RENFE registra pérdidas en la mayor parte de los servicios Alvia, excepto en algún caso como la línea Madrid-Cádiz, en nuestras cuentas la rentabilidad es en algunos casos ligeramente positiva. Esto plantea de nuevo un escenario que beneficia la rentabilidad de la infraestructura pero dado que, excepto en el caso del Corredor Norte, los servicios Alvia representan una proporción casi anecdótica del tráfico y de los ingresos de RENFE, no esperamos que sesgue significativamente nuestros resultados.

Los resultados de los cálculos anteriores se comparan con los ingresos y costes que ADIF y RENFE habrían conseguido si la inversión no se hubiera llevado a cabo. Para este escenario contrafactual se proyecta el tráfico del último año antes de la puesta en funcionamiento de la línea de alta velocidad y se consideran los costes de adquisición y mantenimiento de trenes que se utilizan para trayectos parecidos. Se fija el precio a la mitad del precio del servicio de alta velocidad

12 Véase: <http://www.ferropedia.es>.

equivalente. Asimismo con el AVE construido supondremos que se producen ahorros de costes de operación en la infraestructura convencional del 25%, ya que dejan de operarse la mayoría de los servicios de pasajeros y se transporta principalmente carga.

Finalmente se han modelizado como variables aleatorias, por considerar que estaban sometidas a un mayor grado de incertidumbre, la tasa de crecimiento de los tráficos (distribución uniforme entre 1,5% y 2,5%) y el factor de carga de los trenes (en la mayor parte de los casos como una distribución uniforme entre 65% y 75%).

2.2. Rentabilidad Social

La cuenta social de la alta velocidad se calcula igualmente para cada uno de los distintos corredores. Esta cuenta se ha construido siguiendo la metodología desarrollada en De Rus (2012).¹³ Como ya se ha indicado, la cuenta contrapone los costes y beneficios sociales del proyecto, es decir los costes de oportunidad asociados a la nueva infraestructura y servicios ferroviarios, con los beneficios sociales que se obtienen en consecuencia. Estos vienen dados principalmente por los ahorros de tiempo que experimentan los pasajeros, la disposición a pagar de los nuevos usuarios y los costes evitados. A su vez, los ahorros se producen cuando los pasajeros cambian de modo desde el avión, el tren convencional, el autobús y el vehículo privado, hacia el AVE. También se incorpora una determinada proporción de nuevos usuarios (demanda generada), cuyo beneficio se estima a partir de su disposición a pagar neta de recursos. Finalmente se añaden los costes evitados al reducirse la actividad de transporte en los modos de los que proceden las demandas desviadas, y al disminuir los accidentes y la congestión en las carreteras.

El análisis social, al igual que el financiero, es contrafactual. Surge tras comparar el bienestar de la sociedad en las situaciones con y sin la nueva infraestructura construida. Este bienestar se puede aproximar con un cálculo de los excedentes de los distintos agentes económicos que resultan afectados por el proyecto, o de manera equivalente, a partir de estimaciones basadas en cambios en disposiciones a pagar y recursos. Esta es la aproximación aplicada en De Rus (2012) y también la

13 También se han usado como punto de partida las hojas de cálculo desarrolladas por este autor, lo que ha facilitado sustancialmente el trabajo. Estas hojas de cálculo estaban disponibles para las líneas Madrid-Barcelona y Madrid-Sevilla, siendo ampliadas y adaptadas para introducir actualizaciones, hacerlas consistentes con los valores aplicados en la cuenta financiera y para hacer la evaluación de los nuevos corredores Madrid-Levante y Madrid-Norte de España.

seguida en los cálculos de las cuentas sociales realizados en este trabajo.

La aproximación de bienestar de las cuentas sociales contrasta con la de beneficio empresarial adoptada en las cuentas financieras. De esta manera, aunque los valores de partida básicos como los niveles de tráfico de las líneas, y los costes de inversión y mantenimiento sean los mismos, hay importantes diferencias que comienzan, como hemos indicado, con quién cuenta para la evaluación. Otra de las principales diferencias se deriva de la necesidad de incorporar valores de costes corregidos por precios sombra que permitan captar el coste de oportunidad de los recursos involucrados en el proyecto, es decir el coste de los mismos en términos de la mejor opción a la que se renuncia cuando se aplican en el proyecto. Si consideramos que los precios de estos recursos se corresponden con el coste de oportunidad de los mismos, lo que ocurre cuando los mercados son competitivos, entonces la corrección por precios sombra no es necesaria. Existen algunos trabajos que contienen recomendaciones a este respecto, como por ejemplo Del Bo *et al.*, (2009), que indican cómo corregir el componente de coste de mano de obra en distintas regiones europeas teniendo en cuenta los niveles y tipos de desempleo correspondientes.

Finalmente también habrá diferencias por aplicar una tasa social de descuento que no tiene por qué coincidir con la tasa de descuento del análisis financiero.¹⁴ En este caso también hemos seguido las recomendaciones recogidas en Comisión Europea (2008) que nos llevan a aplicar una tasa social real de descuento del 3,5%. La tasa de descuento, sea social o financiera, permite agregar los beneficios sociales y costes sociales, o los ingresos y costes de las empresas, que se producen en distintos momentos del tiempo. Una vez descontados es posible obtener distintas medidas de la rentabilidad del proyecto como la ratio beneficio-coste (B/C), la tasa interna de rendimiento o el VAN. En este trabajo hemos optado por presentar el VAN en términos esperados y las distribuciones de probabilidad del mismo.¹⁵

A pesar de estas diferencias, la mayoría de los supuestos básicos son los mismos que se aplican en la cuenta financiera. Como ya hemos comentado, estos se refieren a los datos de tráfico, disponibles desde el inicio de operaciones del AVE hasta el año 2013, y que se predicen para el futuro siguiendo una tasa de crecimiento paralela a las estimaciones sobre el crecimiento del PIB en

14 La tasa financiera de descuento refleja el coste de oportunidad del capital, mientras que la social refleja la visión social de cómo deben valorarse los beneficios netos futuros comparados con los actuales (Comisión Europea, 2008).

15 En la sección 4 sobre robustez de resultados se presentan asimismo los valores de la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) para diferentes horizontes de evaluación.

España (2%). También son los mismos los datos de partida para estimar costes de construcción y mantenimiento de la infraestructura, así como los costes de adquisición y operación de los trenes, factores de carga, etc. Igualmente el horizonte de evaluación elegido es de 50 años. También, al igual que en el caso del análisis financiero, se introduce análisis de riesgo sobre las variables sometidas a un mayor grado de incertidumbre. De nuevo se considera la tasa de crecimiento de los tráficos (distribución uniforme entre 1,5% y 2,5%) y el factor de carga de los trenes (distribución uniforme entre 65% y 75%), y se añaden los valores de tiempo de viaje en el vehículo que siguen distribuciones normales.¹⁶

Además, los resultados de la cuenta social y financiera no son independientes. Evidentemente sólo los proyectos que presenten una rentabilidad social positiva serán susceptibles de ser desarrollados.¹⁷ Sin embargo en presencia de restricciones presupuestarias puede que incluso los mejores proyectos no se acometan.¹⁸ Este trabajo, por tanto, aporta dos visiones complementarias del mismo problema.

La **Tabla 2** recoge la estructura básica de la cuenta social. Como hemos indicado, los costes sociales del proyecto se derivan de la infraestructura y la operación de los servicios ferroviarios. Estos costes se corrigen para que reflejen su coste de oportunidad, lo que implica que se apliquen precios sombra y se les quite el IVA en su caso.

Los beneficios sociales por ahorros de tiempo se obtienen suponiendo que los tráficos se desvían en una proporción determinada de otros modos alternativos disponibles en la misma línea. Además el ahorro de tiempo distingue entre tiempos de acceso/egreso, espera y en el interior del vehículo que se valoran de distinta manera. Los valores aplicados para monetizar los ahorros de tiempo de viaje en el vehículo son los sugeridos para España en HEATCO (2006), y tal y como se recomienda en la misma fuente crecen con el tiempo de acuerdo con la renta nacional aplicando una elasticidad de 0,7. También hemos supuesto que un 60% del pasaje viaja por motivos de trabajo y un 40% lo hace por motivos de ocio.¹⁹

16 Véase apéndice de parámetros.

17 Para que un proyecto se lleve a cabo no basta con que sea rentable para la sociedad, debe ser el que presente la mayor rentabilidad social entre las alternativas disponibles que permiten resolver el problema objeto de análisis.

18 Véase De Rus *et al.* (2010).

19 Véase presentación de RENFE disponible en: <http://www.euskalyvasca.com/pdf/estudios/2012/Ponencia-Alfonso-Rodriguez.pdf>. Asimismo hemos supuesto que todos los pasajeros son nacionales o europeos, y por tanto para la evaluación cuentan todos sus ahorros de tiempo.

COSTES SOCIALES
Inversión infraestructura
Mantenimiento infraestructura
Inversión trenes
Mantenimiento y operación trenes
BENEFICIOS SOCIALES
Ahorros de tiempo
- Tren convencional
- Coche
- Autobús
- Avión
Disposición a pagar de la demanda generada
Costes evitados
- Tren convencional
- Coche
- Autobús
- Avión
Reducción de accidentes
Reducción de congestión

Tabla 2: Esquema de la cuenta social

A su vez los valores del tiempo para tiempos de espera y de acceso/egreso se calculan a partir del valor en el interior del vehículo (el doble para tiempos de espera y 1,5 veces más para tiempos de acceso/egreso). Asimismo se aplican los porcentajes de demandas desviadas sugeridos en De Rus (2012) en los corredores Madrid-Barcelona y Madrid-Andalucía. Para los nuevos corredores se adoptan supuestos similares. En general el cambio modal es mayor para el avión, cuando está disponible, y para el tren convencional.²⁰ Para los servicios de Alvia (con la excepción del corredor Madrid-Norte) supondremos que los ahorros de tiempo van en proporción al peso de este tipo de tráfico sobre el total. Por otra parte, los beneficios sociales que se obtienen por el tráfico generado

20 En algunos casos nuestras estimaciones recogen que los sujetos empeoran con el cambio modal. Ocurre por ejemplo para demandas desviadas del avión. Cuando nos hemos encontrado este resultado y, para no perjudicar al proyecto, los ahorros de tiempo se suponen iguales a cero.

se aproximan por su disposición a pagar. Para todos los corredores, excepto en el caso del Madrid-Norte de España, se añade la categoría de ahorros de tiempo en trenes Alvia.

Los ahorros de tiempo suelen ser una de las principales fuentes de beneficios sociales. En nuestras estimaciones destaca el valor de los ahorros de tiempo de los pasajeros que anteriormente utilizaban el tren convencional. El valor monetario de estos ahorros se obtiene tras multiplicar el tiempo ahorrado por un valor denominado “valor del tiempo” o “valor de los ahorros de tiempo”, que refleja la disposición a pagar de los sujetos por evitar esta actividad. La literatura sobre valores de tiempo es abundante, y de hecho ya se dispone de recomendaciones a nivel europeo que como hemos indicado hemos aplicado en nuestras estimaciones (HEATCO, 2006). La literatura más reciente sobre valores de tiempo, como señala Nash (2013), plantea que para los individuos que viajan por motivos de trabajo y aprovechan el tiempo en el tren para trabajar, estos valores podrían estar sobre-estimados (Lyons, *et al.*, 2007). Sin embargo, también indica que lo importante no es cómo utiliza su tiempo la gente, sino cómo se ven afectados por cambios de tiempo de viaje marginales y cómo de productivos son los mismos en relación a los tiempos de trabajo en la oficina (Batley, *et al.*, 2013).

El desvío de pasajeros desde otros modos al AVE permite asimismo ahorrar los costes de operación en los mismos. Se trata de costes evitados que se aproximan a partir de estimaciones de costes cuando están disponibles o suponiendo que el modo opera en condiciones competitivas y que los precios observados permiten aproximar el nivel de costes.²¹ Estos costes también se corrigen por precios sombra.

También se incluyen los beneficios derivados de la reducción de accidentes y congestión en carreteras que se han estimado a partir de la evidencia disponible en De Rus (2012), que obtiene un peso para los mismos del 4,6% y 0,2% de los beneficios sociales, respectivamente.

Finalmente, nuestras estimaciones no incluyen los impactos medioambientales de la inversión comparados con la situación sin proyecto. Estos posibles beneficios han sido tradicionalmente utilizados para justificar esta nueva infraestructura. Sin embargo la nueva evidencia disponible apunta a que tales beneficios no son tan grandes como se anticipaba cuando se tienen en cuenta todos los impactos y se considera toda la vida del proyecto, lo que incluye la fase de construcción. Este aspecto se discute de manera amplia en De Rus (2012), y también en De Rus (2011b). Este

21 Para estimar los costes evitados del modo aéreo usamos las estimaciones de Betancor y Nombela (2001).

autor indica que en relación a las emisiones de CO₂, efectivamente, los ahorros que se consiguen durante la operación de los servicios de alta velocidad son prácticamente compensados por las emisiones producidas durante la fase de construcción. Por otra parte, hay otro conjunto de impactos de la alta velocidad ferroviaria sobre el medioambiente, como el efecto barrera, la ocupación de suelo, el impacto sobre las aguas subterráneas, la intrusión visual y el ruido, que también habría que incorporar en la evaluación.

3. Análisis y Resultados

Discutimos los resultados de los cuatro corredores en funcionamiento en 2013 en las siguientes subsecciones. Para todas las partidas los valores que se presentan están descontados al año cero del horizonte de evaluación que se corresponde, a su vez, con el año de inicio de las obras en cada línea. Para facilitar su interpretación todos los valores se expresan en unidades monetarias del año 2013.

3.1. Madrid-Barcelona

Los trabajos en la línea de AVE Madrid-Barcelona se iniciaron en 1998 y el recorrido completo se inaugura en 2008, aunque los tramos Madrid-Zaragoza/Lleida y Madrid-Tarragona estaban en funcionamiento ya desde 2003 y 2006, respectivamente. Su longitud es de 621 kilómetros (300 kilómetros para el recorrido Madrid-Zaragoza). Paralelamente, se construye el tramo Zaragoza-Huesca. El coste contable de construcción de la infraestructura de acuerdo con los datos auditados por el Tribunal de Cuentas en este periodo de diez años fue de 8.967 millones de euros de 2013.²²

En 2013 este corredor proporcionaba servicios de AVE entre Barcelona y Madrid, Madrid-Huesca y Barcelona-Sevilla/Málaga, estos últimos sin parada en Madrid por lo que deben considerarse separadamente de los servicios Madrid-Sevilla y Madrid-Málaga. La infraestructura se utiliza también para proporcionar servicios Alvia, principalmente en las líneas Madrid-Logroño/Pamplona, Barcelona-País Vasco, Barcelona-Galicia y Barcelona-Navarra. De acuerdo con las cifras disponibles esto significaría que en 2013 cerca de 8 millones de pasajeros utilizaron este corredor.

Los ingresos de RENFE en 2012 en este corredor correspondieron a 407 millones y 19 millones de euros para las líneas AVE y Alvia, respectivamente. En nuestros cálculos atribuimos el 50% de los ingresos de la línea Barcelona-Sevilla/Málaga a este corredor, mientras que el otro 50% se atribuye al corredor Madrid-Andalucía, lo que significa que los ingresos totales del AVE para este corredor serían de unos 376 millones de euros en dicho año.

22 Este dato corresponde al valor contable de las inversiones, aunque no queda claro cuál es su referencia temporal. Supondremos que se expresa en unidades monetarias de 2013 por ser el año en que se reporta. En nuestras estimaciones utilizaremos el valor actualizado de estos costes al año de inicio de construcción de la infraestructura. Excluimos de nuestro análisis la conexión Barcelona-Figueras.

Los servicios de alta velocidad en esta ruta, es decir, para el servicio Barcelona-Sevilla/Málaga y Madrid-Barcelona son proporcionados primordialmente por trenes RENFE Modelo 102 y 103, con capacidad de 318 y 404 pasajeros, respectivamente. Su precio de adquisición fue de 24 y 29 millones de euros por unidad, respectivamente. Estos trenes realizan 4 trayectos diarios en la ruta Madrid-Barcelona y 2 en la Barcelona-Sevilla/Málaga. El coste de adquisición se periodifica durante los 30 años de vida estimada de cada unidad.

La ocupación de los trenes se fija en el 70% en valor esperado. Esta cifra es inferior a la ocupación media que proporcionaba RENFE en 2013 para los trenes AVE Madrid-Barcelona y que estaba en el 78%. Es importante, sin embargo, destacar que la cifra de RENFE aparentemente se refiere a pasajeros y plazas ofrecidas sin incorporar los kilómetros realizados, mientras que nuestros cálculos consideran la ocupación medida en términos de pasajero-km por asiento-km disponible, lo que produce cifras menores.²³ La evolución del número de trenes se calcula para mantener la ocupación media en el 70%. Dado que no se considera separadamente el número de trenes adicionales necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento (y que por tanto no circulan), el 70% de ocupación significa en la práctica que todos los trenes circularían a casi pleno funcionamiento. A efectos del cálculo del canon suponemos que el 40% de los trenes circula en hora punta, 40% en hora normal y el 20% restante en hora valle.

La metodología descrita anteriormente para la cuenta financiera aporta unos costes de mantenimiento y operación para la línea AVE Madrid-Barcelona que, añadidos al importe total del canon para 2013, resulta en unos costes totales de explotación consistentes con los publicados en el BOCG (véase **Tabla 3**). De la misma manera, la periodificación del coste de adquisición de los trenes es muy parecido al coste de amortización que se menciona en ese documento. Ambos resultados sugieren que nuestra metodología proporciona resultados coherentes con los observados.

23 Por ejemplo, si en un trayecto Madrid-Barcelona un pasajero sube en Madrid y se baja en Zaragoza y otro sube en Zaragoza y se baja en Barcelona, el criterio de RENFE implicaría 2 pasajeros por plaza, mientras que en nuestros cálculos sería 1 pasajero-km por asiento-km. En el estudio del Observatorio del Ferrocarril (2014) se calcula que para 2013 la ocupación de toda la red era de 74,3% y 61,3% según ambas medidas.

RENFE	
Ingresos	5,094,943,522 €
Pasajeros	5,094,943,522 €
Costes	3,627,396,813 €
Canon	2,752,009,705 €
Mantenimiento y operación	659,229,493 €
Adquisición de trenes	216,157,614 €
Saldo	1,467,546,709 €

Año de descuento	1998
Horizonte de la inversión	50 años
Unidad Monetaria	2013
Tasa fin real de descuento	5.00%

ADIF	
Ingresos	2,752,009,705 €
Canon	2,752,009,705 €
Costes	755,135,540 €
Mantenimiento infraestructura	755,135,540 €
Saldo	1,996,874,165 €

Beneficios de explotación RENFE+ADIF	3,464,420,874 €
Coste de Inversión	7,541,229,929 €

Saldo total Madrid-Barcelona	-4,076,809,055 €
Ratio Beneficio de explotación/Coste de inversión	45.94%

Tabla 3: Cuenta financiera para el corredor Madrid-Barcelona (valores esperados descontados)

Nuestros resultados muestran que la suma de los beneficios de explotación de la infraestructura por parte de ADIF y RENFE, alrededor de 3.500 millones, cubre cerca del 46% de los costes de la inversión que, ya en términos descontados, ciframos en unos 7.500 millones de euros de 2013. Es decir, por cada euro que se invirtió en la infraestructura de este corredor, el erario público recuperará eventualmente en el largo plazo sólo 46 céntimos.

Los 3.500 millones de beneficios de explotación indican que, si dejamos de lado el coste de la infraestructura, la gestión del servicio es altamente rentable. Esto se debe no solamente a que el flujo de ingresos es superior al de los gastos, sino también a que en el escenario contrafactual, es decir, si no existiera el servicio de alta velocidad, este corredor sería deficitario para ambas empresas. En particular, los ingresos adicionales en términos actuales de esta infraestructura de alta velocidad rondarían los 5.100 millones de euros, que se obtendrían con un ingreso medio de 73 euros por pasajero, a diferencia de los 36,5 euros que suponemos para el escenario contrafactual, y con un tráfico notablemente mayor. Las mayores partidas de costes serían el mantenimiento y operación tanto de los trenes como de la infraestructura, mientras que el coste de adquisición de los

trenes tiene un papel secundario en el coste total del servicio.

Cuando distinguimos entre RENFE y ADIF, observamos que de los ingresos de 5.100 millones obtenidos por la primera, más de 2.700 millones se transfieren a la segunda como pago por el uso de la infraestructura. Esto significa que RENFE pagaría a fecha de 2013 unos 14 euros por tren-km en concepto de canon para la línea Madrid-Barcelona.

En la **Figura 3** mostramos la distribución de probabilidad del VAN financiero cuando variamos la ocupación de los trenes, haciendo que fluctúe de manera uniforme entre el 65% y el 75%, y la tasa de crecimiento del tráfico que asimismo varía uniformemente entre 1,5% y 2,5%. Este resultado se obtiene después de llevar a cabo un análisis de riesgo²⁴ que calcula repetidamente el VAN para distintas combinaciones de valores de las variables aleatorias mencionadas. Es significativo el hecho de que los resultados no cambien demasiado incluso en el escenario más favorable, con ocupaciones del 75% y crecimientos anuales de la demanda del 2,5%. Incluso cuando se dan las dos circunstancias a la vez nuestros cálculos muestran que unos 3.700 millones de euros de inversión (cerca del 50%) no se cubrirían.

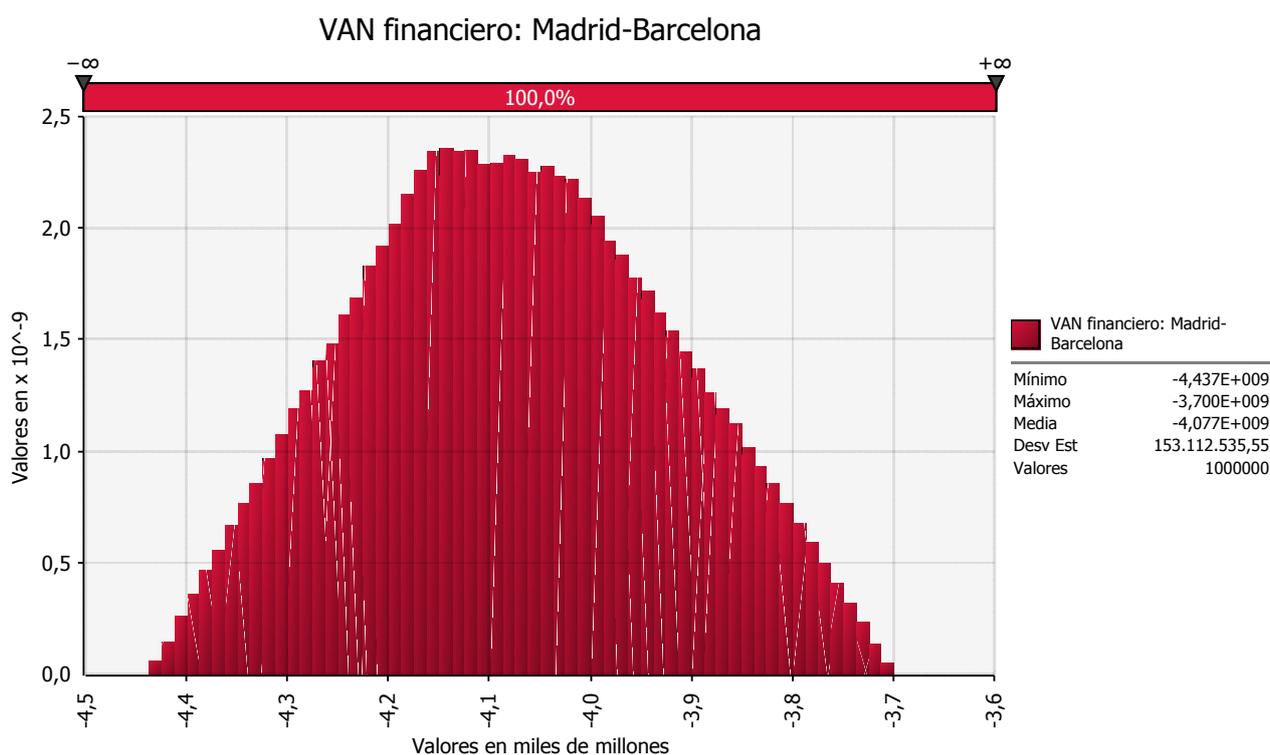


Figura 3. Distribución de probabilidad del VAN financiero en el corredor Madrid-Barcelona

24 También denominado análisis de Monte Carlo.

Una manera de poner estos resultados en perspectiva es calcular cuál debería ser el incremento sostenido del tráfico necesario (más allá de la banda 1,5% - 2,5% que consideramos realista en este estudio) para que la rentabilidad financiera de este corredor fuera positiva. Nuestros cálculos cifran este incremento en alrededor del 7,2% anual. Esto implica que en 2048, cuando finaliza el horizonte de evaluación en nuestro estudio, debería haber 71 millones de pasajeros anuales utilizando el corredor Madrid-Barcelona, casi 10 veces más que ahora. Aun suponiendo que la población de Madrid y Barcelona crezca en ese período (a pesar de que las proyecciones del INE indican que España en conjunto perderá población), esos cálculos implican que cada habitante de estas ciudades tendría que hacer 6 o 7 viajes anuales para alcanzar esa cifra, lo que se antoja poco realista.

La cuenta social para este corredor en términos de valores esperados se presenta en la **Tabla 4**. La rentabilidad social es asimismo negativa y ligeramente superior a los 1.600 millones de euros de 2013. Los mayores beneficios proceden de los ahorros de tiempo cuando los pasajeros cambian de modo (49%), y principalmente cuando cambian desde el tren convencional, seguidos de los ahorros de costes evitados por no operar dichos servicios de transporte (35%), sobre todo cuando se dejan de prestar servicios de transporte aéreo. Necesariamente la mayor partida de costes viene dada por la inversión en la infraestructura de alta velocidad, seguida por el coste de mantenimiento y operación de trenes.

COSTES SOCIALES	-13.676.539.106 €
Inversión infraestructura	-7.999.813.335 €
Manten. infraestructura	-1.084.033.720 €
Inversión trenes	-1.016.841.490 €
Manten. Oper. Trenes	-3.575.850.561 €
BENEFICIOS SOCIALES	12.045.053.435 €
Ahorros de tiempo	5.916.199.443 €
- Tren convencional	3.689.384.198 €
- Coche	1.085.807.530 €
- Bus	322.560.500 €
- Avión	105.590.048 €
- Ahorros Alvia	712.857.167 €
DAP demanda generada	1.397.586.318 €
Costes evitados	4.167.088.570 €
- Tren convencional	1.164.870.186 €
- Coche	1.047.002.056 €
- Bus	115.735.854 €
- Avión	1.839.480.475 €
Accidentes	537.313.433 €
Congestión	26.865.672 €
VAN	-1.631.485.672 €

Tabla 4: Cuenta social para el corredor Madrid-Barcelona (valores esperados descontados)

Año de descuento 1998

Unidad monetaria 2013

Tasa social real de descuento: 3,5%

La **Figura 4** muestra la salida de la distribución de probabilidad del VAN social después de aplicar análisis de riesgo. Como puede verse la probabilidad se concentra en valores negativos, y aunque se obtienen algunos valores de VAN cercanos a cero o positivos, la probabilidad de que ocurran es prácticamente despreciable. Recordemos que en cualquier caso un valor de VAN igual a cero implica que la sociedad estaría igual que sin el proyecto, por lo que no añadiría nada de bienestar.

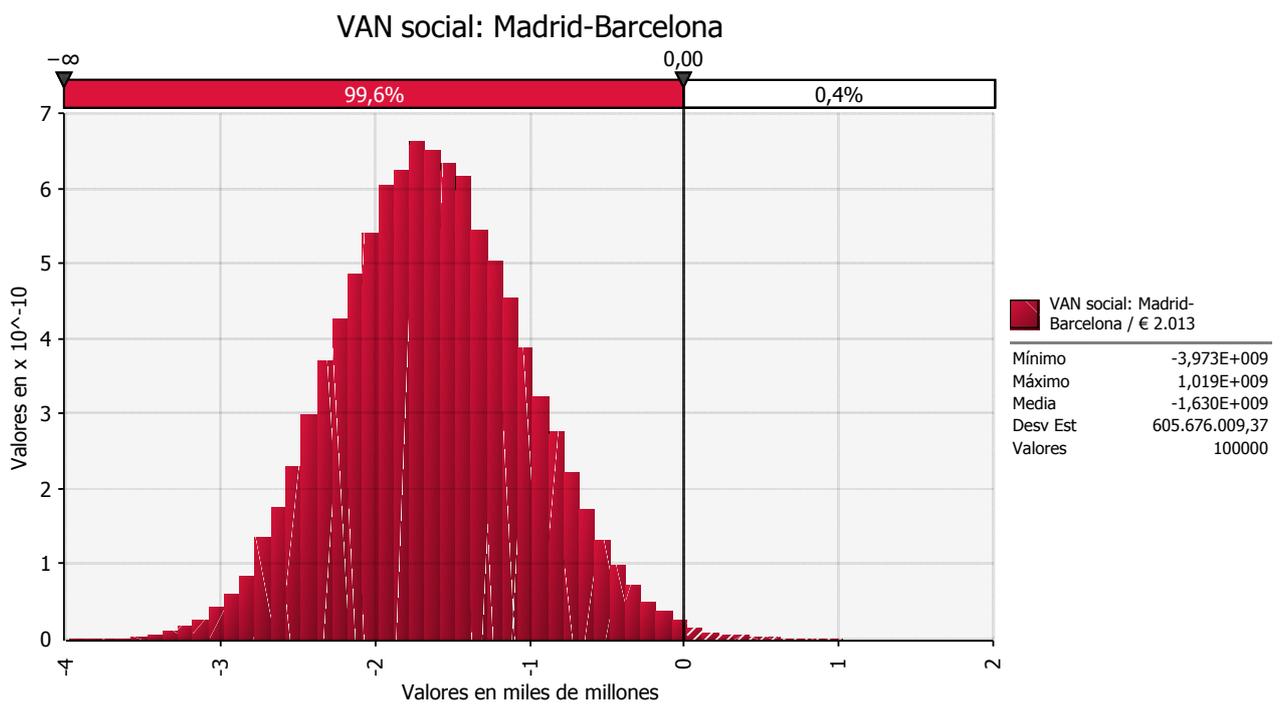


Figura 4. Distribución de probabilidad del VAN social en el corredor Madrid-Barcelona

3.2. Madrid-Andalucía

La construcción de la infraestructura de alta velocidad entre Madrid y Sevilla se inició en 1988 y se puso en funcionamiento en 1992. Con 471 kilómetros de longitud fue la primera línea que se inauguró en España. Aprovechando parte de esta infraestructura, en 2008 se inauguró la línea Madrid-Málaga que en sus primeros 345 kilómetros, hasta Córdoba, es común a la línea Madrid-Sevilla. La conexión Córdoba-Málaga consta de 155 kilómetros. El coste de construcción del tramo Madrid-Sevilla se estima en 2.070 millones en euros de 1988 (De Rus, 2012) y la información disponible apunta a que el tramo Córdoba-Málaga costó alrededor de 2.100 millones en euros de 2008.

Como se mencionó anteriormente, además de las líneas Madrid-Sevilla y Madrid-Málaga, este corredor también se utiliza para proporcionar servicios de alta velocidad entre Barcelona y Sevilla y Málaga. La suma de las tres rutas significa que el corredor tenía un tráfico AVE cercano a los 5,5 millones de pasajeros en 2013. La cuota de mercado del tren de alta velocidad, en relación al avión, era superior al 90% en la ruta Madrid-Sevilla y de algo más del 80% en la ruta Madrid-Málaga. En este último caso, la cuota de mercado aumentó coincidiendo con la reciente disminución de tarifas de RENFE.

El corredor Madrid-Andalucía conecta además otras capitales de provincia mediante servicios Alvia. Éste es el caso de las líneas Madrid-Cádiz y Madrid-Huelva, que hacen uso de la infraestructura de alta velocidad hasta Sevilla para pasar al ancho español en sus últimos tramos.

Los ingresos de RENFE en 2012 fueron de unos 300 millones de euros corrientes en el caso del AVE y de 35 millones en los servicios Alvia de acuerdo con la información proporcionada en el BOCG. Como en el caso anterior, en nuestros cálculos atribuiremos a este corredor el 50% de los ingresos correspondientes a la línea Barcelona-Sevilla/Málaga.

Los trenes que proporcionan los servicios AVE son principalmente del Modelo 100 y 102 de RENFE. Los primeros se adquirieron en 1988 a un precio cercano a los 12 millones de euros corrientes por unidad, mientras que los segundos costaron 24 millones en euros de 2006. La periodificación del coste de adquisición de estos trenes tiene en cuenta la duración de los mismos, estimada en 30 años y el número de trayectos diarios, cifrado en 4. La ocupación de los mismos se fija en el 70% en valor esperado. Suponemos que el 40% del servicio se lleva a cabo en hora punta y normal mientras que el 20% restante del servicio se lleva a cabo en horas valle.

Como en el caso anterior, nuestras estimaciones de costes de explotación y adquisición de

material rodante de RENFE son, para las líneas Madrid-Málaga y Madrid-Sevilla, consistentes con los datos declarados en el BOCG para 2012, lo que indica que nuestros parámetros permiten una buena aproximación a las cuentas reales de este corredor.

Los resultados de la cuenta financiera se recogen en la **Tabla 5**. Como en el caso anterior, los beneficios de explotación son muy inferiores al coste de construcción de la infraestructura. Así, mientras que los beneficios de explotación apenas superan los 600 millones, el valor descontado del coste de inversión, expresado en unidades monetarias de 2013, ascendería a 5.585 millones de euros. Como resultado, los beneficios de explotación cubrirían cerca de un 11% del coste de construcción. Es decir, por cada euro invertido por el estado en la infraestructura se recuperarían en el largo plazo apenas 11 céntimos.

RENFE			
Ingresos	2,526,003,990 €	Año de descuento	1987
Pasajeros	2,526,003,990 €	Horizonte de la inversión	50 años
Costes	2,322,745,557 €	Unidad Monetaria	2013
Canon	1,107,423,086 €	Tasa fin real de descuento	5.00%
Mantenimiento y operación	1,091,067,582 €		
Adquisición de trenes	124,254,889 €		
Saldo	203,258,433 €		
ADIF			
Ingresos	784,364,382 €	Beneficios de explotación RENFE+ADIF	635,237,880 €
Canon	784,364,382 €	Coste de Inversión	5,584,608,585 €
Costes	352,384,934 €		
Mantenimiento infraestructura	352,384,934 €		
Saldo	431,979,447 €	Saldo total Madrid-Andalucía	-4,949,370,705 €
		Ratio Beneficio de explotación/Coste de inversión	11.37%

Tabla 5: Cuenta financiera para el corredor Madrid-Andalucía (valores esperados descontados)

Si ignoramos el coste de construcción de la infraestructura, el saldo de las líneas que constituyen este corredor es positivo. Es decir, sus beneficios son mayores que los que se obtendrían en el caso contrafactual, donde el AVE no estaría presente. En el caso de ADIF, los beneficios de explotación serían, en euros de 2013, de unos 431 millones de euros, mientras que en el caso de RENFE serían de unos 203 millones.

A la hora de interpretar estos resultados debemos hacer notar que los ingresos por canon de ADIF y los costes por canon de RENFE no coinciden. El motivo es que en nuestros cálculos solo atribuimos los ingresos por canon de ADIF a partir del año 2006, cuando empieza a funcionar. En el capítulo de coste por canon de RENFE incluimos el importe del canon a partir de 2006, pero con anterioridad atribuimos a esta compañía el coste de mantenimiento de la infraestructura. De ahí que el coste por canon de ADIF sea menor que el coste de RENFE por ese concepto. El importe del canon que estimamos, tanto para la ruta Madrid-Sevilla como Madrid-Málaga, sería de unos 10 euros por tren-km.

En la **Figura 5** mostramos cómo cambian los resultados del modelo cuando simulamos, como en el caso anterior, la tasa de ocupación y el crecimiento de la demanda con los mismos supuestos. En el mejor escenario, no se cubren cerca de 4.825 millones de euros.

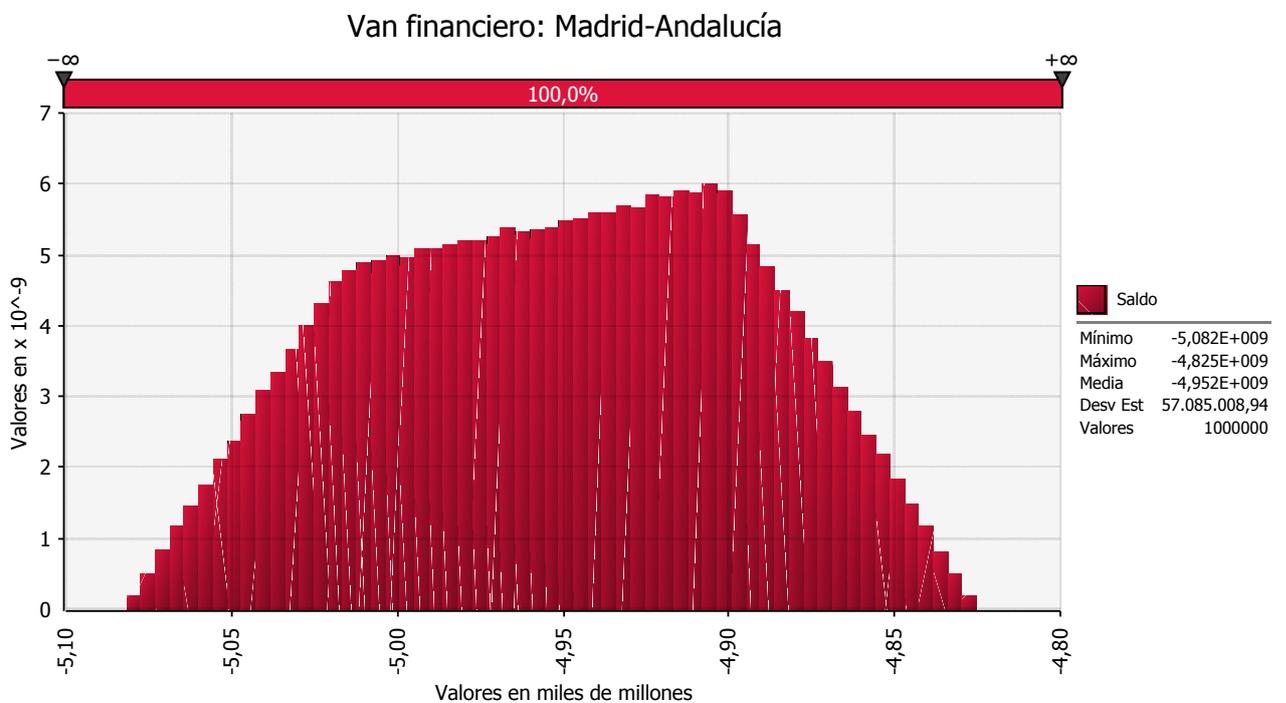


Figura 5. Distribución de probabilidad del VAN financiero en el corredor Madrid-Andalucía

COSTES SOCIALES	-9.873.614.686 €
Inversión infraestructura	-6.125.533.626 €
Manten. Oper. infraestructura	-966.651.671 €
inversión trenes	-558.028.630 €
Manten. Oper. Trenes	-2.223.400.760 €
BENEFICIOS SOCIALES	6.510.141.425 €
Ahorros de tiempo	2.714.982.748 €
- Tren convencional	1.903.120.376 €
- Coche	430.005.363 €
- Bus	117.396.056 €
- Avión	0 €
- Ahorros Alvia	264.460.953 €
DAP demanda generada	910.331.669 €
Costes evitados	2.580.879.640 €
- Tren convencional	718.438.032 €
- Coche	502.254.166 €
- Bus	30.307.146 €
- Avión	1.329.880.295 €
Accidentes	289.473.684 €
Congestión	14.473.684 €
VAN	-3.363.473.261 €

Tabla 6: Cuenta social para el corredor Madrid-Andalucía (valores esperados descontados)

Año de descuento 1987

Unidad monetaria 2013

Tasa social real de descuento: 3,5%

Los resultados de la cuenta social (véase **Tabla 6**) muestran igualmente una rentabilidad negativa ligeramente superior a los 3.300 millones de euros. Los principales beneficios proceden en este caso de los ahorros de tiempo (42%), seguidos por los costes evitados (40%). De nuevo, destaca la partida de ahorros de tiempo de los pasajeros que se desvían del tren convencional y los costes evitados del avión.

La **Figura 6** muestra la salida del análisis de riesgo, con una distribución de probabilidad del VAN que es siempre negativa.

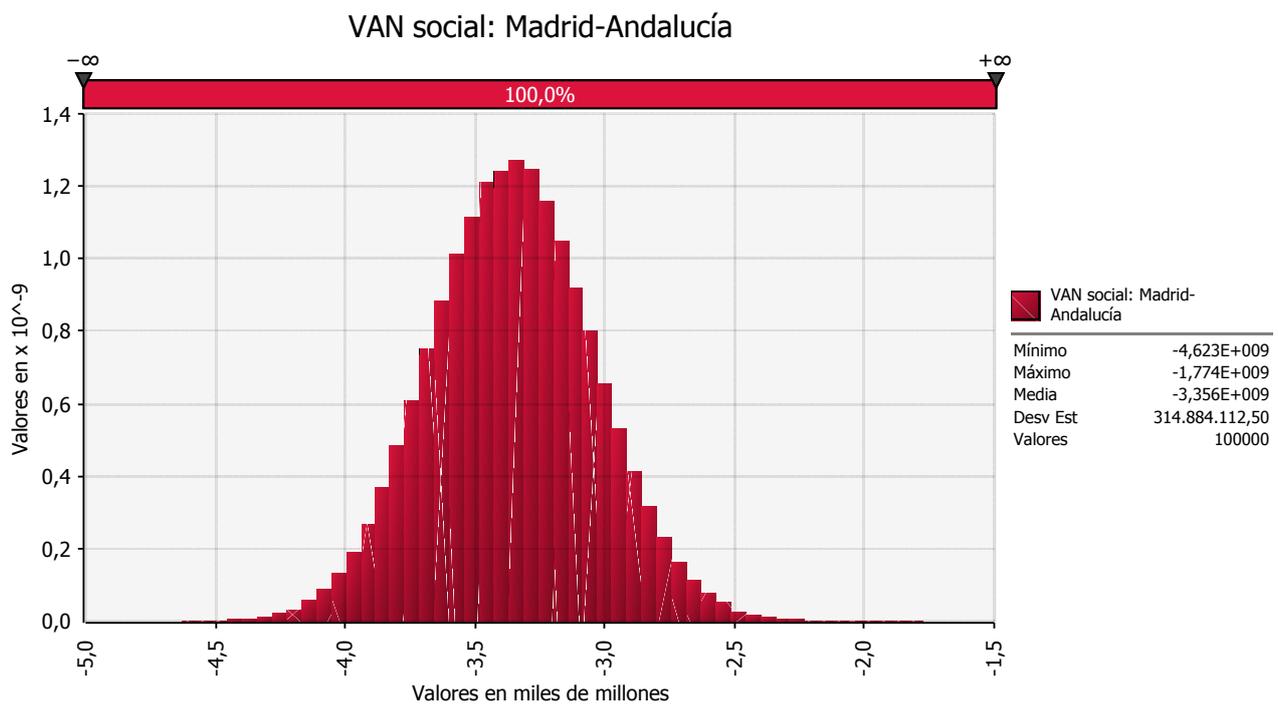


Figura 6. Distribución de probabilidad del VAN social en el corredor Madrid-Andalucía

3.3. Madrid-Levante

El 8 de enero de 2001 se fija el trazado de la llamada “Variante A”, que determina la infraestructura de alta velocidad que transcurre entre Madrid y Motilla de Palancar y en ese punto se divide en dos ramales, uno a Valencia y otro a Alicante. El proyecto preveía prolongar la línea hacia Elche, Murcia, Cartagena y Almería. Los datos hechos públicos por ADIF indican que el coste por kilómetro de esta infraestructura sería de unos 13,5 millones de euros por kilómetro y, por ello, el coste total de la parte ejecutada de este corredor hasta 2013 sería de alrededor de 7.760 millones de euros 2013.²⁵

El tramo Madrid-Valencia, de 391 kilómetros, se inauguró el 19 de diciembre de 2010. Los primeros 28 kilómetros de este trazado son comunes con la línea Madrid-Sevilla. El tramo Madrid-Alicante se inauguró el 17 de junio de 2013 extendiendo la longitud total de este corredor a 603 kilómetros. En la actualidad, los trenes AVE dan servicio también a Cuenca y Albacete. Además de estas ciudades, los trenes Alvia conectan Madrid con otras ciudades como Castellón o Gandía.

En 2012, la línea Madrid-Valencia obtuvo unos ingresos totales de 90 millones de euros corrientes, mientras que la línea Madrid-Alicante facturó 44 millones de euros. Los ingresos de esta última línea aumentaron considerablemente a partir de 2013, cuando se completó la línea de alta velocidad y los trenes Alvia fueron reemplazados por servicios AVE.²⁶ Los trenes Madrid-Albacete, Madrid-Castellón y Madrid-Gandía contribuyeron conjuntamente con unos 14 millones de euros más.

Los trenes que proporcionan los servicios AVE son principalmente del Modelo 112, adquiridos en 2007 a un precio unitario de 22 millones euros y con una capacidad de 365 pasajeros. Su amortización supone una vida útil de 30 años y realizan 4 o 5 trayectos diarios por unidad, con una ocupación que fijamos en el 70% en media. Como en los corredores anteriores, suponemos que el 40% del servicio se lleva a cabo en hora punta y normal, mientras que el 20% restante del servicio se lleva a cabo en horas valle.

25 Tampoco queda claro en este caso cuál es la referencia temporal. Supondremos que la inversión está expresada en euros de 2013.

26 El número de pasajeros pasó de 663.000 en 2012 a 880.000 en 2013. Para tener en cuenta este cambio, nuestras estimaciones imputan un tráfico de pasajeros en 2014, primer año completo de circulación del AVE, de 1.350.000 de pasajeros.

La **Tabla 7** muestra que, como en los casos anteriores, los beneficios de explotación del corredor son significativamente inferiores al coste de construcción de la infraestructura de alta velocidad. En particular, mientras que el coste de inversión en valor descontado a 2003 y expresado en unidades monetarias de 2013, sería de unos 5.882 millones de euros, los beneficios de explotación rondarían los 564 millones de euros. Como resultado, obtenemos un saldo negativo de la infraestructura de 5.317 millones de euros que implica que los ingresos netos cubren cerca de un 10% de los costes de inversión. Es decir, de cada euro invertido en el corredor Madrid-Levante el contribuyente recuperará a largo plazo únicamente 10 céntimos.

RENFE			
Ingresos	2,104,656,171 €	Año de descuento	2003
Pasajeros	2,104,656,171 €	Horizonte de la inversión	50 años
Costes	1,846,139,335 €	Unidad Monetaria	2013
Canon	872,472,626 €	Tasa fin real de descuento	5.00%
Mantenimiento y operación	880,226,619 €		
Adquisición de trenes	93,440,091 €		
Saldo	258,516,835 €		
ADIF			
Ingresos	872,472,626 €	Beneficios de explotación RENFE+ADIF	564,717,357 €
Canon	872,472,626 €	Coste de Inversión	5,882,108,651 €
Costes	566,272,104 €		
Mantenimiento infraestructura	566,272,104 €		
Saldo	306,200,522 €	Saldo total Madrid-Levante	-5,317,391,294 €
		Ratio Beneficio de explotación/Coste de inversión	9.60%

Tabla 7: Cuenta financiera para el corredor Madrid-Levante (valores esperados descontados)

Cuando nos concentramos en los resultados financieros para este corredor una vez dejamos de lado el coste de inversión, observamos que, de los 2.100 millones obtenidos como ingresos por pasajeros durante el horizonte de 50 años de la inversión, alrededor de 1.500 millones se destinan a pagar los costes del servicio, principalmente mantenimiento y operación de los trenes y mantenimiento de la infraestructura. Globalmente esto genera el beneficio de explotación total mencionado anteriormente de 564 millones de euros. El pago del canon, que sería de cerca de 872 millones de euros, implica que ambas empresas obtengan beneficios de explotación positivos (siempre respecto al caso contrafactual en el que la infraestructura de alta velocidad no existiera),

aunque notablemente más altos para el caso de RENFE. Este canon representa un coste por tren-km de entre 11 y 12 euros, lo cual es consistente con los datos que se acostumbran a mencionar en los medios de comunicación para este corredor.

En la **Figura 7** analizamos cómo cambian los resultados cuando introducimos variabilidad en la tasa de crecimiento de la demanda y la ocupación de los trenes. Como en casos anteriores la distribución muestra en todos los casos valores negativos del VAN, que oscilan entre los 5.500 y los 5.100 millones de euros.

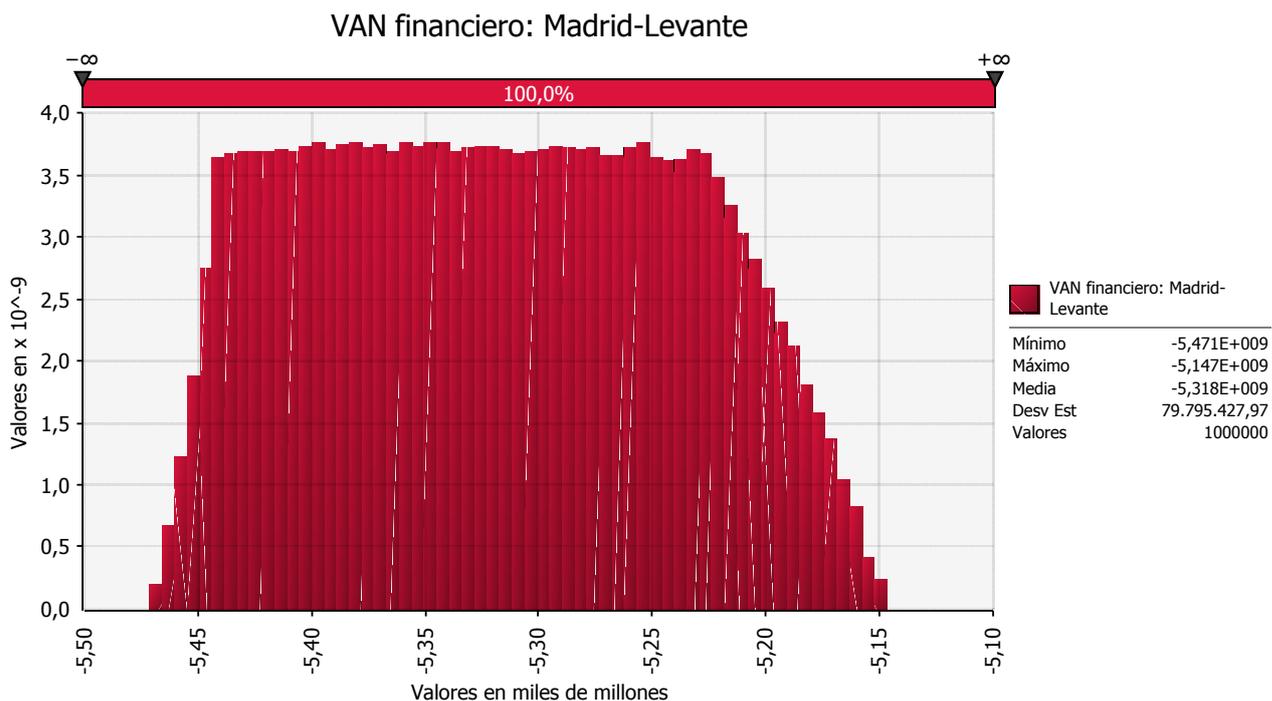


Figura 7. Distribución de probabilidad del VAN financiero en el corredor Madrid-Levante

Los resultados de la cuenta social (véase **Tabla 8**) muestran igualmente una rentabilidad esperada negativa cercana a los 3.700 millones de euros. Los principales beneficios proceden en este caso de los ahorros de tiempo (48%), seguidos por los costes evitados (41%).

COSTES SOCIALES	-9.549.466.680 €
Inversión infraestructura	-6.368.163.311 €
Manten. Oper. infraestructura	-959.048.399 €
Inversión trenes	-366.714.922 €
Manten. Oper. Trenes	-1.855.540.049 €
BENEFICIOS SOCIALES	5.890.370.090 €
Ahorros de tiempo	2.817.516.537 €
- Tren convencional	1.309.575.953 €
- Coche	475.806.933 €
- Bus	120.830.319 €
- Avión	811.384.356 €
- Ahorros Alvia	99.918.977 €
DAP demanda generada	378.753.854 €
Costes evitados	2.421.022.775 €
- Tren convencional	698.465.048 €
- Coche	359.946.622 €
- Bus	48.827.698 €
- Avión	1.313.783.407 €
Accidentes	260.256.410 €
Congestión	12.820.513 €
VAN	-3.659.096.590 €

Tabla 8: Cuenta social para el corredor Madrid-Levante (valores esperados descontados).

Año de descuento 2003

Unidad monetaria 2013

Tasa social real de descuento: 3,5%

La **Figura 8** muestra el resultado del análisis de riesgo, obteniéndose siempre valores negativos del VAN social, que en el mejor de los casos toma un valor negativo de 2.500 millones de euros de 2013.

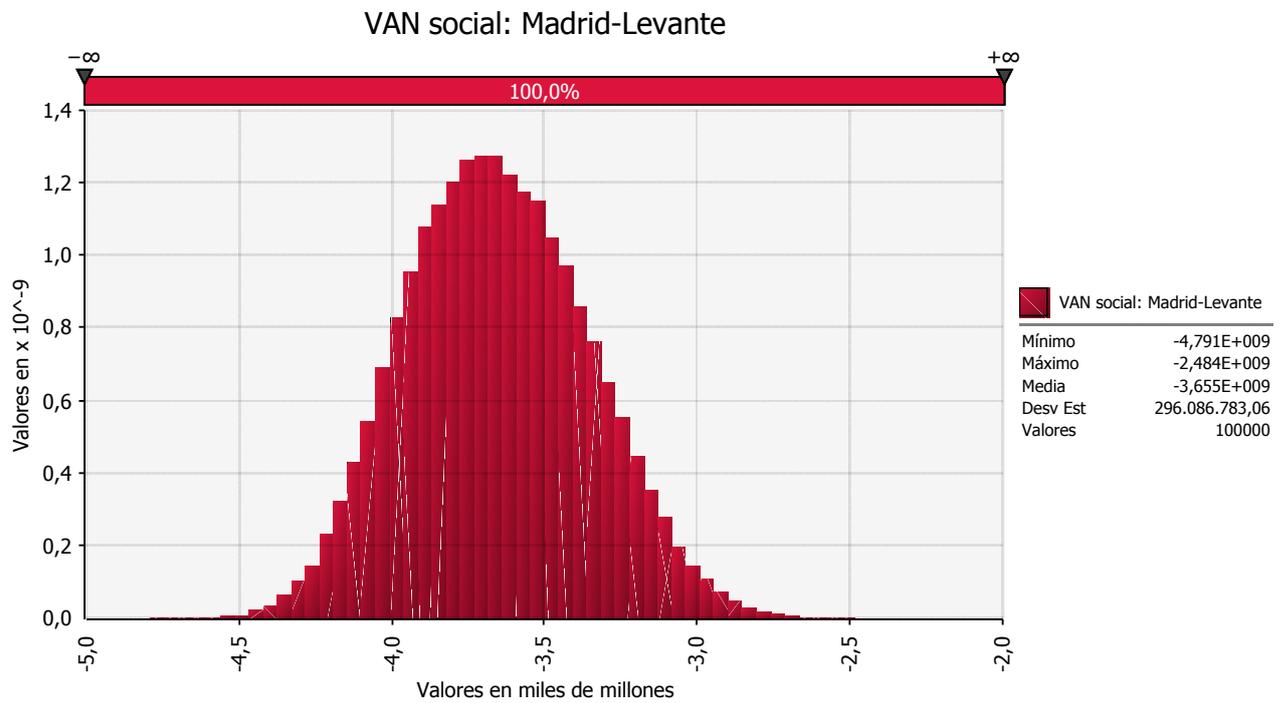


Figura 8. Distribución de probabilidad del VAN social en el corredor Madrid-Levante

3.4. Madrid-Norte de España

Finalmente, el cuarto corredor corresponde al proyecto de comunicar Madrid con el norte de la Península. En 2002 se inicia la construcción del primer tramo que une Madrid y Valladolid vía Segovia, incluyendo el llamado túnel de Guadarrama. Se finaliza en 2008 y los datos públicos estiman su coste en unos 4.205 millones de euros.²⁷

Aunque los servicios AVE son en la actualidad muy limitados (en 2012 reportaron unos ingresos de 2 millones de euros), la nueva infraestructura es utilizada por la mayoría de los servicios que unen Madrid con el norte de España mediante trenes Alvia. Entre las líneas en servicio destacan las conexiones Madrid-Galicia, Madrid-Asturias, Madrid-Cantabria, Madrid-León y Madrid-País Vasco. En conjunto, estas líneas representaron en 2012 unos ingresos totales de 62 millones de euros. La poca información disponible permite aventurar que el número de pasajeros de este corredor en 2013 estuvo cerca de los 2 millones de pasajeros. Como en casos anteriores, la mayor parte de los datos provienen del Observatorio del Ferrocarril (2014), aunque en algunas rutas ha sido necesario complementar nuestros datos con los proporcionados por la Ferropedia.

La gran preeminencia de los trenes Alvia en este corredor nos ha llevado a estimar directamente sus costes. Como comentábamos anteriormente, utilizamos los márgenes que obtenemos para estas líneas para calcular la rentabilidad de las líneas AVE en el resto de los destinos. Dado que nuestros cálculos sobrestiman la rentabilidad de los Alvia, nuestro procedimiento puede llevar a pequeños sesgos en nuestras estimaciones para el resto de los corredores.

En particular, suponemos que los trenes utilizados son comparables al Renfe Modelo 120 cuyo precio de adquisición fue de 16 millones en euros de 2013. Se supone un coste de mantenimiento parecido al de los trenes de alta velocidad y una ocupación media del 60%. Nuestros supuestos, junto con el cálculo del canon para este tipo de servicios, resultan en unos costes que en 2012 subestimarían alrededor del 10% los costes de RENFE publicados por el BOCG.

En el cálculo de los servicios AVE una de las dificultades añadidas en este caso es el hecho de que gran parte de los pasajeros Madrid-Valladolid (y Madrid-Segovia) no utilizan trenes AVE sino Alvia (o Avant que hemos obviado de nuestro análisis), y por ello hemos tenido que distinguir entre ambos servicios en las estimaciones. Nuestros cálculos, sin embargo, parecen ser consistentes también en este caso con los costes de explotación publicados en el BOCG.

²⁷ Se excluye de este análisis la conexión ya existente entre La Coruña y Orense.

Recordemos que las circunstancias de la evaluación de este corredor son sustancialmente distintas a las de los otros casos, pues apenas circulan servicios AVE, y predominan los servicios Alvia. Asumimos además que este comportamiento de los servicios se mantiene en el horizonte de evaluación.

RENFE			
Ingresos	923,662,070 €	Año de descuento	2002
Pasajeros	923,662,070 €	Horizonte de la inversión	50 años
Costes	911,547,548 €	Unidad Monetaria	2013
Canon	152,195,535 €	Tasa fin real de descuento	5.00%
Mantenimiento y operación	693,209,902 €		
Adquisición de trenes	66,142,110 €		
Saldo	12,114,523 €		

ADIF			
Ingresos	152,195,535 €	Beneficios de explotación	-54,766,997 €
Canon	152,195,535 €	RENFE+ADIF	
Costes	219,077,055 €	Coste de Inversión	3,871,149,596 €
Mantenimiento infraestructura	219,077,055 €		
Saldo	-66,881,520 €	Saldo total Madrid-Norte	-3,925,916,593 €
		Ratio Beneficio de explotación/Coste de inversión	-1.41%

Tabla 9: Cuenta financiera para el corredor Madrid-Norte de España.

La **Tabla 9** muestra que, a diferencia de lo que sucede en los corredores anteriores, en este caso, no solo no se cubren los costes de construcción de la infraestructura, sino que los beneficios negativos de explotación contribuyen a incrementar el coste de la misma. Así la ratio de beneficios sobre costes de inversión de cerca del -1% se debe interpretar como el hecho de que por cada euro invertido en este corredor, el Estado, a largo plazo, no sólo no recuperará nada sino que el contribuyente deberá aportar un céntimo más. Este resultado se debe a que los ingresos adicionales que la infraestructura podría generar durante su vida útil y que ciframos en unos 924 millones de euros, no cubren los costes de proporcionar el servicio, comparado con el escenario contrafactual. Cuando tenemos en cuenta el pago del canon de RENFE a ADIF observamos que la segunda tendría pérdidas por operar esta infraestructura, si lo comparamos con el caso en que no se hubiera construido. Es importante destacar, sin embargo, que ADIF obtendría pérdidas en la gestión de la infraestructura tanto en el escenario con infraestructura como en el caso en el que no se hubiera

construido. Las mayores pérdidas en el primer caso son las que explican el resultado negativo de 67 millones de euros. En el caso de RENFE, la empresa obtendría beneficios positivos durante el horizonte de 50 años en ambos escenarios, siendo mayores en el primero en 12 millones de euros.

Cuando consideramos (véase **Figura 9**) el efecto de la variación en la ocupación de los trenes y la tasa de crecimiento del tráfico, que van desde el 65% al 75% en el primer caso, y entre el 1,5% y el 2,5% en el segundo, observamos que los resultados cambian de manera muy poco significativa. En el mejor de los escenarios posibles, los beneficios de explotación serían ligeramente positivos dejando de cubrir cerca de 3.840 millones de euros de inversión.

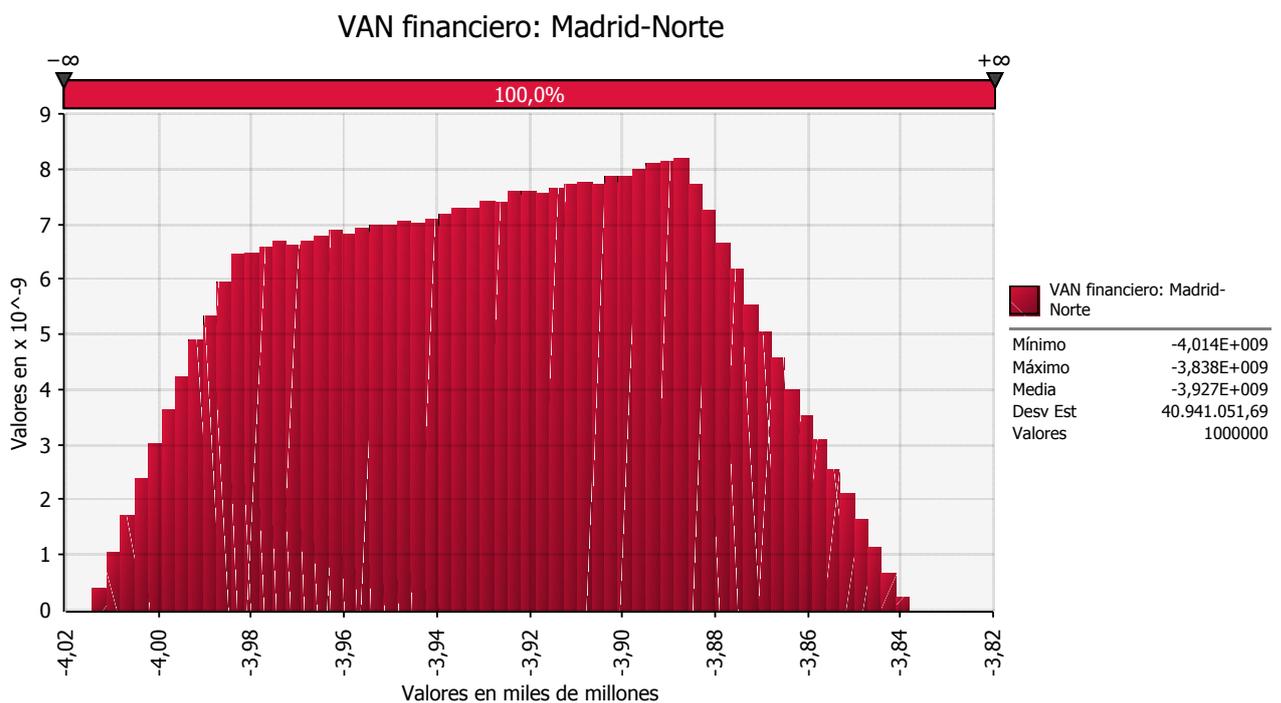


Figura 9. Distribución de probabilidad del VAN financiero en el corredor Madrid-Norte

Los resultados de la cuenta social (véase **Tabla 10**) muestran igualmente una rentabilidad negativa ligeramente superior a los 3.000 millones de euros. Los principales beneficios proceden en este caso de los costes evitados (43%), seguidos por los ahorros de tiempo (30%) y la disposición a pagar del tráfico generado (22%). Nuestras estimaciones indican que los usuarios que se desvían al AVE desde el vehículo privado y desde el avión empeoran. Para no perjudicar al proyecto hemos supuesto que no hay ahorros en relación a estos tráficos. La **Figura 10** muestra asimismo la distribución de probabilidad del VAN social que toma siempre valores negativos.

COSTES SOCIALES	-5.122.644.289 €
Inversión infraestructura	-4.058.706.870 €
Manten. Oper. infraestructura	-304.517.219 €
inversión trenes	-222.909.933 €
Manten. Oper. Trenes	-536.510.267 €
BENEFICIOS SOCIALES	1.836.431.772 €
Ahorros de tiempo	560.979.572 €
- Tren convencional	516.915.675 €
- Coche	0 €
- Bus	44.063.896 €
- Avión	0 €
DAP demanda generada	403.832.985 €
Costes evitados	782.803.426 €
- Tren convencional	236.012.215 €
- Coche	250.866.598 €
- Bus	69.401.149 €
- Avión	226.523.463 €
Accidentes	85.526.316 €
Congestión	3.289.474 €
VAN	-3.286.212.517 €

Tabla 10: Cuenta social para el corredor Madrid-Norte de España (valores esperados descontados).

Año de descuento 2002

Unidad monetaria 2013

Tasa social real de descuento: 3,5%

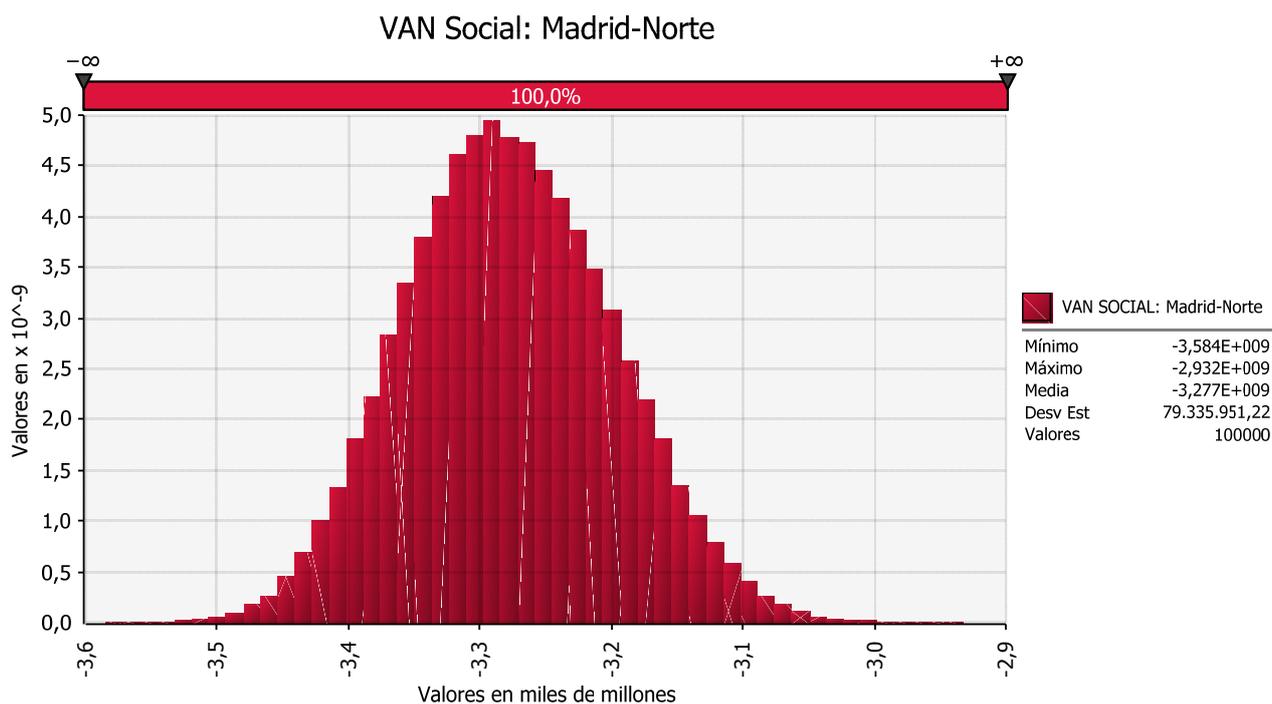


Figura 10. Distribución de probabilidad del VAN social en el corredor Madrid-Norte

Finalmente la **Tabla 11** recoge un resumen de resultados que muestra conjuntamente cuentas sociales y financieras con cifras que se expresan en valores esperados descontados. Nótese no obstante, que resultados financieros y sociales no son directamente comparables por las diferencias, ya indicadas en el texto, que existen entre la evaluación financiera y social (por ejemplo la utilización de tasas de descuento que no son coincidentes).

Como también hemos señalado anteriormente, en todos los corredores se cubren los costes variables tanto financieros como sociales, salvo en el caso de la cuenta financiera del Madrid-Norte. Si analizamos qué parte de la inversión se recupera una vez cubiertos los costes variables financieros y sociales, vemos que el resultado más favorable corresponde a la cuenta social del corredor Madrid-Barcelona, con un porcentaje de recuperación cercano al 80%. Como era de esperar, el porcentaje de recuperación de la inversión en la cuenta financiera es siempre menor que en la social, y no llega ni al 50% en el mejor de los casos (Madrid-Barcelona). En la cuenta social cae desde el 80% mencionado para el corredor Madrid-Barcelona, hasta el 19% en el corredor Madrid-Norte.

Corredor Madrid-Barcelona			
Cuenta Financiera		Cuenta social	
1. Ingresos	5.094.943.522	1. Beneficios sociales	12.045.053.435
2. Costes variables	1.630.522.647	2. Costes sociales variables	5.676.725.771
3. Saldo (1-2)	3.464.420.875	3. Saldo (1-2)	6.368.327.664
4. Inversión	7.541.229.929	4. Coste social de la inversión	7.999.813.335
5. Saldo/Inversión	45,94%	5. Saldo/Inversión	79,61%
Corredor Madrid-Andalucía			
Cuenta Financiera		Cuenta social	
1. Ingresos	2.526.003.990	1. Beneficios sociales	6.510.141.425
2. Costes variables	1.890.766.109	2. Costes sociales variables	3.748.081.061
3. Saldo (1-2)	635.237.881	3. Saldo (1-2)	2.762.060.364
4. Inversión	5.584.608.585	4. Coste social de la inversión	6.125.533.626
5. Saldo/Inversión	11,37%	5. Saldo/Inversión	45,09%
Corredor Madrid-Levante			
Cuenta Financiera		Cuenta social	
1. Ingresos	2.104.656.171	1. Beneficios sociales	5.890.370.090
2. Costes variables	1.539.938.814	2. Costes sociales variables	3.181.303.370
3. Saldo (1-2)	564.717.357	3. Saldo (1-2)	2.709.066.720
4. Inversión	5.882.108.651	4. Coste social de la inversión	6.368.163.311
5. Saldo/Inversión	9,60%	5. Saldo/Inversión	42,54%
Corredor Madrid-Norte			
Cuenta Financiera		Cuenta social	
1. Ingresos	923.662.070	1. Beneficios sociales	1.836.431.772
2. Costes variables	978.429.067	2. Costes sociales variables	1.063.937.419
3. Saldo (1-2)	-54.766.997	3. Saldo (1-2)	772.494.353
4. Inversión	3.871.149.596	4. Coste social de la inversión	4.058.706.870
5. Saldo/Inversión	-1,41%	5. Saldo/Inversión	19,03%

Tabla 11: Resumen de resultados (valores esperados descontados € 2013)

4. Análisis de robustez

Los cálculos de rentabilidad financiera y social de este trabajo se han hecho bajo numerosos supuestos. En nuestros resultados hemos mostrado la sensibilidad de los mismos a diferentes supuestos acerca de algunos parámetros como la tasa de crecimiento de la demanda. Sin embargo, otros parámetros han permanecido constantes en nuestra estimación y han sido resultado de debate público después de la presentación de la primera versión de este documento. A raíz de estos comentarios, nuestro objetivo en esta sección es analizar las implicaciones de alterar el horizonte del proyecto y la tasa de descuento.

En cuanto al primero, nuestra estimación base utiliza un horizonte de 50 años, de la misma manera que lo han hecho otros trabajos en la literatura como De Rus (2012). Este horizonte es mayor que el recomendado por la Unión Europea y lo hemos utilizado para favorecer la rentabilidad del proyecto. Sin embargo, se ha argumentado que debería ser superior. Antes que nada es importante aclarar que aplicar un horizonte de 50 años obviamente no significa que las vías de tren dejen de estar operativas con posterioridad, sino simplemente que la vigencia en el tiempo de la alta velocidad ferroviaria, como alternativa de transporte preferida para distancias de menos de 500 o 600 kilómetros, probablemente será limitada en el tiempo. Es decir, dado el avance tecnológico, igual que el tren convencional al que sustituye, el AVE será reemplazado en el medio plazo. Por ello, el supuesto realizado sobre crecimiento de la demanda a una tasa constante del 2% anual favorece al proyecto, puesto que supone que el AVE no perderá cuota de mercado en el futuro. En este sentido debemos recordar que la alta velocidad ferroviaria no es una tecnología novedosa, y que la primera línea se inauguró hace más de 50 años. Es por tanto razonable pensar que haya iniciado su declive antes de que termine el horizonte que consideramos en nuestra evaluación.

En cuanto a la tasa de descuento, nuestro estudio ha utilizado los valores que recomienda la Unión Europea. Es importante no confundir estas tasas con el tipo de interés que el Estado paga por la deuda pública por muchos motivos. El principal es que, como hemos experimentado en los últimos años, el Estado tiene un límite a su capacidad para incurrir en déficits. Por ello, aun cuando los tipos de interés sean bajos, la financiación de un proyecto de inversión a menudo se debe hacer sacrificando otros proyectos. Cuando la Unión Europea recomienda utilizar tasas de descuento del 5% y 3,5% para el estudio de rentabilidad financiera y social, respectivamente, lo que hacemos es tener en cuenta que la inversión está desplazando otras inversiones con esta rentabilidad.²⁸

²⁸ Estos valores se toman de Comisión Europea (2008). Con posterioridad a los cálculos de este trabajo se ha

No obstante, y a pesar de considerar inadecuado la extensión del plazo por los motivos indicados, hemos procedido a calcular la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) que se obtiene cuando se amplía el horizonte de evaluación hasta 100 y 150 años (véase **Tabla 12**). Recordemos que dicha tasa es la que se corresponde con un VAN igual a cero, y que por tanto valores de tasas de descuento inferiores harían la inversión rentable, lo que permite proporcionar otra interpretación de los resultados. Estos se presentan para todos los corredores salvo para el Madrid-Norte de España dado que en ese caso no se cubren los costes variables en el análisis financiero.

Horizonte de evaluación	TIR financiera	TIR social
Madrid-Barcelona		
50 años	1,73%	2,55%
100 años	3,68%	4,95%
150 años	4,00%	5,44%
Madrid-Andalucía		
50 años	<0	0,15%
100 años	1,40%	3,69%
150 años	2,24%	4,38%
Madrid-Levante		
50 años	<0	0,31%
100 años	1,52%	3,55%
150 años	2,33%	4,27%

Tabla 12: TIR financiera y social

Como era de esperar, observamos que la TIR crece a medida que aumenta el horizonte. Por ejemplo, si aplicásemos una tasa de descuento financiera del 4%, encontraríamos que desde el punto de vista financiero solo en el caso del corredor Madrid-Barcelona se cubren los costes y resulta en un VAN igual a cero. Es decir, estaríamos igual que en la situación sin proyecto, y únicamente si aceptamos como razonable un horizonte de evaluación de 150 años. Por su parte, si aplicamos una

publicado una actualización de esta guía que recomienda tasas de descuento reales del 4% y del 3% para la rentabilidad financiera y social, respectivamente. Aunque este cambio modifica el cálculo acerca de la cobertura de la inversión que mostramos en las secciones anteriores, no altera cualitativamente (como queda claro en el cálculo de las TIR de esta sección) las conclusiones acerca de la rentabilidad de los diferentes corredores.

tasa de descuento social del 3%, todos los corredores resultan rentables socialmente aunque solamente suponiendo que horizontes de evaluación de 100 o 150 años son razonables. Nosotros pensamos que definitivamente no lo son. Aceptar horizontes tan amplios no solo va en contra de las recomendaciones europeas, va también en contra de la realidad del cambio tecnológico además de suponer que la evaluación a tan largo plazo no está afectada por el alto nivel de incertidumbre en que se lleva a cabo. Más aún, no deberíamos interpretar estos resultados como evidencia de que la construcción del AVE en las condiciones en que se ha realizado es financiera y socialmente rentable dado que probablemente habrían existido mejores alternativas.

Para ilustrar este argumento, imaginemos que se considera como “razonable” valorar el horizonte de una inversión como el AVE en infinitos años. En ese caso, la decisión de construirlo en un momento determinado debería compararse no únicamente con la posibilidad de no hacerlo, tal y como se ha hecho en este estudio, sino también con la opción de esperar uno o varios años y llevar a cabo la inversión más adelante cuando se revele que la opción de esperar es rentable. Las ventajas de hacerlo serían empezar a operar con mayores tráfico (que crecerían en el tiempo) y mientras tanto utilizar el dinero de la inversión en otros proyectos que pudieran ser socialmente más rentables. La desventaja, por supuesto, sería la pérdida de ingresos y de utilidad que los consumidores derivan del uso de la infraestructura. Por tanto, no basta con que un proyecto sea rentable, debe ser la mejor opción entre las alternativas disponibles que permiten resolver un mismo problema, incluyendo entre ellas la opción de esperar sobre todo cuando el horizonte de evaluación se extiende al infinito.

5. Conclusiones

En este trabajo hemos analizado la rentabilidad financiera y social de la alta velocidad en España. Nuestros resultados indican que en ningún caso los ingresos netos de la operación de los corredores ya existentes compensan el importe invertido en la construcción de la infraestructura. Esto es especialmente cierto cuando nos concentramos en la rentabilidad financiera pero también sucede, aunque en menor medida, cuando tenemos en cuenta otras ganancias sociales que se podrían generar. Estos resultados ponen de manifiesto que estas inversiones no son rentables ni para las empresas ni para la sociedad.

Como parte de nuestro análisis también hemos evaluado hasta qué punto los ingresos de estas infraestructuras permiten cubrir sus costes de funcionamiento, ignorando el coste de inversión ya incurrido. En la mayor parte de los casos, los costes de operación de los trenes y las infraestructuras son ampliamente compensados por los ingresos que el uso de los pasajeros generan (en el caso de la rentabilidad financiera) y de las ganancias sociales derivadas de los ahorros de tiempo y otros costes evitados (en el análisis de rentabilidad social). En general, estos resultados sugieren que la operación de los corredores existentes estaría sólo justificada cuando los costes de inversión se consideran como costes hundidos. Sin embargo no se debe olvidar el alto coste de oportunidad que habrá asumido la sociedad española como consecuencia de tales decisiones de inversión y la persistencia de sus consecuencias en el futuro.

En diferentes puntos de nuestro trabajo hemos mencionado que en aquellos casos en los que nuestros parámetros podían tomar varios valores, hemos intentado escoger aquellos que beneficiaran en lo posible la rentabilidad del proyecto. Así, nuestras estimaciones se pueden considerar como una cota superior de la rentabilidad financiera y social de los proyectos. Sin embargo, nuestro análisis deja de lado algunos aspectos relevantes que podrían condicionar nuestros resultados más allá de nuestros parámetros y que, de nuevo, resultarían en menores rentabilidades para la alta velocidad.

Por un lado, como en toda la literatura, nuestro contrafactual, aún siendo el más sencillo, no refleja la mejor alternativa a la infraestructura de alta velocidad y, por tanto, subestima el coste de oportunidad de esta inversión. Es decir, no se ha modelizado la mejor alternativa al AVE sino que nuestro contrafactual consiste en mantener la infraestructura actual, sin más inversión que el mantenimiento de la misma. En algunos tramos las inversiones en la línea convencional podrían haber aumentado la velocidad del tren a un coste modesto, con las consiguientes ganancias en

tiempo para los pasajeros e ingresos para ADIF y RENFE. Estas inversiones habrían tenido también un efecto positivo para el transporte de mercancías. Recordemos que en el caso español la vía de alta velocidad no es adecuada para este tipo de transporte al tener tramos de mayor pendiente que el recomendable para ello.

Por otro lado, nuestra aproximación a la infraestructura de alta velocidad toma como dada la inversión en otros modos de transporte como el aéreo. Esto es relevante desde el punto de vista de la rentabilidad financiera y social en la medida en que incrementos en el tráfico ferroviario provienen de usuarios previos del avión, cuya desviación reduce a su vez los ingresos de AENA, cuyo capital es en su mayor parte público, al igual que en ADIF y RENFE.

Otro aspecto que nuestro análisis ignora y que podría ser importante a la hora de valorar la idoneidad de la inversión en alta velocidad son sus efectos redistributivos. A diferencia de lo que sucede con otras infraestructuras, el perfil del usuario del tren de alta velocidad acostumbra a ser un viajero de clase media/alta que se desplaza por motivos de trabajo, lo que podría ser distinto del perfil de los contribuyentes que terminarán financiándolo.²⁹

Nuestros resultados ponen de manifiesto la falta de justificación económica fundamentada para acometer las inversiones en alta velocidad en España y nos obliga a pensar en otras motivaciones. Una de ellas puede ser el supuesto rédito político que se le atribuye a la alta velocidad para los gobiernos que han invertido en ella y que es consistente con la ausencia de análisis coste-beneficio publicados por el ministerio que promovió su construcción. Otras justificaciones empleadas a menudo han sido el prestigio que ha otorgado a España, la ayuda que ha proporcionado al desarrollo de la industria nacional o la cohesión política, elementos que se alejan de la objetividad del análisis coste-beneficio de los proyectos y de la realidad de una sociedad donde cada vez es más patente el coste de oportunidad de estas inversiones. Preston (2013) discute las motivaciones que sustentan la construcción de infraestructuras de alta velocidad en diversos países (Francia, Japón, China, Italia, Reino Unido, Taiwan y España) situando a España en el mismo grupo que China, donde la rentabilidad, financiera y social, tienen en el mejor de los casos, un papel totalmente secundario.

29 Véase presentación de RENFE disponible en: <http://www.euskalyvasca.com/pdf/estudios/2012/Ponencia-Alfonso-Rodriguez.pdf>

6. Apéndice. Parámetros principales.

6.1. Corredor Madrid-Barcelona

SUPUESTOS GENERALES

- Inicio de Construcción: 1999.
- Finalización de la Construcción: 2008.
- Inicio de operación (Madrid-Zaragoza): 2003.
- Horizonte del proyecto: 50 años.
- Tasa financiera real de descuento: 5%.
- Tasa social real de descuento: 3,5%.
- Crecimiento anual de la demanda: Variable aleatoria que se distribuye de manera uniforme entre 1,5% y 2,5%.
- Coste de mantenimiento de la infraestructura: 109.000 euros de 2013 por kilómetro-año (De Rus, 2012).
- Unidad monetaria de evaluación: 2013.
- Año de descuento: 1998.

INVERSIÓN

- Coste de inversión total (sin periodificar): 8967 millones de euros corrientes en el Madrid-Barcelona y 221 millones de euros corrientes para Zaragoza-Huesca.
- Los costes de inversión se han periodificado de acuerdo con los kilómetros construidos cada año.
- El valor residual de la infraestructura es 0.

TODAS LAS LÍNEAS EXCEPTO BARCELONA-SEVILLA

Canon por uso de la infraestructura

- Canon por tren-km: 13,95 euros en 2013.

Material rodante

- Renfe Modelo 103 a un precio de 29.940.000 euros de 2004.
- Capacidad de 404 pasajeros.

- Vida útil 30 años.
- Número de trayectos diarios: 4.
- Ocupación del 70%. Variable aleatoria que se distribuye de manera uniforme entre 65% y 75%.
- Coste de mantenimiento y operación: 9 millones de euros de 2013 por tren-año (De Rus, 2012).

Demanda

- Número de pasajeros obtenidos a partir del Observatorio del Ferrocarril (2014). Corresponden a la suma de Madrid-Barcelona, Madrid-Zaragoza, Madrid-Tarragona, Madrid-Lleida y Barcelona-Zaragoza.
- Ingresos por pasajero: 73,5 euros de 2013.
- Distribución del tráfico: 40% en hora punta, 40% en hora normal y 20% en hora valle.

Cambio modal

	Madrid-Barcelona	Madrid-Zaragoza y Zaragoza-Barcelona	Madrid-Tarragona y Madrid Lleida
Desviado del avión	43,00%	2,67%	-
Desviado del autobús	3,25%	1,33%	-
Desviado del coche	16,07%	20,00%	45,00%
Desviado del tren convencional	27,29%	49,33%	45,00%
Tráfico generado	10,39%	26,67%	10,00%

Valores del tiempo (€2002/hora, 60% motivo trabajo y 40% motivo ocio)

Dentro del vehículo avión	22,73
Dentro del vehículo autobús	13,39
Dentro del vehículo coche	17,08
Dentro del vehículo tren convencional	17,08

Elasticidad valor del tiempo/renta: 0,7.

Costes evitados del avión: 838 € por cada mil Ton-Km (euros de 1998, la magnitud Ton-Km incorpora tráfico de pasajeros y carga conjuntamente, Betancor y Nombela, 2001).

Precios sombra:

- Coste de inversión: no se aplica porque no incluye costes de estaciones entre otros componentes de costes excluidos.
- Coste de mantenimiento de la infraestructura: se asume 50% del coste corresponde a mano de obra. Sobre esta parte se aplica un precio sombra del 0,9 (De Rus, 2012).

- Coste de mantenimiento y operación de trenes: se asume que todo es mano de obra y se aplica 0,9 de factor de corrección (De Rus, 2012).
- Coste de adquisición de los trenes: no se aplica corrección por precio sombra.
- Costes evitados: se aplica factor de corrección del 0,8 (De Rus, 2012).

LÍNEA BARCELONA- SEVILLA/MÁLAGA

Canon por uso de la infraestructura

- Canon por tren-km: 13,95 euros en 2013.

Material rodante

- Renfe Modelo 102 a un precio de 24.740.000 euros de 2006.
- Capacidad de 318 pasajeros.
- Vida útil 30 años.
- Número de trayectos diarios: 2.
- Ocupación del 70%. Variable aleatoria que se distribuye de manera uniforme entre 65% y 75%.
- Coste de mantenimiento y operación: 9 millones de euros de 2013 por tren-año (De Rus, 2012).

Demanda

- Datos obtenidos a partir de la Ferropedia.
- Ingresos por pasajero: 73,5 euros de 2013.
- Distribución del tráfico: 40% en hora punta, 40% en hora normal y 20% en hora valle.
- Ingresos imputados al corredor Barcelona-Madrid: 50%.

Cambio modal

	Barcelona-Sevilla
Desviado del avión	45,00%
Desviado del autobús	2,00%
Desviado del coche	12,00%
Desviado del tren convencional	26,00%
Tráfico generado	15,00%

Valores del tiempo

(€ 2002/hora). 60% motivo trabajo y 40% motivo ocio. Se consideran variables aleatorias que

siguen distribución normal.

Dentro del vehículo avión	22,73
Dentro del vehículo autobús	13,39
Dentro del vehículo coche	17,08
Dentro del vehículo tren convencional	17,08

Elasticidad valor del tiempo/renta: 0,7.

Costes evitados del avión: 838 € por cada mil Ton-Km (euros de 1998, la magnitud Ton-Km incorpora tráfico de pasajeros y carga conjuntamente, Betancor y Nombela, 2001).

Precios sombra:

-Coste de inversión: no se aplica porque no incluye costes de estaciones entre otros componentes de costes excluidos.

-Coste de mantenimiento de la infraestructura: se asume 50% del coste corresponde a mano de obra. Sobre esta parte se aplica un precio sombra del 0,9 (De Rus, 2012).

- Coste de mantenimiento y operación de trenes: se asume que todo es mano de obra y se aplica 0,9 de factor de corrección (De Rus, 2012).

-Coste de adquisición de los trenes: no se aplica corrección por precio sombra.

-Costes evitados: se aplica factor de corrección del 0,8 (De Rus, 2012).

LÍNEAS ALVIA

Canon por uso de la infraestructura

- Canon por tren-km: 3,74 euros en 2013.

Ingresos y costes operación

- Número de pasajeros obtenidos del Observatorio del Ferrocarril (2014) y de la Ferropedia. Incluyen los trayectos: Madrid-Logroño/Pamplona, Barcelona-Galicia, Barcelona- País Vasco y Barcelona- Pamplona. También se imputa el trayecto Madrid-Huesca a esta ruta.

- Margen promedio: 16%.

- Ocupación del 60%..

- Ingresos por pasajero: 43,1 euros de 2013.

ANÁLISIS CONTRAFCTUAL FINANCIERO

Costes e ingresos por el mantenimiento y operación de la infraestructura

- Coste (incremental) de mantenimiento de la infraestructura: 12.684 euros por kilómetro-año.
- Canon: 0,63 euros por tren-km.

Material rodante

- Renfe Modelo 130 a un precio de 16.720.000 euros de 2007.
- Capacidad de 299 pasajeros.
- Vida útil 30 años.
- Número de trayectos diarios: 3
- Ocupación del 70%.
- Coste de mantenimiento por tren-km: 11 euros.

Demanda

- Número de pasajeros obtenidos a partir de la Ferropedia y el Observatorio del Ferrocarril (2014) hasta el año anterior a la puesta en marcha de la infraestructura. Se mantienen esos datos constantes durante la vida de la infraestructura (crecimiento anual de la demanda: 0%).
- Se asume que no hay tráfico directo Barcelona-Madrid/Sevilla.
- Ingresos por pasajero: 50% del ingreso con AVE.
- Distribución del tráfico: 40% en hora punta, 40% en hora normal y 20% en hora valle.

6. 2. Corredor Madrid-Andalucía

SUPUESTOS GENERALES

- Inicio de Construcción: 1988.
- Finalización de la Construcción: 2008.
- Inicio de operación (Madrid-Sevilla): 1992.
- Inicio de operación (Madrid-Málaga): 2008.
- Horizonte del proyecto: 50 años.
- Tasa financiera real de descuento: 5%.
- Tasa social real de descuento: 3,5%.
- Crecimiento anual de la demanda: 2%.
- Coste de mantenimiento de la infraestructura: 109.000 euros de 2013 por kilómetro-año (De Rus, 2012).
- Unidad monetaria de evaluación: 2013.
- Año de descuento: 1987.

INVERSIÓN

- Coste de inversión total (sin periodificar): 2.070 millones de euros de 1987 (Madrid-Sevilla) y 2.100 millones de euros corrientes (Madrid-Málaga).
- Los costes de inversión se han periodificado de acuerdo con los kilómetros construidos cada año.
- El valor residual de la infraestructura es 0.

LÍNEA MADRID-SEVILLA

Canon por uso de la infraestructura

- Canon por tren-km: 10,09 euros en 2013.

Material rodante

- Renfe Modelo 100 a un precio de 12.770.000 euros de 1989.
- Capacidad de 331 pasajeros.

- Vida útil 30 años.
- Número de trayectos diarios: 4.
- Ocupación del 70%. Variable aleatoria que se distribuye de manera uniforme entre 65% y 75%.
- Coste de mantenimiento y operación: 9 millones de euros de 2013 por tren-año (De Rus, 2012).

Demanda

- Número de pasajeros obtenidos a partir del Observatorio del Ferrocarril (2014).
- Ingresos por pasajero: 56 euros de 2013.
- Distribución del tráfico: 40% en hora punta, 40% en hora normal y 20% en hora valle.

Cambio modal

	Madrid-Córdoba	Madrid-Sevilla
Desviado del avión	-	45,00%
Desviado del autobús	1,33%	2,00%
Desviado del coche	20,00%	12,00%
Desviado del tren convencional	49,33%	26,00%
Tráfico generado	29,34%	15,00%

Valores del tiempo

(€ 2002/hora). 60% motivo trabajo y 40% motivo ocio. Se consideran variables aleatorias que siguen distribución normal.

Dentro del vehículo avión	22,73
Dentro del vehículo autobús	13,39
Dentro del vehículo coche	17,08
Dentro del vehículo tren convencional	17,08

Elasticidad valor del tiempo/renta: 0,7.

Costes evitados del avión: 838 € por cada mil Ton-Km (euros de 1998, la magnitud Ton-Km incorpora tráfico de pasajeros y carga conjuntamente, Betancor y Nombela, 2001).

Precios sombra:

-Coste de inversión: no se aplica porque no incluye costes de estaciones entre otros componentes de costes excluidos.

-Coste de mantenimiento de la infraestructura: se asume 50% del coste corresponde a mano de obra. Sobre esta parte se aplica un precio sombra del 0,9 (De Rus, 2012).

- Coste de mantenimiento y operación de trenes: se asume que todo es mano de obra y se aplica 0,9 de factor de corrección (De Rus, 2012).
- Coste de adquisición de los trenes: no se aplica corrección por precio sombra.
- Costes evitados: se aplica factor de corrección del 0,8 (De Rus, 2012).

LÍNEA MADRID-MÁLAGA

Canon por uso de la infraestructura

- Canon por tren-km: 9,59 euros en 2013.

Material rodante

- Renfe Modelo 102 a un precio de 24.740.000 euros de 2006.
- Capacidad de 318 pasajeros.
- Vida útil 30 años.
- Número de trayectos diarios: 4.
- Ocupación del 70%. Variable aleatoria que se distribuye de manera uniforme entre 65% y 75%.
- Coste de mantenimiento y operación: 9 millones de euros de 2013 por tren-año (De Rus, 2012).

Demanda

- Número de pasajeros obtenidos a partir del Observatorio del Ferrocarril (2014).
- Ingresos por pasajero: 55 euros de 2012.
- Distribución del tráfico: 40% en hora punta, 40% en hora normal y 20% en hora valle.

Cambio modal

	Madrid-Málaga
Desviado del avión	45,00%
Desviado del autobús	2,00%
Desviado del coche	12,00%
Desviado del tren convencional	26,00%
Tráfico generado	15,00%

Valores del tiempo

(€ 2002/hora). 60% motivo trabajo y 40% motivo ocio. Se consideran variables aleatorias que siguen distribución normal.

Dentro del vehículo avión	22,73
Dentro del vehículo autobús	13,39

Dentro del vehículo coche	17,08
Dentro del vehículo tren convencional	17,08

Elasticidad valor del tiempo/renta: 0,7.

Costes evitados del avión: 838 € por cada mil Ton-Km (euros de 1998, la magnitud Ton-Km incorpora tráfico de pasajeros y carga conjuntamente, Betancor y Nombela, 2001).

Precios sombra:

-Coste de inversión: no se aplica porque no incluye costes de estaciones entre otros componentes de costes excluidos.

-Coste de mantenimiento de la infraestructura: se asume 50% del coste corresponde a mano de obra. Sobre esta parte se aplica un precio sombra del 0,9 (De Rus, 2012).

- Coste de mantenimiento y operación de trenes: se asume que todo es mano de obra y se aplica 0,9 de factor de corrección (De Rus, 2012).

-Coste de adquisición de los trenes: no se aplica corrección por precio sombra.

-Costes evitados: se aplica factor de corrección del 0,8 (De Rus, 2012).

LÍNEA BARCELONA-SEVILLA/MÁLAGA

- Ver datos en el Apéndice 1.

LÍNEAS ALVIA

Canon por uso de la infraestructura

- Canon por tren-km: 3,58 euros en 2013.

Ingresos y costes operación

- Número de pasajeros obtenidos del Observatorio del Ferrocarril (2014) y de la Ferropedia. Incluyen los trayectos: Madrid-Cádiz y Madrid-Huelva.

- Margen promedio: 16%.

- Ocupación del 60%.

- Ingresos por pasajero: 50 euros de 2013.

ANÁLISIS CONTRAFCTUAL FINANCIERO

- Igual al corredor Madrid-Barcelona. Ver Apéndice 1.

6. 3. Corredor Madrid-Levante

SUPUESTOS GENERALES

- Inicio de Construcción: 2003.
- Finalización de la Construcción: 2013.
- Inicio de operación (Madrid-Valencia): 2008.
- Inicio de operación (Madrid-Alicante): 2013.
- Horizonte del proyecto: 50 años.
- Tasa financiera real de descuento: 5%.
- Tasa social real de descuento: 3,5%.
- Crecimiento anual de la demanda: 2%.
- Coste de mantenimiento de la infraestructura: 109.000 euros de 2013 por kilómetro-año (De Rus, 2012).
- Unidad monetaria de evaluación: 2013.
- Año de descuento: 2002.

INVERSIÓN

- Coste de inversión total (sin periodificar): 7.763 millones de euros corrientes.
- Los costes de inversión se han periodificado de acuerdo con los kilómetros construidos cada año.
- El valor residual de la infraestructura es 0.

LÍNEA MADRID-VALENCIA Y MADRID-ALICANTE

Canon por uso de la infraestructura

- Canon por tren-km: 11,1 euros en 2013.

Material rodante

- Renfe Modelo 112 a un precio de 22.470.000 euros de 2007.
- Capacidad de 365 pasajeros.

- Vida útil 30 años.
- Número de trayectos diarios: 5 (Madrid-Valencia) y 4 (Madrid-Alicante).
- Ocupación del 70%. Variable aleatoria que se distribuye de manera uniforme entre 65% y 75%.
- Coste de mantenimiento y operación: 8,7 millones de euros de 2013 por tren-año.

Demanda

- Número de pasajeros obtenidos a partir del Observatorio del Ferrocarril (2014). Corresponden a la suma de Madrid-Valencia, Madrid-Albacete y Madrid-Alicante.
- Ingresos por pasajero: 70 euros de 2012.
- Distribución del tráfico: 40% en hora punta, 40% en hora normal y 20% en hora valle.

Cambio modal

	Madrid-Valencia	Madrid-Alicante	Madrid-Albacete
Desviado del avión	45,00%	45,00%	-
Desviado del autobús	2,00%	2,00%	-
Desviado del coche	15,00%	15,00%	45,00%
Desviado del tren convencional	30,00%	30,00%	45,00%
Tráfico generado	8,00%	8,00%	10,00%

Valores del tiempo

(€ 2002/hora). 60% motivo trabajo y 40% motivo ocio. Se consideran variables aleatorias que siguen distribución normal.

Dentro del vehículo avión	22,73
Dentro del vehículo autobús	13,39
Dentro del vehículo coche	17,08
Dentro del vehículo tren convencional	17,08

Elasticidad valor del tiempo/renta: 0,7.

Costes evitados del avión: 838 € por cada mil Ton-Km (euros de 1998, la magnitud Ton-Km incorpora tráfico de pasajeros y carga conjuntamente, Betancor y Nombela, 2001).

Precios sombra:

-Coste de inversión: no se aplica porque no incluye costes de estaciones entre otros componentes de costes excluidos.

-Coste de mantenimiento de la infraestructura: se asume 50% del coste corresponde a mano de obra. Sobre esta parte se aplica un precio sombra del 0,9 (De Rus, 2012).

- Coste de mantenimiento y operación de trenes: se asume que todo es mano de obra y se aplica 0,9 de factor de corrección (De Rus, 2012).

-Coste de adquisición de los trenes: no se aplica corrección por precio sombra.

-Costes evitados: se aplica factor de corrección del 0,8 (De Rus, 2012).

LÍNEAS ALVIA

Canon por uso de la infraestructura

- Canon por tren-km: 3,76 euros en 2013.

Ingresos y costes operación

- Número de pasajeros obtenidos del Observatorio del Ferrocarril (2014) y de la Ferropedia. Incluye los trayectos: Madrid-Castellón y Madrid-Gandía.

- Margen promedio: 16%.

- Ocupación del 60%.

- Ingresos por pasajero: 105 euros.

ANÁLISIS CONTRAFCTUAL FINANCIERO

- Igual al corredor Madrid-Barcelona. Ver Apéndice 1.

6. 4. Corredor Madrid-Norte de España

SUPUESTOS GENERALES

- Inicio de Construcción: 2002.
- Finalización de la Construcción: 2008.
- Inicio de operación: 2008.
- Horizonte del proyecto: 50 años.
- Tasa social real de descuento: 5%.
- Tasa financiera real de descuento: 3,5%.
- Crecimiento anual de la demanda: 2%.
- Coste de mantenimiento de la infraestructura: 109.000 euros de 2013 por kilómetro-año (De Rus, 2012).
- Unidad monetaria de evaluación: 2013.
- Año de descuento: 2002.

INVERSIÓN

- Coste de inversión total (sin periodificar): 425 millones de euros corrientes.
- Los costes de inversión se han periodificado de acuerdo con los kilómetros construidos cada año.
- El valor residual de la infraestructura es 0.

LÍNEA MADRID-VALLADOLID

Canon por uso de la infraestructura

- Canon por tren-km: 8,13 euros de 2013.

Material rodante

- Renfe Modelo 102 a un precio de 24.740.000 euros de 2001.
- Capacidad de 318 pasajeros.
- Vida útil 30 años.

- Número de trayectos diarios: 4.
- Ocupación del 70%. Variable aleatoria que se distribuye de manera uniforme entre 65% y 75%.
- Coste de mantenimiento y operación: 9 millones de euros de 2013 por tren-año (De Rus, 2012).

Demanda

- Número de pasajeros obtenidos a partir del Observatorio del Ferrocarril (2014).
- Ingresos por pasajero: 17,12 euros de 2013.
- Distribución del tráfico: 40% en hora punta, 40% en hora normal y 20% en hora valle.

Cambio modal

	Madrid-Valladolid	Madrid-León	Madrid-Asturias	Madrid-País Vasco	Madrid-Cantabria	Madrid-Galicia
Desviado del avión	-	-	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%
Desviado del autobús	5,00%	5,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Desviado del coche	30,00%	30,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%
Desviado del tren convencional	35,00%	35,00%	40,00%	40,00%	40,00%	40,00%
Tráfico generado	30,00%	30,00%	21,00%	21,00%	21,00%	21,00%

Valores del tiempo

(€ 2002/hora). 60% motivo trabajo y 40% motivo ocio. Se consideran variables aleatorias que siguen distribución normal.

Dentro del vehículo avión	22,73
Dentro del vehículo autobús	13,39
Dentro del vehículo coche	17,08
Dentro del vehículo tren convencional	17,08

Elasticidad valor del tiempo/renta: 0,7.

Costes evitados del avión: 838 € por cada mil Ton-Km (euros de 1998, la magnitud Ton-Km incorpora tráfico de pasajeros y carga conjuntamente, Betancor y Nombela, 2001).

Precios sombra:

- Coste de inversión: no se aplica porque no incluye costes de estaciones entre otros componentes de costes excluidos.
- Coste de mantenimiento de la infraestructura: se asume 50% del coste corresponde a mano de obra.

Sobre esta parte se aplica un precio sombra del 0,9 (De Rus, 2012).

- Coste de mantenimiento y operación de trenes: se asume que todo es mano de obra y se aplica 0,9 de factor de corrección (De Rus, 2012).

-Coste de adquisición de los trenes: no se aplica corrección por precio sombra.

-Costes evitados: se aplica factor de corrección del 0,8 (De Rus, 2012).

LÍNEAS ALVIA

Canon por uso de la infraestructura

- Canon por tren-km: 4,29 euros en 2013.

Ingresos y costes operación

- Número de pasajeros obtenidos del Observatorio del Ferrocarril (2014) y de la Ferropedia. Incluyen los trayectos: Madrid-León, Madrid-Asturias, Madrid-País Vasco, Madrid-Cantabria, Madrid-Galicia y Madrid-Valladolid (Alvia).

- Ocupación del 60%.

- Ingresos por pasajero: 42,57 euros de 2013.

- Coste de mantenimiento y operación: 9 millones de euros de 2013 por tren-año (De Rus, 2012).

ANÁLISIS CONTRAFACTUAL FINANCIERO

- Igual al corredor Madrid-Barcelona. Ver Apéndice 1.

7. Referencias

- Albalade, D. y Bel, G. (2010). Cuando la Economía no Importa: Auge y Esplendor de la Alta Velocidad en España, *Revista de Economía Aplicada*, Vol. 19, (55), pp. 171-190.
- Batley, R., Mackie, P. y Wardman, M. (2013). Review of the value of time assumptions for business travellers on HS2 .DfT, London.
- Betancor, O. y Nombela, G. (2001). “European Airlines Marginal Costs”. Annex from *Deliverable 6, Supplier Operating Costs*. UNITE project. European Commission, DG TREN
- Comisión Europea (2008). Guide to Cost-Benefit Analysis of investment projects. Structural Funds, Cohesion Fund and Instrument for Pre-Accession.
- Del Bo, C., Fiorio, C. y Florio, M. (2009). Shadow wages for the EU regions. Documento de trabajo DEAS. Universidad de Milán.
- De Rus, G. (2012). Economic evaluation of the high speed rail. Expert Group on Environmental Studies. Ministry of Finance. Sweden.
- De Rus, G. (2011a). The BCA of HSR: Should the government invest in high speed rail infrastructure? *The Journal of Benefit-Cost Analysis*, Vol. 2, (1), pp. 35-79.
- De Rus (2011b). ¿Es el AVE verde? Entrada en el blog Nada es Gratis. Disponible en: <http://nadaesgratis.es/fernandez-villaverde/%C2%BFes-el-ave-verde-de-gines-de-rus>
- De Rus, G., Betancor, O., Campos, C., Eugenio, J.L., Socorro, P., Matas, A., Raymond, J.L., González-Savignat, M., Brey, R., Nombela, G. and Benavides, J. (2010). “Evaluación económica de proyectos de transporte”. Manual del proyecto Evaluación Socioeconómica y Financiera de Proyectos de Transporte. Ministerio de Fomento. CEDEX
- De Rus, G. y G. Nombela (2007): “Is investment in High Speed Rail socially profitable?”, *Journal of Transport Economics and Policy*, 41 (1), 3-23.
- De Rus, G. y Román, C. (2006). Análisis económico de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona, *Revista de Economía Aplicada*, Vol. 14, (42).
- De Rus, G. e Inglada, V. (1997). Cost-benefit analysis of the high-speed train in Spain. *The Annals of Regional Science*, 31, pp. 175-188.
- Flyvbjerg, Bent, Holm, Mette K. Skamris y Søren L. Buhl (2005) “How (In)accurate Are Demand Forecasts in Public Works Projects?: The Case of Transportation”, *Journal of the American Planning Association*, Volumen 71, Número 2.
- Flyvbjerg, B. Skamris, M.K. y Buhl, S.L. (2003). “What Causes Cost Overrun in Transport Infrastructure Projects?” *Transport Reviews*, Vol. 24 (1), pp. 3-18.
- HEATCO (2006). Deliverable 5 Proposal for Harmonised Guidelines. Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. Comisión Europea.

Lyons, G, Jain, J y Holley, D (2007) The use of travel time by rail passengers in Great Britain Transportation Research Part A, Vol 41, pp.107–120.

Nash, C. (2013). When to Invest in High-Speed Rail. Discussion Paper No. 2013-25. International Transport Forum.

Observatorio del Ferrocarril en España (2014). “Informe 2013”.

Preston, J. (2013) “The Economics of Investment in High Speed Rail”, International Transport Forum, Discussion Paper 2013-30.