



GRADO EN ECONOMÍA
CURSO ACADÉMICO 2013/2014

TRABAJO FIN DE GRADO

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL AVE
MADRID-BARCELONA-MARSELLA

ECONOMIC EVALUATION OF AVE MADRID -
BARCELONA - MARSEILLE

AUTORA: M^a DEL CARMEN ORTIZ FERNÁNDEZ

TUTOR: PEDRO PABLO COTO-MILLÁN

30 de JUNIO de 2014

ÍNDICE DE CONTENIDOS

0.	ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	2
1.	RESUMEN	3
2.	ABSTRACT	3 - 4
3.	INTRODUCCIÓN	5
4.	REVISIÓN DE LA LITERATURA	6 - 7
5.	ESTADO ACTUAL DEL AVE EN ESPAÑA	7 - 10
6.	METODOLOGÍA	11
7.	ESTRUCTURA DE COSTES	12 - 15
7.1.	Infraestructura	12
7.2.	Costes de mantenimiento de la Infraestructura	12 - 14
7.2.1.	Mantenimiento de la superestructura de la vía	12 - 13
7.2.2.	Costes de catenaria	13
7.2.3.	Señalización y seguridad	13
7.2.4.	Telecomunicaciones	13
7.3.	Coste de material rodante	14
7.4.	Costes de explotación	15
7.5.	Valor residual	15
8.	ESTRUCTURA DE BENEFICIOS	16 - 24
8.1.	Ingresos por viajes generados	16 - 18
8.1.1.	Beneficio de la demanda inducida por mayores ingresos	17
8.1.2.	Beneficio de la demanda inducida menores costes generalizados	18
8.2.	Beneficio por ahorros de tiempo	19 - 20
8.3.	Beneficio por ahorros de coste en otros medios de transporte	20 - 21
8.4.	Beneficio por menores costes externos	21 - 24
8.4.1.	Ahorro de costes por reducción de accidentes	21 - 22
8.4.2.	Ahorro de costes por reducción de la congestión	22
8.4.3.	Ahorro de costes medioambientales	23
9.	RESULTADO ANALÍTICO DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA	24 - 25
10.	CONCLUSIONES	26 - 28
11.	BIBLIOGRAFÍA	29 - 30

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 5.1. Líneas de Alta Velocidad ferroviarias en funcionamiento, en construcción y planificadas en Abril de 2013.	7
Tabla 7.1. Costes de mantenimiento de la infraestructura.	14
Tabla 7.2. Porcentaje del coste de las partidas de explotación.	15
Tabla 8.1. Cuadro de tarifas de billete de AVE.	16
Tabla 8.2. Distribución de pasajeros por modalidad antes y después del AVE.	17
Tabla 8.3. Diferencias de costes generalizados con respecto al AVE.	18
Tabla 8.4. Duración del trayecto Madrid-Marsella por modo de transporte.	19
Tabla 8.5. Beneficios por ahorro de tiempo por modo de transporte.	19
Tabla 8.6. Costes de producción por modo de transporte.	20
Tabla 8.7. Diferencia de costes con respecto al AVE.	20
Tabla 8.8. Costes externos por modo de transporte.	22
Tabla 8.9. Costes ambientales por modo de transporte.	23
Tabla 9.1. Beneficio social del AVE en la línea Madrid-Barcelona-Marsella.	25

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1. Planificación de la red de AVE 2005-2020	8
---	---

1. RESUMEN

La Alta Velocidad Ferroviaria se ha convertido en los últimos tiempos en la principal destinataria de los proyectos de inversión pública en infraestructuras en España, haciendo frente tanto a detractores, quienes ven en estas inversiones auténticos derroches por su alto coste inicial, como a defensores ya que ven estos proyectos como posibles oportunidades para lograr desarrollo económico y social en las ciudades españolas.

Tanto es así que gracias a dichas inversiones ferroviarias se ha conseguido unir casi todas las ciudades de la Península con la capital española e, incluso, se ha conseguido unir esta ciudad con distintas ciudades francesas, entre ellas Marsella mediante un AVE directo desde Madrid, así como con Lyon o París mediante un transbordo en Barcelona.

No obstante, si se atiende a los diferentes análisis realizados sobre las líneas de AVE, puede observarse que prácticamente ninguna de ellas es rentable, ya que el principal factor que falla es el limitado volumen de viajeros que éstas presentan en sus primeros años de funcionamiento.

De esta forma, el objetivo del presente ensayo es la evaluación económica de un proyecto de infraestructura ferroviaria inédito, moderno y transfronterizo como es la línea de AVE Madrid-Barcelona-Marsella, siguiendo metodología de un análisis Coste-Beneficio, de tal manera que con los resultados que éste arroje pueda revelarse si este proyecto es económicamente viable o no lo es.

Por otro lado, para realizar este análisis es indispensable conocer los costes y beneficios de esta nueva línea de Alta Velocidad, así como los costes y beneficios de los medios de transporte alternativos con los que se puede viajar desde Madrid a Marsella, éstos son: avión, vehículo particular y autobús, de tal manera que se excluye de este análisis el ferrocarril convencional ya que este medio de transporte no unía Madrid con Marsella antes de la entrada en funcionamiento del AVE.

Así mismo, es esencial conocer la demanda inicial de viajeros que realizan este trayecto ya que esta variable es clave para determinar la viabilidad final del proyecto, así como su evolución a lo largo de los años de vida de la infraestructura.

Palabras clave: Tren de Alta Velocidad; Análisis Coste-Beneficio; viabilidad económica y social; VAN; Madrid; Barcelona; Marsella.

2. ABSTRACT

The High Speed Rail has recently turned into the main target of public investment projects in infrastructure in Spain, facing both detractors, who come in these investments authentic wastes for its high initial cost, and defenders since they see these projects as possible opportunities to achieve economic and social development in the Spanish cities.

So much it's so thanks to the above mentioned railway investments it has been managed to join almost all cities of the Peninsula with the Spanish capital and, even more, it has

been managed to join this city with various French cities, including Marseille by direct AVE from Madrid, as well as with Lyon and Paris through transshipment in Barcelona.

However, taking into account the different HSL analyses, it can be observed that practically none of them are profitable, because the main factor that fails is the limited number of travelers they have in their early years of functioning.

Thus, the purpose of this essay is the economic evaluation of an unpublished, modern and cross-border project of rail infrastructure such as the high speed line Madrid-Barcelona-Marseille, following methodology of a Cost-Benefit analysis, so that its results can be revealed if the project is economically viable or not.

On the other hand, to perform this analysis is essential to know the costs and benefits of this new high speed line, and the costs and benefits of alternative modes of transport with which you can travel from Madrid to Marseille, these are: plane, private car and bus, so that conventional rail transport is excluded from this analysis because this way of transport didn't join Madrid and Marseille before the coming into operation of the HSR.

It is also essential to know the initial number of passengers who make their trip on AVE because this variable is key to determining the viability of the project and its evolution over the years of life of the infrastructure.

Keywords: High Speed Rail; Cost-Benefit analysis; Economic and social viability; VAN; Madrid; Barcelona; Marseille.

3. INTRODUCCIÓN

La alta velocidad ferroviaria se ha convertido en un lapso de veinte años en la gran protagonista de la política de transporte en España, de tal manera que, actualmente, España es el líder en extensión de red ferroviaria en relación a los demás países europeos y el segundo en el mundo, por detrás de China.

El objetivo principal que se ha buscado con la difusión de las líneas de alta velocidad es la revitalización del sector ferroviario, ya que, con la preeminencia desarrollada por el transporte aéreo, el primero se encuentra en declive.

Además de ello, se pretende eliminar los cuellos de botella que se originan en aquellos corredores con alta densidad de tráfico y, en zonas donde existen ventajas comparativas del ferrocarril frente al avión, ganarle usuarios al mismo. De esta forma, se puede observar cómo uno de los principales factores que rigen la rentabilidad social del AVE es el volumen de demanda (*Coto-Millán e Inglada, 2002*).

En virtud de ello, entró en funcionamiento en abril de 1992 la primera línea de AVE Madrid-Sevilla y se continuaron proyectando y construyendo las infraestructuras necesarias para el establecimiento de nuevas líneas de alta velocidad.

No obstante, a pesar de que el transporte es un elemento esencial en la actualidad, no todos los medios que existen resultan rentables, útiles o cómodos.

Así pues, es importante recalcar que, actualmente en España existen líneas de AVE que no cubren ni los costes de explotación, por lo que cabe preguntarse si cada línea nueva que se construya y se ponga en funcionamiento mejorará la afluencia de pasajeros y con ello incrementarán los beneficios de su creación o, por el contrario, aumentarán los costes de tenerla en funcionamiento.

Por todo ello es por lo que, en este ensayo se va a analizar la rentabilidad de la alta velocidad ferroviaria en España centrándose, para ello, en una línea en concreto, que es la línea Madrid-Barcelona-Marsella, la cual entró en funcionamiento a finales de 2013.

El método a utilizar para analizar la rentabilidad de esta línea de AVE va a ser un análisis coste-beneficio, de manera que se examinarán los distintos beneficios y costes que se generen en la construcción y mantenimiento de la misma, de tal forma que, si los primeros son mayores que los segundos, la infraestructura será rentable y viable. Sin embargo, si se obtienen como resultados pérdidas, deberán estudiarse distintas alternativas que puedan hacer que el proyecto sea viable, tales como la posibilidad de transporte mixto de pasajeros y mercancías o aprovechamiento de infraestructuras ferroviarias anteriores.

4. REVISION DE LA LITERATURA

El análisis coste-beneficio es un instrumento de análisis *ex ante* que se utiliza para valorar si un proyecto de inversión debe aprobarse y realizarse o, si por el contrario, debe rechazarse y no llevarse a cabo.

Esta herramienta no es, por tanto, un requisito administrativo ya que, si así fuese, este método perdería su potencial como instrumento de decisión pública, de tal manera que su principal propósito es ser un método de apoyo a la hora de tomar decisiones de inversión que favorezcan el interés general de la sociedad en su conjunto. (*De Rus, 2009*).

En dicho análisis debe compararse la corriente de beneficios y costes que se generan a lo largo de la vida útil del proyecto para determinar el beneficio social neto del mismo. Para ello, deben identificarse los beneficios y costes para la sociedad, los cuales se valoran monetariamente y se actualizan al año base mediante una tasa de descuento elegida.

Debe, por tanto, tenerse en consideración si los proyectos de inversión que se van a analizar van a conseguir que la sociedad se vea beneficiada debido a que con su construcción, mantenimiento y explotación se van a crear puestos de empleo, si mediante su uso se va a conseguir reducir los tiempos de conexión entre distintas ciudades en el caso de que los proyectos de inversión sean de transporte, etc; o, si por el contrario, estos proyectos no tienen gran demanda, a la vez que elevados costes, lo cual deriva en que, para financiar dichos proyectos, se empleen mayoritariamente los impuestos de los ciudadanos, de tal forma que esto conllevaría pérdidas potenciales para el conjunto de la sociedad.

Así mismo, los proyectos de inversión en este tipo de infraestructuras se caracterizan por tener altos costes, en la mayor parte de los casos irreversibles, e incertidumbre asociada a la demanda de personas que emplearán las anteriores. (*De Rus, 2009*)

De manera que, hay proyectos en donde los anteriores suelen repartirse entre la sociedad sin que se ocasionen problemas de equidad significativos; mientras que otros proyectos perjudican o benefician a la población de forma asimétrica según el nivel de renta o la zona geográfica. (*De Rus, 2009*)

Por tanto, la regla de decisión básica en este análisis es que si un proyecto de inversión en una infraestructura de transporte presenta un beneficio social neto positivo, éste se ocasiona debido a que los beneficios sociales superan a los costes sociales, por lo que dicho proyecto es deseable socialmente, esto es, debe efectuarse su construcción.

Sin embargo, a la hora de realizar estas evaluaciones económicas mediante el análisis coste-beneficio existe una larga serie de dificultades para conseguir información sobre la valoración monetaria de los distintos costes y beneficios existentes y, a su vez, aparece la dificultad de predecir el comportamiento futuro que van a seguir ciertas variables, en especial, la demanda futura de viajeros del medio de transporte del que se realice el proyecto de inversión.

Finalmente y en lo que respecta a los resultados finales con los que los distintos análisis coste-beneficio concluyen es que ninguno de ellos es rentable, es decir, todos

los análisis realizados sobre las múltiples líneas de AVE en España arrojan pérdidas, tal y como puede comprobarse en los estudios de *De Rus e Inglada (1993)*, *Coto-Millán e Inglada (2002)*, *Coto-Millán e Inglada (2003)*, *Coto-Millán, Inglada y Rey (2007)*, *De Rus y Roman (2009)*, *Campos, De Rus y Barrón de Angoiti (2009)*, *Coto-Millán, Casares e Inglada (2011)* y *Coto-Millán, Casares, San Millán y Agüeros (2012)*.

Si bien, aunque estos análisis de los proyectos de infraestructura ferroviaria muestren resultados de no viabilidad económica, los anteriores se han llevado a cabo teniendo más fracaso que éxito.

5. ESTADO ACTUAL DEL AVE EN ESPAÑA

Como se ha comentado en la introducción, España cuenta con el mayor número de km de vías férreas de alta velocidad entre los países de la UE y se sitúa en segundo lugar mundialmente, sólo por detrás de China.

Esto puede comprobarse con la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 5.1. Líneas de Alta Velocidad ferroviarias en funcionamiento, en construcción y planificadas en Abril de 2013.

País	Km en servicio (1)	Km en construcción (2)	Km planificados (3)	TOTAL (1) + (2) + (3)
España	2.515	1.308	1.702	5.525
Francia	2.036	757	2.407	5.200
Alemania	1.334	428	495	2.257
Italia	923	0	395	1.318
Rusia	0	0	650	650
TOTAL EUROPA	7.378	2.565	8.321	18.264
China	9.867	9.081	3.777	22.725
Japón	2.664	779	179	3.622
Turquía	444	603	1.758	2.805
TOTAL ASIA	13.732	11.199	6.258	31.190
USA	362	0	777	1.139
TOTAL MUNDO	21.472	13.964	16.347	51.783

Fuente: *Elaboración propia a partir de los datos de Unión Internacional de Ferrocarriles UIC.*

Así pues, se observa cómo hay un gran número de km planificados para llevar a cabo la construcción de nuevas líneas de AVE, de manera que todas las ciudades de España se encuentren conectadas mediante líneas de alta velocidad.

Dicha afirmación se ilustra con el siguiente gráfico, en donde el trazo ancho de las líneas

se corresponde con aquéllas que operan desde 2010 y el trazo fino se corresponde con las líneas previstas para 2020:

Gráfico 5.1. Planificación de la red de AVE 2005-2020



Fuente: Ministerio de Fomento.

A través de dicho gráfico se puede observar la principal característica de la red de Alta Velocidad Española: se persigue conectar ya no todas las capitales de provincia, sino todas las ciudades españolas con la capital política y económica, Madrid, con el objetivo de alcanzar la cohesión y desarrollo regional. Al igual que ocurre con el caso del TGV francés, que pretende unir sus principales ciudades con un nodo central, París.

Esto hace que las líneas que se construyen no se seleccionen debido a criterios de rentabilidad social, ni para la eliminación de los cuellos de botella en aquellos corredores con alta densidad de tráfico y grandes núcleos de población que además dispongan de limitada conexión aérea.

De manera que, en función de una serie de combinaciones como éstas, se mantiene el funcionamiento o se proyecta la construcción de distintas nuevas líneas de AVE con una escasa demanda, que hace que su inversión no sea rentable en la mayoría de los casos.

Así pues, se considera, según la Comisión Europea (2008, pág 84) que *“sólo bajo circunstancias excepcionales (es decir, una combinación basada en bajos costes de construcción y un gran ahorro de tiempo) puede justificarse una nueva línea de AV con un volumen de pasajeros inferior a 6 millones de usuarios anuales en el año inicial; con unos costes de construcción y de ahorro de tiempo tipo, una demanda mínima de 9 millones de pasajeros es probablemente lo necesario”*.

Ninguna línea de AVE hasta el momento ha alcanzado esas cifras en el primer año de su servicio.

Diversos especialistas estiman que las líneas de AVE llegarían a ser rentables

si se aprovecharan las economías conjuntas del tráfico mixto, es decir, el transporte de viajeros y mercancía, como se prevé para Pajares a pesar de que incremente los tiempos de viaje, ya que la inversión necesaria para la construcción y el mantenimiento de estas infraestructuras es muy elevada y claramente no se cubren los gastos con el precio de los billetes, los cuales no son baratos. Sin embargo, si se traspasasen todos los costes al viajero, como es el caso del transporte aéreo, el coste de dichos billetes sería inasumible para los usuarios del AVE, de manera que prácticamente nadie estaría dispuesto a usarlo.

Por ello, gran parte de los costes los cubre el Estado de forma indirecta mediante los impuestos que los ciudadanos pagan, por lo que así todos los ciudadanos (quienes utilizan y no utilizan el AVE) lo están financiando ya que el Gobierno considera que el AVE es un estímulo para el crecimiento económico, a pesar de que se estas ayudas públicas han recibido críticas importantes.

Si se atiende a las cifras del turismo, se observa el hecho de que aumenta el número de visitantes de las distintas ciudades que conecta el AVE o sus zonas limítrofes, pero, debido a que es un medio rápido de transporte, se facilitan los traslados en el mismo día, por lo que disminuyen las pernoctaciones.

A pesar de todo ello, el AVE es un medio de transporte preferido al avión o la carretera ya que ofrece distintas ventajas en comparación con éstos. Por ejemplo, las estaciones del AVE están situadas en el centro urbano por lo que facilita el acceso al mismo en contraposición a los aeropuertos, los cuales se encuentran a km de la ciudad; además una gran virtud del AVE es su puntualidad frente al transporte aéreo y frente al tren convencional.

Además de estas dos características, los usuarios del AVE prefieren este medio de transporte por su rapidez, comodidad, posibilidad de estar conectado a internet, fiabilidad, seguridad, etc.

Por ello, se considera que el AVE es competitivo en aquellos viajes de media distancia, entre 150 y 600 km ya que los tiempos de espera que se tienen al usar el transporte aéreo más el tiempo de vuelo se asemeja al tiempo que dura el traslado en tren.

Sin embargo, a pesar de que con la crisis actual se busca reducir el déficit público de manera que diversos proyectos de construcción de tramos de AVE han sido paralizados, se ha recurrido a inversores de capital-riesgo extranjeros para proseguir con el objetivo de la difusión española de este medio de transporte y no se atiende a que las perspectivas de futuro son cada vez peores ya que las nuevas líneas que se construyan van a tener cada vez menores densidades de tráfico ya que es probable que se sigan utilizando las excelentes conexiones aéreas e infraestructuras aeroportuarias con las que cuenta España, lo que provocará que las infraestructuras del AVE no sean rentables y que produzcan grandes pérdidas para el Estado.

Por otro lado, atendiendo ya a la línea de AVE que se analiza en el presente ensayo, la principal característica que la define es que conecta las principales ciudades españolas, tanto a nivel de renta como de población, ya que Madrid y Barcelona reúnen a unos 5 millones de habitantes. Así, en virtud de dichas características, se puede observar cómo existe un elevado grado de movilidad entre ambas ciudades.

Si, a la conexión de estas ciudades se le agrega, además, la conexión con Francia, hace que la línea de Alta Velocidad que se presenta en este ensayo goce de gran importancia

Evaluación económica del AVE Madrid-Barcelona-Marsella

ya que une la principales regiones de ambos países y, se constituye como uno de los principales ejes de comunicación de España con Europa; además de que mediante la misma, se canaliza un flujo turístico relevante que engloba tanto viajeros del Sur y Levante español mediante la conexión de distintas líneas de AVE, tanto con Madrid como con Barcelona.

Es importante recalcar, también, las distintas relaciones culturales y comerciales que mantienen Cataluña y Francia debido a su proximidad, de tal forma que, en este proyecto de infraestructura están presentes las economías de red.

6. METODOLOGÍA

La metodología a emplear para valorar si la línea de AVE Madrid-Barcelona-Marsella es rentable económica y socioeconómicamente es el análisis coste-beneficio, de manera que éste se basa en la disposición a pagar de la sociedad por disfrutar de la alta velocidad ferroviaria, y, en los costes sociales que son aquéllos en los que la sociedad incurre por tener dicho medio de transporte.

Así pues, los criterios de decisión utilizados para llegar a la aceptación o rechazo de los proyectos públicos de inversión, de tal forma que se observe si éstos son rentables o no, es el valor actual neto (VAN), el cual se obtiene mediante la utilización de la siguiente expresión:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^{t-1}} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^{t-1}}$$

En ella puede observarse cómo el primer sumatorio se refiere al valor actual neto de los beneficios y, el segundo de ellos, se refiere al valor actual neto de los costes.

Así pues, en virtud de esta expresión, si se obtiene un VAN positivo, el proyecto de inversión pública es rentable y se acepta; mientras que si se obtiene un VAN < 0, el proyecto presenta pérdidas y será rechazado.¹

De esta forma, para poder llevar a cabo el ACB tienen que analizarse los distintos costes y beneficios que presenta la construcción, la puesta en servicio y el mantenimiento de esta línea para ver si los primeros son menores a los segundos, de manera que sea rentable llevar a cabo el proyecto, como se dijo anteriormente.

Además, se debe tener en cuenta que existen unos efectos externos, que son: mantenimiento de la infraestructura (para carretera); congestión (para carretera), accidentes (para carretera) y ambientales (ruido, contaminación para todos los modos de transporte).

¹ El cálculo a realizar para obtener los valores actualizados a 2013 es el siguiente:
valor actualizado = valor de 2011 * (1 + valor de la inflación) para el caso de los costes
y, para el caso de los beneficios: valor actualizado = valor de 2011 *(1 + tasa
crecimiento del PIB).

7. ESTRUCTURA DE COSTES

A la hora de analizar la línea de AVE, existen los siguientes costes, que pueden clasificarse en fijos, semifijos y variables, dependiendo del plazo que se considere para estudiarlos.

De esta forma, los costes fijos se corresponden con la construcción de infraestructura y su mantenimiento, los costes semifijos son aquéllos que se relacionan con la adquisición del material móvil y los costes variables se conocen como costes de explotación y se caracterizan por tener una alta sensibilidad a la evolución de la demanda.

7.1. INFRAESTRUCTURA.

Los costes de infraestructura incluyen tanto la vía del ferrocarril como la explanación, la señalización, estaciones, catenaria, etc.

El tramo Madrid-Barcelona-Marsella se encuentra dentro del Corredor Noreste y la longitud de dicho tramo es de 1100 km. A lo largo de esos km, el trazado consta de 214 viaductos y puentes, 94 túneles, la remodelación de la estación de Barcelona-Sants y la nueva estación de Figueres-Vilafant.

Así, esta línea de AVE recorre las siguientes ciudades españolas: Madrid, Barcelona, Girona y Figueres; y las siguientes ciudades francesas: Perpignan, Narbonne, Béziers, Montpellier, Nimes, Avignon, Aix –en- Provence y Marsella.

Según los datos proporcionados por ADIF, se tiene que:

Coste total de la infraestructura: 12.497.875.000 €.

Y, si se divide dicho coste total por el número de km que recorre a lo largo de su trayecto, se obtiene un coste medio de 11.361.704,55 €/km.

7.2. MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA.

Dentro de esta categoría de costes se encuentran, primero, el mantenimiento de la superestructura de la vía, que engloba los gastos que entraña la conservación de dicha vía y las actividades encaminadas a conseguir el adecuado funcionamiento de los carriles, traviesas, balastos, etc; además de los gastos de conservación de los sistemas de drenaje y cerramientos del trazado.

Para calcular el gasto que entraña dicha partida de costes, se atiende a los datos proporcionados por ADIF en lo que respecta a la adjudicación del mantenimiento de la superestructura de la vía de la línea Madrid-Barcelona para un período de 4 años y la cual se divide en dos contratos: uno para el tramo Madrid-Zaragoza, el cual tiene un coste unitario anual de 37.386 €/km y, el tramo Zaragoza-Barcelona, con un coste unitario anual de 35.517 €/km.

Si se realiza un promedio de ambos costes, se tiene un coste unitario anual de 36.451

€/km, que, multiplicado éste por el número total de km de la vía analizada, se obtiene:

Coste mantenimiento de la superestructura de la vía: 40.096.432,4 €/año.

Otro de estos costes son los costes de la catenaria, entre los que se encuentran el mantenimiento de la misma y los distintos dispositivos que la conforman.

Si se atiende al contrato de servicios de mantenimiento de la misma que ADIF licitó para la línea de AVE Madrid-Barcelona para un período temporal de 4 años, se tiene una cantidad de 16.697.161 €. La longitud de ese corredor es de 621, de tal forma que, para saber el coste de mantenimiento de la catenaria de la línea de AVE Madrid-Barcelona-Marsella tiene que dividirse el coste de la licitación entre el número de km del corredor y el número de años de la misma.

Así, si posteriormente se multiplica la cantidad obtenida por el total de km de la línea analizada, se tiene:

Coste de supervisión y mantenimiento de la catenaria: 7.394.072,9 €/año.

La tercera partida de costes dentro del mantenimiento de la infraestructura se corresponde con los gastos asociados a la señalización y seguridad de la vía que comprenden tanto el mantenimiento de los sistemas que permiten la circulación de los trenes, así como el de los sistemas energéticos y la realización, además de un mantenimiento preventivo tanto de la infraestructura como del material rodante.

Para hallar el gasto que se tiene al realizar esta actividad, se tienen en cuenta dos contratos para distintos tramos de vía de AVE, que son: Córdoba-Málaga, la cual tiene un coste unitario anual de 52.033 €/km, y Madrid-Segovia-Valladolid con su correspondiente coste unitario anual de 57.155 €/km. El periodo del contrato es, para ambas 4 años.

Si se realiza un promedio de ambas cantidades para llegar al coste medio anual para la línea que aquí se analiza, éste es de 54.594 €/km, con lo que, multiplicando este dato por los km totales por los que transcurre el AVE Madrid-Marsella, se obtiene:

Coste de señalización y seguridad: 60.053.639,1 €/año.

Finalmente, aparecen los costes del mantenimiento de las telecomunicaciones mediante el uso de equipos de señalización y transmisión de datos a través de la fibra óptica tanto en los centros de control como en las vías.

Al igual que en las partidas anteriores de costes, para obtener el gasto de mantenimiento de las telecomunicaciones se parte de los datos de la adjudicación de 2 contratos para realizar esta actividad. De esta forma, el primer contrato tiene un período de duración de 26.5 meses, se adjudica a la línea Córdoba-Málaga y tiene un coste unitario anual de 15.315 €/km; y, el segundo contrato, de 4 años de duración, se realiza para la línea Madrid-Sevilla y tiene un coste unitario anual de 11.993 €/km.

Así pues, al igual que en los casos anteriores, si se realiza un promedio de estos dos contratos y se multiplica el dato obtenido por el total de km de la línea Madrid-Marsella, se obtiene:

Coste de mantenimiento de las telecomunicaciones: 15.019.596,2 €/año.

De esta forma, mediante la siguiente tabla, se muestran las diferentes partidas de costes que se han descrito anteriormente con su importe:

Tabla 7.1. Costes de mantenimiento de la infraestructura.

Partida de costes	Importe
Mantenimiento de la superestructura de la vía (1)	40.096.432,4 €
Supervisión y mantenimiento de la catenaria (2)	7.394.072,9 €
Señalización y seguridad (3)	60.053.639,1 €
Mantenimiento de telecomunicaciones (4)	15.019.596,2 €
TOTAL = (1) + (2) + (3) + (4)	122.563.741 €
Coste mantenimiento de Infraestructura por Km (TOTAL € /1100 km)	111.421,58 €

Fuente: elaboración propia.

7.3. MATERIAL RODANTE.

El tren que realiza el trayecto Madrid-Barcelona-Marsella es el modelo S-103, fabricado por Siemens y que cuenta con un total de 404 plazas distribuidas en tres clases, que son: Preferente, Turista y Club.

El Ministerio de Fomento encargó en un primer pedido 16 unidades de este modelo en el año 2001 y, posteriormente, en 2004 encargó otras 10 unidades, con un coste total de esas 26 unidades de 737,24 M € de 2006.

Para saber el coste de esta partida a precios de 2013, obtenemos la variación del Índice General Nacional según el sistema IPC con base 2011, desde enero de 2006 hasta febrero de 2014 que proporciona el INE y la cual es del 17,8% para todo el período.

De esta forma, se obtiene:

Coste total del pedido: 868.468.720 €.

Coste unitario de los 26 trenes: 33.402.643 €.

Por otro lado, en lo que respecta a la frecuencia de esta línea de AVE, actualmente sólo opera con una frecuencia de ida y vuelta diaria, a la que, dependiendo del crecimiento de la demanda de viajes, puede que se le sume nuevas frecuencias a lo largo de los años de duración del proyecto.

Por tanto, si se multiplica esa unidad de ferrocarril que realiza el trayecto por el coste unitario del mismo, se obtiene el mismo coste calculado anteriormente:

Coste total de 1 tren inicial: 33.402.643 €.

7.4. EXPLOTACIÓN.

En esta categoría de costes se incluyen las siguientes partidas y su correspondiente porcentaje de participación en el mismo:

Tabla 7.2. Porcentaje del coste de las partidas de explotación.

Partida de costes	% Coste
Empleados	15
Pagos a ADIF	19
Amortización y depreciación	10
Mantenimiento y transformaciones a Integria	7
Energía	7
Intereses y otros gastos financieros	5
Otros servicios	31

Fuente: Elaboración propia

Además, en virtud de los datos proporcionados por Renfe los cuales están medidos euros por plaza ocupada y km, se obtiene un valor de 0,104 €/p-km. Este dato resulta relevante ya que los ferrocarriles de alta velocidad presentan un aprovechamiento medio más elevado que los ferrocarriles convencionales.

Así pues, si se considera el 2014, que es el primer año del funcionamiento del proyecto, se estima que la demanda de viajeros de esta línea sea alrededor de 3 millones de pasajeros. Por tanto, una plaza ocupada en un AVE de la serie 103 a lo largo de los 1100 km que recorre desde su origen a destino conlleva el siguiente gasto:

Coste por plaza ocupada: 42,1223 €
Coste de explotación total: 127.836.968,3 €

7.5. VALOR RESIDUAL.

La vida útil considerada para el material rodante es de 20 años con una tasa de depreciación lineal para dicho período.

Por otro lado, en lo que respecta a la infraestructura, el ministerio de Fomento realiza estimaciones de la vida útil de los distintos elementos que conforman dicha infraestructura. Así pues, si se efectúa un promedio de estos valores estimados, se obtiene un valor de 45 años para la totalidad de la infraestructura.

Asimismo, debido a que el proyecto de inversión aquí analizado tiene una vida de 40 años de explotación y, como se dijo anteriormente, una tasa de depreciación lineal, el valor residual será de alrededor del 5 % del valor de la inversión realizada en la infraestructura.

8. ESTRUCTURA DE BENEFICIOS:

En el análisis de la línea Madrid-Barcelona-Marsella se observan los siguientes beneficios:

8.1. INGRESOS POR VIAJES GENERADOS.

Según estimaciones de Coto-Millán e Inglada (2009), se prevé que la demanda total de pasajeros de esta línea durante su primer año de funcionamiento sea:

Demanda (2014): 3.034.900 viajeros

Por otro lado, es necesario conocer la demanda de viajeros de esta línea en los años posteriores y, para ello, se aplica el supuesto de que, a partir del año próximo, ésta evolucionará paralelamente al crecimiento del PIB español, a la vez que se asume una elasticidad de la demanda de transporte de 1,4.

Además, falta conocer el dato del precio de los billetes de esta línea, de manera que pueda calcularse el ingreso medio por viajero-km. Así pues, en la siguiente tabla se muestran las distintas variedades de precios que podemos encontrar al adquirir un billete para el trayecto del AVE Madrid-Barcelona-Marsella:

Tabla 8.1. Cuadro de tarifas de billete de AVE².

Tipo de billete	Precio
Sencillo	176,20 €
Ida y vuelta	295,70 €

Fuente: Elaboración a partir de datos de Renfe.

Una vez hallados los datos anteriores, ya es posible obtener los beneficios totales producidos por los viajes generados. Para ello, se ha de separar la demanda de trayectos de esta línea en tráfico desviado y tráfico generado:

El tráfico desviado hace referencia a aquel tráfico que ha ganado el AVE quitándoselo al resto de medios de transporte, es decir, son los trayectos que se habrían realizado en dichos medios si no existiese la línea de AVE de la que se está realizando este análisis.

Según las distintas informaciones publicadas hasta la fecha, el AVE Madrid-Marsella está desplazando una cantidad reducida de pasajeros, ya sea por el elevado coste del billete o por las horas de viaje, de tal forma que, aquellas personas que se desplazaban desde la capital española hasta la ciudad francesa mediante el transporte aéreo, ya que era y es el más rápido, es probable que lo sigan utilizando.

De esta forma, si se atiende a los datos aportados por Coto-Millán e Inglada para el reparto modal de esta línea, se obtiene una aproximación bastante exacta del número de viajeros que utilizaban los medios de transporte alternativos al AVE para realizar el

² Las tarifas que aquí se presentan hacen referencia sólo a la clase turista, no se tienen en cuenta, por tanto, las tarifas de este trayecto para la clase preferente. Para obtener las tarifas se han escogido dos días al azar de ida y vuelta, que son 7 de Abril de 2014 y 10 de Abril de 2014, respectivamente.

trayecto entre las dos ciudades consideradas, así como el nuevo reparto modal con motivo de la introducción de la línea de Alta Velocidad.

Tabla 8.2. Distribución de pasajeros por modalidad antes y después del AVE.

Modo de transporte	Antes del AVE	del %	Después del AVE	%
Avión	4.582.800	73,97	2.749.700	38,70
Autobús	300.800	4,85	270.700	3,81
Coche	1.312.100	21,18	1.049.700	14,77
AVE	-	-	3.034.900	42,71

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Coto-Millán e Inglada.

Así pues, la introducción de esta línea de AVE supone una disminución considerable de la demanda del viaje en avión, al igual que en el transporte por vehículo privado. Sin embargo, no ocurre así en el caso del autobús, modo de transporte en el que la demanda baja, pero no de forma relevante, debido esto a que el AVE y el autobús son medios de transporte escasamente sustitutivos.

Es, por tanto, el transporte por ferrocarril de Alta Velocidad quien transporta a un mayor número de viajeros de Madrid a Marsella.

De esta forma, puede considerarse que el AVE va a suponer una sustitución de los restantes medios de transporte de alrededor del 85%.

El tráfico generado es aquel que no se habría realizado si no existiese esta nueva línea de AVE, es decir, es la creación de nuevos desplazamientos. Así mismo, no solamente forman parte de este tipo de tráfico aquellos individuos que no habían realizado antes este trayecto, sino también aquellos que aumentan su frecuencia de viaje de Madrid a Marsella por la existencia del AVE.

En el estudio analítico que aquí se presenta, este último tráfico se establece mediante la diferencia entre el tráfico total y el tráfico desviado procedente de otros medios de transporte, el cual es de 909.300 personas.

Así, se estima que los viajes generados de la nueva línea de AVE Madrid-Marsella representarían el 12,80%.

8.1.1. Beneficio de la demanda inducida por mayores ingresos:

Esta partida de beneficios hace referencia a los ingresos que obtiene RENFE debido al aumento de la demanda de nuevos viajes con motivo de la puesta en funcionamiento de esta línea.

Por tanto, para hallar este beneficio se ha de realizar el cociente del producto de los ingresos totales y la demanda de nuevos viajes, entre el tráfico total de la línea analizada:

Beneficios por mayores ingresos: 534.749.380 €

8.1.2. Beneficio de la demanda inducida por menores costes generalizados:

Estos beneficios guardan relación con aquellos que obtienen los usuarios que se aprovechan de la entrada en funcionamiento de esta nueva línea de forma que sustituyen los viajes que realizaban en otros medios de transporte por el nuevo AVE, de manera que su gasto generalizado ahora será menor.

Por gasto generalizado, $g = p + t^3$, se entiende el precio del billete, y los tiempos de espera y de retraso que sufre el usuario hasta llegar a su destino. De manera que, si bien el precio de esta línea de AVE es mayor que la tarifa de otros medios de transporte, el hecho de que aporte más seguridad, comodidad, rapidez y fiabilidad hace que los viajeros lo prefieran frente a otras alternativas.

Así pues, estos viajes generados se ponderan por los menores gastos generalizados que tiene este medio de transporte, y en proporción al tráfico sustituido de las distintas alternativas de transporte que utilizaban los actuales usuarios del AVE. Esta diferencia de costes generalizados entre los medios de transporte con respecto al AVE aparece en el siguiente cuadro:

Tabla 8.3. Diferencias de costes generalizados con respecto al AVE, € 2014/viajero.

Diferencia de coste generalizado respecto al AVE		
Autobús	Coche	Avión
-37,4736	4,5092	39,1633

Fuente: *Elaboración propia a partir de información de Inglada (2002).*

Por tanto, si a los datos aportados en el cuadro anterior se les pondera por los tráficos sustituidos de otros medios de transporte, y a su vez, se multiplican por los nuevos viajes generados, todo ello en función del tráfico total de viajeros, se obtiene lo siguiente:

Beneficio por menor coste generalizado: 354.828 €

Además, al sumar estas dos partidas de beneficios, que conllevan un mayor ingreso para las empresas dedicadas al transporte y, por otro lado, la mejora del consumidor debido a la existencia de menores costes generalizados, se obtiene:

Beneficio Total por inducción de viajes: 535.104.208 €

³ Donde: g = gasto generalizado; p = precio del billete del tren; y t = tiempo x valor del tiempo.

8.2. BENEFICIO POR AHORROS DE TIEMPO.

Esta partida de beneficios hace referencia al ahorro de tiempo que se produce por la sustitución de los medios de transporte que se utilizaban antes de la introducción de la línea de AVE. Es, por tanto, el AVE el segundo medio de transporte más eficaz si se atiende al descenso del tiempo de viaje, como se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 8.4. Duración del trayecto Madrid-Marsella por modo de transporte.

Modo de transporte	Duración viaje
AVE	7 horas (+ 20 min de facturación)
Avión	1 hora y 35 minutos (+ 45 min de facturación + 15 de instalación en el avión)
Coche	10 horas y 40 minutos
Autobús	16 horas y 30 minutos

Fuente: Elaboración propia.

Atendiendo al valor del ahorro de tiempo del trayecto, éste se corresponde con la ganancia neta de utilidad del uso alternativo del mismo.

Una forma de hallarlo es mediante el uso del método de preferencias reveladas o declaradas. Sin embargo, para hallar dicho valor, este estudio se basa en los valores del tiempo actualizados que proporciona el Ministerio de Fomento, tal y como aparecen actualizados en la siguiente tabla.

Por otro lado, si se multiplica las diferencias del tiempo de viaje de cada modo de transporte por el valor del tiempo del usuario y, se divide todo lo anterior entre los km que componen la línea Madrid-Barcelona-Marsella, se obtiene el beneficio por viajero/km, tal y como aparece a continuación:

Tabla 8.5. Beneficios por ahorro de tiempo por modo de transporte.

Valores del tiempo por modo de transporte (€ 2014/hora)		
Autobús	Coche	Avión
4,4093	8,1886	34,6841
Diferencia de tiempos con respecto al AVE (en horas)		
Autobús	Coche	Avión
9,1667	3,3333	-4,7500
Beneficio por Viajero-Km en ahorros de tiempo (en horas)		
Autobús	Coche	Avión
0,0368	0,0249	-0,1502

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Fomento.

De esta manera, si se multiplican para cada modo de transporte los tráficos sustituidos por los beneficios unitarios y se suman, se obtiene el siguiente beneficio:

Beneficio Total por ahorros de tiempo: - 414.596.215 €

8.3. BENEFICIO POR AHORROS DE COSTE EN OTROS MEDIOS DE TRANSPORTE.

Para calcular estos beneficios, en el análisis se atiende a los datos que elabora CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas)⁴, tal y como aparece en la siguiente tabla:

Tabla 8.6. Costes de producción por modo de transporte (€ por viajero/Km).

Costes de producción por modo de transporte (€ por viajero/Km)			
Autobús	AVE	Avión	Coche
0,0450	0,0970	0,1790	0,1820

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CEDEX (2005).

Ha de destacarse, en virtud de la anterior tabla que:

- En los costes del vehículo privado y del avión no se incluyen costes financieros.
- En los costes del AVE se incluyen: costes de amortización, financiación, mantenimiento, salarios, consumo de energía, además de los cánones de acceso a la red.
- En los costes del autobús se incluyen: costes de amortización, financiación, mantenimiento, salarios, combustible, neumáticos, primas de seguros y costes indirectos.

A continuación, se muestra la diferencia en costes de cada modo de transporte con respecto al AVE:

Tabla 8.7. Diferencia de costes con respecto al AVE (€ por viajero/Km).

Diferencia de costes con respecto al AVE(€ viajero/Km)		
Autobús	Avión	Coche
-0,052	0,082	0,085

Fuente: Elaboración propia.

A la luz de los datos presentados en la anterior tabla, se pueden realizar los siguientes comentarios:

⁴ Organismo autónomo adscrito al Ministerio de Fomento.

- Si bien el AVE sale perjudicado con respecto al autobús en cuanto a la diferencia de costes de producción, debido a que son dos medios de transporte con demandas poco sustitutivas, el impacto negativo en relación al ahorro de costes tiene escasa importancia ya que el tráfico de sustitución que el AVE atrae de este medio es reducido.
- Existe una notable diferencia en costes entre el transporte aéreo y el transporte por carretera en vehículo privado con respecto al AVE, llegando a ser de casi el doble. Si a esto se le une el tráfico sustituido que absorbe de éstos, se produce fuerte competencia en las compañías de transporte.

De esta manera, si se multiplica el tráfico sustituido del AVE por el diferencial de costes para cada alternativa modal y se suman, se obtiene el siguiente beneficio:

Beneficio Total por reducción de costes: 330.685.850 €

8.4. BENEFICIO POR MENORES COSTES EXTERNOS.

Hacen referencia a aquéllos que se producen cuando los usuarios no soportan todos los costes derivados del servicio de la línea de alta velocidad, tales como accidentes, contaminación, saturación, etc. Así pues, existen una serie de costes sociales que generan impactos diferentes dependiendo del medio de transporte del que se trate.

De esta manera, se considera que el AVE es el medio de transporte más sostenible en la medida en que es capaz de internalizar dichos costes.

Todo esto goza de cierta importancia ya que las decisiones que se toman dependen en gran parte de los precios de mercado, pero, debido a que éstos no muestran distintas escaseces como el aire puro, el tráfico fluido, etc., las decisiones individuales de consumidores y productores dejan de garantizar la utilidad máxima para la sociedad en su conjunto.

8.4.1. Ahorro de costes por reducción de accidentes:

Son aquellos daños que se producen a los vehículos, a las infraestructuras y a la propiedad, costes sanitarios, administrativos, psicológicos y el valor asociado a la pérdida de vidas. Son, por tanto, aquellos que afectan a terceros, sin estar cubiertos por los seguros o indemnizaciones de los causantes.

Si se atiende a la valoración de los fallecimientos, según el informe INFRAS, ésta es de 1.5 millones de €, la de los heridos graves es de 200.000 € y la de los heridos leves 15.000 €. No obstante, dicha valoración no incluye el coste psicológico.

Se considera que la importancia relativa del coste medio de los accidentes en avión y en AVE es baja con respecto al coste de los accidentes que se producen en el resto de medios de transporte, como el coche (31.000 € pasajero/km) o el autobús (2.400 € pasajero/km).

Así pues, a continuación se muestran los datos obtenidos del informe INFRAS en relación a los costes externos por modo de transporte:

Tabla 8.8. Costes externos por modo de transporte (€ pasajero/km).

Costes externos por modo de transporte (€ pasajero/Km)		
Avión	Autobús	Coche
0	0,0025	0,0319

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de INFRAS.

Por tanto, si se multiplica el tráfico sustituido en la línea Madrid-Barcelona-Marsella por los costes aquí presentados para cada modo de transporte, y se suman, se obtiene el siguiente beneficio:

Beneficio Total por ahorro de accidentes: 37.578.398 €

8.4.2. Ahorro de costes por reducción de la congestión:

La congestión es un fenómeno producido por los propios usuarios de los servicios de transporte y, en especial, aquellos usuarios con su vehículo propio. Esto se debe a que al usuario de la carretera, por ejemplo, sólo le importa el tiempo que va a tardar en realizar su viaje y el coste monetario del mismo, pero no tiene en cuenta que al utilizar dicha carretera, su coche se acumula al tráfico que ya existe en la misma, haciendo que la circulación sea más densa ya que su coche se suma a la congestión que con esta misma acción produce el resto de usuarios de la carretera, por lo que el tiempo que emplean dichos usuarios de la carretera se incrementa por la congestión creada por la existencia de tantos coches en la misma.

El AVE contribuye a disminuir la congestión en las carreteras, de manera que reduce el tiempo de viaje de los propios usuarios del AVE que abandonan la carretera y reduce el tiempo de viaje de los usuarios de dicha carretera al existir un menor número de vehículos circulando. Este beneficio que genera el AVE puede valorarse mediante el producto del ahorro de tiempo de los usuarios de la carretera por el valor del tiempo que posea cada uno.

Así pues, para obtener el coste medio de la congestión para cada modo de transporte, se va a considerar que el número medio de ocupantes de un coche es de 2 personas y el de un autobús estándar es de 40 plazas presentando éste una ocupación de aproximadamente un 60 %, con lo que solamente se va a tener en cuenta el beneficio debido a la reducción de la congestión para el transporte por carretera.

De esta forma, se obtienen para el coche y el autobús unos costes de congestión de 0.0079 y 0.0010 € viajero/km, respectivamente.

Por tanto, para obtener el beneficio total debido a la disminución de la congestión con motivo a la entrada en funcionamiento del AVE, se tiene que multiplicar la cantidad de tráfico sustituido por los costes señalados anteriormente para cada modo de transporte y sumarlos, de manera que se alcanza el siguiente beneficio:

Beneficio Total por menor congestión: 9.419.663 €

8.4.3. Ahorro de costes medioambientales:

Los principales problemas medioambientales que las emisiones de gases y partículas de los motores de los vehículos ocasionan al medio son el cambio climático y la contaminación atmosférica.

En lo que respecta al cambio climático, éste se produce por los gases de efecto invernadero, sin embargo su valoración actualmente no está consensuada por la Comisión Europea. De esta forma, para contabilizar el coste de las mismas, este estudio se basa en el análisis de INFRAS/IWW de 2004, el cual sigue la metodología apoyada en el coste que conlleva la reducción de la emisión de dichos gases de acuerdo a una cuota preestablecida en las estrategias políticas contra el cambio climático.

En cuanto a la contaminación atmosférica, se observa que el mayor coste se produce en relación a la salud y, uno de los mayores daños a la misma se produce por la contaminación acústica.

Así pues, a continuación se muestran una serie de tablas en las que aparecen los distintos tipos de costes medioambientales para cada modo de transporte:

Tabla 8.9. Costes ambientales por modo de transporte (€ por viajero/km).

Costes del cambio climático por modo de transporte (€ por viajero/km)		
Autobús	Coche	Avión
0,0085	0,0181	0,0475

Costes de la contaminación atmosférica por modo de transporte (€ por viajero/km)		
Autobús	Coche	Avión
0,0213	0,0131	0,0025

Costes externos del ruido por modo de transporte (€ por viajero/km)		
Autobús	Coche	Avión
0,0013	0,0053	0,0019

Costes medioambientales por modo de transporte (€ por viajero/km)		
Autobús	Coche	Avión
0,0311	0,0365	0,0519

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de INFRAS.

Por tanto, si se realiza el producto de los tráficos sustituidos por los costes presentados en las anteriores tablas y se suman, se consigue el siguiente beneficio:

Beneficio por menor coste medioambiental: 208.386.475 €

Y, finalmente, si se suman las partidas de beneficios relacionadas con los ahorros de costes externos, es decir, aquéllos que se producen por la reducción de accidentes, congestión y del coste medioambiental, se presentan unos beneficios como los siguientes:

Beneficio por menores costes externos: 255.384.536 €

9. RESULTADO ANALÍTICO DEL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA

El beneficio total neto del proyecto se obtendrá atendiendo a las siguientes cuestiones:

- Debe actualizarse el año que se considera como base (2014) a través de una tasa social real de descuento, r , los beneficios y los costes anuales mediante la utilización de la siguiente expresión:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^{t-1}} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^{t-1}}$$

Donde la variable t de la expresión hace referencia al período temporal, de tal manera que se considera un período de vida de la infraestructura de 20 años desde 2014 y unas tasas de descuento de 1 y 2,5 %. Estas tasas han sido elegidas por las siguientes razones:

La tasa de descuento del 1 % se ha escogido atendiendo a los tipos de interés reales que las entidades bancarias ofrecen a aquéllas empresas que piden fondos para la construcción de esta infraestructura y que, generalmente se encuentra 1 punto porcentual por encima de los tipos de interés reales que fija el Banco Central Europeo, los cuales se encuentran actualmente cercanos al 0,1 %.

La tasa de descuento del 2,5 % ha sido escogida con motivo de que al tener este proyecto una rentabilidad incierta y un gran riesgo asociados a los ingentes costes de su construcción y mantenimiento, la entidad financiera que provea de los fondos necesarios a la empresa constructora puede que aumente su tipo de interés hasta el 2,5% a fin de cubrirse frente la operación.

- Por otro lado, la tasa de depreciación de esta línea de AVE será lineal y de 2,22% y la vida útil del material rodante se sitúa en 20 años.
- Como se dijo a lo largo del análisis, se considera que la demanda de viajes en este medio de transporte evoluciona de forma paralela al crecimiento del PIB

español, el cual se cree que será aproximadamente de 1.35%⁵ a lo largo de esos 20 años. A su vez, se estima que la demanda de viajes con respecto al crecimiento del PIB es de 1,4.

- Una vez definidas dichas cuestiones, se obtienen los datos que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 9.1. Beneficio social del AVE en la línea Madrid-Barcelona-Marsella. Millones de € de 2014.

Concepto	Demanda	básica	Demanda Δ 12	veces
	VAN Tasa de descuento (1 %)	VAN Tasa de descuento (2,5 %)	VAN Tasa de descuento (1 %)	VAN Tasa de descuento (2,5 %)
COSTES SOCIALES				
1. Infraestructura	10344,989991	7817,767209	10344,989991	7817,767209
2. Mantenimiento infraestructura	101,450901	76,667017	101,450901	76,667017
3. Material rodante	27,648701	20,894279	27,648701	20,894279
4. Costes de explotación	105,815761	79,965567	105,815761	79,965567
5. Valor residual	1,382435	1,044714	1,382435	1,044714
BENEFICIOS SOCIALES				
6. Ingresos por viajes generados	737,022872	556,972336	8870,283999	6703,323584
7. Ahorros de tiempo	(343,177836)	(259,341424)	(4130,244775)	(3121,249242)
8. Ahorros costes en otros medios	273,721877	206,853165	3294,322174	2489,537823
9. Menores costes externos	211,391974	159,750106	2544,163712	1922,638849
VAN BENEFICIOS (6 +7+8 + 9)	878,958888	664,234182	10578,525110	7994,251014
VAN COSTES (1+2+3+4-5)	10578,522918	7994,249358	10578,522918	7994,249358
VAN TOTAL = VAN BENEFICIOS - VAN COSTES	-9699,564031	7330,015175	0,002192	0,001656

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología especificada en el texto.

⁵ Este dato aproximado del crecimiento del PIB español se ha obtenido a través de una regresión econométrica realizada en Gretl a través de los datos que aportaba el INE sobre el crecimiento del PIB y las previsiones futuras del mismo por parte del FMI de tal manera que con datos de 6 años se ha hallado una tasa aproximativa de la tasa de crecimiento del PIB. Una vez se tienen las distintas tasas para los 20 años que se analizan, se ha realizado una media y se ha obtenido el dato que se presenta arriba.

10. CONCLUSIONES

A través de la tabla presentada en el anterior apartado se observa cómo para ambas tasas de descuento consideradas, el valor actualizado de los beneficios netos es negativo, es decir, los costes sociales superan a los beneficios sociales.

Si se atiende a las tasas de descuento por separado, se advierte cómo las pérdidas son mayores para el caso de una tasa de descuento del 1%, superando los 9,5 millones de Euros; mientras que en el caso de la tasa de descuento del 2,5 % las pérdidas son algo menores, quedándose por debajo de la cifra anteriormente remarcada, en algo menos de 7,5 millones de Euros.

No obstante, ambas cifras son considerablemente elevadas y están muy lejos de una posible rentabilidad social, lo que podría deberse a que durante los primeros años de la puesta en funcionamiento de una infraestructura con las características descritas a lo largo del ensayo, los costes son ampliamente mayores a los ingresos, hasta que se alcanza un determinado volumen de pasajeros que hace que el proyecto comience a ser rentable.

De esta forma, mediante la evaluación económica y social del trayecto de Alta Velocidad ferroviaria de Madrid-Barcelona-Marsella se llega a la conclusión de que este proyecto de infraestructura no es económica ni socialmente viable para el caso del tráfico de viajeros exclusivamente, con un volumen de pasajeros de 3.054.900 durante el primer año de funcionamiento de la línea.

Este dato de la demanda inicial de la línea de AVE analizada se ha tomado siguiendo la aproximación realizada por Coto-Millán e Inglada ya que ésta nueva línea de AVE lleva en funcionamiento escasos meses, por lo que no es posible obtener el tráfico real de pasajeros del primer año de puesta en marcha del proyecto.

Así mismo, ha de tenerse en cuenta que se considera que estos poco más de 3 millones de viajeros realizan el trayecto completo, esto es, tienen su origen en Madrid y su destino en Marsella.

Además, para los años sucesivos, se ha estimado que el tráfico de viajeros evolucionará de forma paralela al PIB español, tal y como se dijo en el apartado anterior, de tal forma que dicho tráfico crece a medida que pasan los años, llegando a alcanzar un volumen de pasajeros cercano a los 4 millones de personas, ya que se estima que el PIB también se incrementa.

No obstante, en este supuesto no se ha tenido en cuenta el factor de la estacionalidad de la demanda, esto es, puede que existan picos de demanda motivados por el hecho de que ésta aumente durante el período estival ya que un determinado porcentaje de viajeros utilizan esta línea de AVE con motivo de ocio, así como en los períodos vacacionales de Semana Santa y Navidad.

De esta forma, como el volumen inicial de viajeros se erige como la principal variable a la hora de determinar la viabilidad del proyecto, junto con el coste de la infraestructura, si se establece el supuesto de que la demanda inicial se incrementa unas 12 veces, así como el resto de partidas de los beneficios relacionadas con el número de pasajeros en

la misma proporción, y dejando inalteradas las partidas de costes, mediante la Tabla 9.1 expuesta anteriormente puede observarse en las dos últimas columnas cómo comienzan a aflorar beneficios en este proyecto de infraestructura, esto es, los beneficios obtenidos de su utilización compensan las pérdidas derivadas de su construcción y mantenimiento.

Los beneficios con estas hipótesis son para una tasa de descuento del 1 % de algo más de 2.000 Euros y, para un tipo de descuento del 2,5 % son de alrededor de 1.500 Euros.

No obstante, ha de tenerse en cuenta que el supuesto que se aplica es de un crecimiento de demanda demasiado elevado (unos 36 millones de pasajeros al año frente a los 3 millones actuales).

Si se atiende a la distribución de los costes y beneficios, destaca sobremanera el hecho de que el resultado negativo se deriva del elevadísimo coste que tiene la infraestructura, el cual se erige como el coste de infraestructura de AVE más costoso de todas las construidas hasta el momento, y lo que hace que no pueda compensarse con ninguna partida de los beneficios sociales.

Además, es importante recalcar cómo las partidas de costes sociales se reparten de manera desigual, mientras que las de beneficios son bastante uniformes.

Dentro de los beneficios, debe remarcarse el hecho de que en verdad no existen ahorros de tiempo, esto es, esta partida de beneficios computa como una cifra negativa debido a que, en este trayecto, el AVE pierde tiempo con respecto al avión, medio de transporte que era el preferido por los viajeros para desplazarse de Madrid a Marsella antes de la introducción del AVE, y que, con la puesta en marcha del mismo se coloca como segunda opción.

Por tanto, la ganancia de tiempo del AVE con respecto al automóvil y al autobús no compensa la pérdida que se tiene con respecto al avión.

El motivo de esto se encuentra en que, como se anunció al comienzo de este ensayo, el ferrocarril de alta velocidad es competitivo en aquéllos trayectos de media distancia, sin embargo, la ruta de AVE que aquí se analiza se considera que es de larga distancia, ya que supera los 1.000 km de longitud, de tal manera que el tiempo de viaje en tren sobrepasa, y con mucha diferencia, el tiempo de vuelo del transporte aéreo más los tiempos de espera de éste. Esto puede ser la causa de que no se haya sustituido un gran volumen de viajeros del transporte aéreo en el nuevo medio de transporte.

Sin embargo, si se dejan de lado las suposiciones de incrementos de demanda explicadas anteriormente, lo que realmente ha de tenerse en cuenta es que este proyecto de infraestructura ferroviaria está muy lejos de la viabilidad económica y social. No obstante, éste no es el único proyecto de AVE que arroja pérdidas en su construcción, sino que, todos los proyectos de AVE estudiados hasta el presente concluyen de igual forma a este, es decir, no son rentables hasta que pasan varios años de su puesta en funcionamiento, y, aún con todo ello, las únicas líneas de Alta Velocidad en las que se ha conseguido compensar los costes de construcción y que actualmente son viables son Madrid-Sevilla y Madrid-Barcelona. Esto se debe a que son los principales trayectos en los que este medio de transporte es competitivo en tiempo con respecto al avión.

Este ensayo está, por tanto, en concordancia con el resto de literatura examinada.

El Gobierno mantiene su idea de seguir planificando y construyendo líneas de AVE cuyas pérdidas iniciales se trasladan a los ciudadanos mediante los impuestos que pagan y cuyas ganancias en forma de desarrollo económico se obtienen mayoritariamente en las regiones por las que éste circula.

De esta forma, quienes planifican estas nuevas líneas no tienen en cuenta que, si bien el AVE ofrece ventajas en cuanto a comodidad, seguridad o fiabilidad, los individuos prefieren seguir utilizando el transporte aéreo ya que, sobre todo en la línea que se analiza en este ensayo, las ganancias de tiempo son considerables con respecto al AVE, a la vez que dicho transporte aéreo ofrece precios más económicos, sobre todo las líneas low-cost que tan en auge están actualmente.

De tal manera que, si se une las pérdidas de tiempo del AVE con respecto al avión en el trayecto Madrid-Barcelona-Marsella a los precios algo más altos de sus billetes, se deriva en que la demanda de viajeros en esta línea no sea elevada.

No obstante, si se consigue reducir de forma notable el tiempo de viaje, lo cual aún está por ver en la parte Francesa entre Nimes y Perpiñán, podría hacer más competitivo el tren de Alta Velocidad frente al avión y, por tanto, podría ser un motivo para que se incremente el número de individuos que lo utilicen para viajar desde Madrid a Marsella.

El Estado debería, por tanto, replantearse seriamente si para lograr desarrollo económico y cohesión social es adecuado fomentar la creación de estas líneas de alta velocidad que tienen elevados costes tanto en su construcción como mantenimiento y que realmente no aportan tanta utilidad a la sociedad como podría ser la dedicación de esos fondos a la educación, la sanidad o el desarrollo e innovación tecnológico.

Y, en el caso de que se piense que se obtiene gran utilidad con la existencia de estas líneas debido a que así se logran ciertos objetivos de desarrollo como se ha dicho anteriormente, debe tenerse en mente la opción de incluir también el tráfico de mercancías, de tal forma que, mediante un tráfico mixto pueda conseguirse que las líneas en funcionamiento y planificadas sean rentables y no se encuentren infrutilizadas o caigan en desuso.

Finalmente y como contrapunto a la argumentación anterior, deben considerarse los distintos efectos positivos que un proyecto de este calibre tiene y que, en una evaluación como la que aquí se ha presentado no se tienen en cuenta debido a que no influyen en la rentabilidad del proyecto.

Estos son los relacionados con las ganancias del sector turístico por parte de los viajeros en las ciudades que recorre el AVE, así como la creación de empleo con motivo tanto de la construcción de la infraestructura como del mantenimiento y explotación de la misma.

11. BIBLIOGRAFÍA

AA.VV. (2003): *“Guía del análisis costes-beneficios de los proyectos de inversión.”* 2003. Fondos de los proyectos de inversión Estructurales - FEDER, Fondo de Cohesión e ISPA.

AA.VV. (2008): *“Guide to cost-benefits analysis of investment projects. Structural funds, cohesion fund and instrument for pre-accession.”* 2008

ADIF (2008): *“Financiación europea de las líneas de alta velocidad”*. Dirección General Económico Financiera y de Control.

Albalade D. y Bel G. (2011): “Cuando la economía no importa: Auge y esplendor de la Alta Velocidad en España”, *Revista de Economía Aplicada*, nº 55 (vol. XIX).

Campos, J., De Rus, G. y Barrón de Angoití, I. (2009): *“El transporte ferroviario de alta velocidad: una visión económica”*. Fundación BBVA.

Coto-Millán, P. y Inglada, V. (2002): *“Parámetros determinantes de la rentabilidad económica del tren de alta velocidad”*. Documento de Trabajo, Universidad de Cantabria.

Coto-Millán P. y Inglada V. (2003): *“Innovación en el transporte: el tren de alta velocidad”*, *Economía Industrial*, nº 353.

Coto-Millán, P. y Inglada V. (2009): *“Evaluación económica de la Alta Velocidad Ferroviaria: Casos Madrid-Sevilla y Madrid-Barcelona”*. Documento de Trabajo, Universidad de Cantabria.

Coto-Millán, P.; Inglada, V. y Casares, P. (2011): *“Evaluación económica del umbral de demanda del AVE en España”*. Documento de Trabajo, Universidad de Cantabria.

Coto-Millán, P.; Inglada, V. and Rey, B. (2007): *“Effects of Network Economics in High Speed Rail: The Spanish Case”*, *Annals of Regional Science*, Vol. 41, pp.911-925.

Coto-Millán, P.; Casares, P.; San Millán, D. y Agüeros, M. (2013): *“Rentabilidad social de las inversiones públicas: Análisis Coste Beneficio del AVE Madrid-Valencia.”*. Ponencia presentada en los XXVIII Encuentros de Economía Aplicada. Sevilla.

De Rus, G. (2009): *“La medición de la rentabilidad social de las infraestructuras de transporte”*. *Investigaciones regionales*, 14, 187-210.

De Rus G. e Inglada V. (1993): *“Análisis Coste-Beneficio del Tren de Alta Velocidad en España”*, *Revista de Economía Aplicada*, 3 (vol. I), pp.27-48.

De Rus G. y Román C. (2006): *“Análisis Económico de la línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona”*, *Revista de Economía Aplicada*, nº 42 (vol. XIV).

Inglada, V. y P. Coto-Millán. (2002): *“Introduction of an Innovative Product: The High Speed Train”*. Capítulo 3 de *Essays in Microeconomics and Industrial Organisation*. Editorial Springer-Verlag-Heidelberg. Germany.

Evaluación económica del AVE Madrid-Barcelona-Marsella

International Union of Railways (2013): Publicaciones sobre Líneas de Alta Velocidad en el Mundo.

RENFE (2014): Noticias publicadas a través de su Gabinete de prensa.