



Máster en Economía: Instrumentos del Análisis Económico

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

COST BENEFIT ANALYSIS: LEON-ASTURIAS HIGH SPEED RAILWAY

AUTOR: MIGUEL CARTON FERNANDEZ

DIRECTOR: PABLO COTO-MILLÁN

04/09/2023

ÍNDICE

Introducción-----	Páginas 4
Metodología-----	Páginas 10
Infraestructuras de alta velocidad-----	Páginas 17
Beneficios-----	Páginas 22
Costes-----	Páginas 31
Resultados-----	Páginas 38
Conclusiones-----	Páginas 45
Bibliografía-----	Páginas 46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Detalle técnico con las especificidades del túnel de Pajares
Tabla 2- Descripción de la vida útil en años de las distintas partidas
Tabla 3- Tráficos sustituidos en cada medio de transporte
Tabla 4- Costes externos
Tabla 5- Valor del tiempo
Tabla 6- Cálculos de los ahorros de tiempo
Tabla 7- Beneficios asociados al escenario realista
Tabla 8- Beneficios asociados al escenario optimista
Tabla 9- Beneficios asociados al escenario muy optimista
Tabla 10- Costes asociados al escenario realista
Tabla 11- Costes asociados al escenario optimista
Tabla 12- Costes asociados al escenario muy optimista
Tabla 13- Representación de los Flujos de caja y los flujos actualizados en el escenario realista

Tabla 14- Representación de los Flujos de caja y los flujos actualizados en el escenario optimista

Tabla 15- Representación de los Flujos de caja y los flujos actualizados en el escenario muy optimista

Tabla 16- Valores del VAN y TIR para los tres escenarios contemplados

Abstract:

Las infraestructuras de trenes de alta velocidad constituyen una de las inversiones más complejas dentro del sector del transporte. Los elevados costes asociados de estos proyectos acentúan la imprescindible medición de su rentabilidad. En el presente trabajo se utiliza un análisis coste beneficio de cara a examinar la viabilidad de un tramo de AVE comprendido entre León y Asturias, el cual presenta unas dificultades orográficas considerables. Paralelamente se evalúa la relevancia de este criterio y su adaptación a la realidad económica actual. Las conclusiones obtenidas invitan a un replanteamiento de la política de transporte seguida hasta la fecha en España.

High-speed infrastructures are one of the most complex investments within the transport sector. High associated costs make measuring their profitability even more indispensable. In the present work a cost-benefit analysis is used to examine the viability of a high-speed section between León and Asturias which presents considerable orographic obstacles. At the same time relevance of this criterion alongside its adaptation to the current economic reality are assessed. Conclusions obtained as a result of the analysis prompt some deviation from the Spanish transport policy implemented so far.

Palabras Clave: Análisis coste beneficio, Alta velocidad, criterio de decisión, transporte

1.Introducción

Este trabajo tiene como objeto la puesta en práctica de un modelo estructurado en torno a un análisis coste beneficio (ACB). Este se aplica al contexto relativo a las redes de alta velocidad. De acuerdo con la Unión Internacional de Ferrocarriles se define como alta velocidad aquellas líneas ferroviarias que pueden alcanzar velocidades superiores a los 250 km/h, o aquellas reconfiguradas para llegar a velocidades superiores a 200 km/h (International Union of Railways). La primera línea de alta velocidad data de 1964 cuando se llevó a cabo la construcción del proyecto que uniría Tokyo y Osaka. Desde entonces la proliferación de este tipo de transporte en los países capaces de desplegar los recursos suficientes para acometer estos proyectos ha sido notoria. Desde sus inicios la alta velocidad se postula como un medio sustitutivo del avión en cortas distancias y con potencial de reducir significativamente las emisiones contaminantes (Tzanakakis, 2013). En España, la introducción de esta tecnología se remonta a 1992, con la conexión Madrid-Sevilla. Esta línea refleja lo que ha sido el paradigma de este tipo de inversiones, marcadas por su reducida rentabilidad. Pese a ello, otros factores tales como el impacto regional y la calidad del servicio han sido valorados positivamente (de Rus y Inglada, 1997). La importancia de modelizaciones como la que lleva a cabo

en este trabajo radica en la previsible expansión de la alta velocidad y las dificultades de medición asociadas a ella.

A continuación, se realiza una revisión de la aplicación en diversas ramas académicas del ACB, así como su posición de peso en la evaluación de proyectos de transporte. Esta se lleva a cabo con especial hincapié en el aprovechamiento que de esta técnica pueda hacerse desde una perspectiva medioambiental y de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Posteriormente se analiza la metodología correspondiente. Se introduce el modelo empleado, su desglose en costes y beneficios y la discusión en torno a los resultados obtenidos. Por último, se añaden en las conclusiones una serie de valoraciones en relación con el estudio realizado y la política de transporte asociada a la alta velocidad.

2.Revisión bibliográfica

La aparición del ACB se remonta a los años 30 en Estados Unidos, cuando se aplicó por vez primera en el control de inundaciones. Durante los años cincuenta el ACB fue paulatinamente ganando en relevancia en la literatura económica, hasta convertirse en uno de los criterios más aplicados en las decisiones de inversión (Pearce, 1971). La presencia de este método en diversas ramas de diferente índole es sintomática de su prevalencia académica. La flexibilidad que le caracteriza permitía adaptarse a cuestiones como la tributación, bienes públicos, comercio o expedición de licencias (Drèze y Stern, 1987). Se puede encontrar su aplicación en legislación (De Urbina Gimeno, 2016), educación (de las Cuevas, García Pérez y Martínez Pagés, 1990), ganadería (Paredes, 2019) o medicina (Jozaghi, Reid y Andresen, 2013). También en lo referente a regulaciones, políticas de incentivos, programas económicos o proyectos urbanísticos (Boardman *et al.*, 2001a). A su vez, los numerosos planes educativos, así como las estrategias de implantación de los mismos cuentan con una literatura propia adscrita con asiduidad a la metodología del ACB (Wiseman, 1965; Hough, 1994; Gilead, 2014).

El ACB ha sido desde mediados del siglo XX el método predominante en la literatura de decisión pública ligada a inversiones de transporte. Este criterio resulta especialmente útil en la evaluación de proyectos complejos con un periodo de ejecución amplio como son las inversiones en infraestructuras. De este modo, la comparación de diversas alternativas a través de esta técnica permite fijar un umbral que refleje la viabilidad de un proyecto (Coto Millán *et al.*, 2013a). Como muestra de su alcance, los ejemplos de trabajos que evalúan proyectos de transporte desde el prisma del ACB son abundantes (Mackie y Nellthorp, 2001; Calthrop, de Borger y Proost, 2010; Jones, Moura y Domingos, 2014; Kohno y Higano, 2022). Conforme se ha ido puliendo esta herramienta han surgido distintos desarrollos del ACB y su inclusión en modelos más avanzados (Klochov, Nizhnik y Rusanova, 2009).

Como reflejo de la vigencia del ACB, tras la pandemia provocada por la aparición del COVID-19 surgen múltiples trabajos que incorporan el análisis coste beneficio a la modelización este acontecimiento. Un ejemplo lo constituye el análisis de la decisión de vacunarse desde un punto de vista económico (González Laso, 2018). Sin embargo, la utilización del criterio en el ámbito de la salud no es nueva. En muchos casos se usa el ACB para estudiar la idoneidad de una determinada intervención atendiendo a distintos factores. Entre estos destacan los costes monetarios, tiempo de recuperación o beneficios a largo plazo en el paciente (Klarman, 1974; Acharya *et al.*, 2017).

En la actualidad el cambio climático representa un reto de primer orden. Sus consecuencias negativas continúan agravándose con el tiempo y revertir esta tendencia cuanto antes es imprescindible. Sumando este hecho a las sucesivas crisis energéticas que periódicamente sacuden la economía, la necesidad de buscar alternativas resulta cada vez más acuciante. El impulso a las energías renovables en sustitución de los combustibles fósiles requiere de una transición paulatina y compleja. Este proceso involucra a una amplia variedad de tecnologías y estrategias orientadas a asegurar la viabilidad de las energías limpias. El estudio de la rentabilidad de las energías constituye un pilar fundamental dentro de la transición energética. Multitud de ejemplos avalan el uso del ACB como técnica empleada con el fin último de favorecer la implementación de tecnologías menos contaminantes (Maddison, 1995; Rosen, 2009; Ovaere y Proost, 2022). Cabe subrayar la presencia de este método en la difícil tarea de analizar las redes de almacenaje de energía necesarias para poner en marcha un reemplazo de las tecnologías más contaminantes (Oruganti Kameswara Satya Prakash y Vaithilingam, 2021). También en los diversos cálculos que componen las estimaciones de demanda de energía y en la calibración de la producción energética (Kumar Pancham y Soni, 2020). Por otro lado, los proyectos asociados a la gestión de residuos tienen un amplio potencial de contribuir a mitigar el empeoramiento del medioambiente. Los materiales que no son biodegradables con especial mención del plástico causan daños severos a los ecosistemas si no son tratados correctamente. En la actualidad la escasa rentabilidad de inversiones que combatan este hecho resulta una rémora de cara a solventar esta problemática (Ali, Sara y Rehman, 2021). Otro aspecto a resaltar en la lucha contra el cambio climático y el aporte que desde el método del ACB pueda hacerse es la elaboración de indicadores. Las variables que miden los niveles de contaminación marcan una clara señalización que debiera guiar las pautas de consumo y producción. La correcta confección de estas medidas y su impacto puede ser elaborado siguiente un análisis coste beneficio, como ha quedado demostrado (Olsthoorn *et al.*, 1999).

Los cambios producidos en las últimas décadas (globalización, digitalización, innovaciones tecnológicas...) han transformado profundamente el paradigma económico. En la actualidad las empresas operan en un contexto volátil en el cual cualquier mínima ventaja competitiva puede resultar decisiva en el posicionamiento dentro de un mercado. A su vez, el imperativo de tener presencia en instancias digitales (redes sociales, páginas web) condiciona irremediablemente las estrategias empresariales. De esta forma se requiere de cuantiosas inversiones destinadas tanto a ofertar los servicios a través de medios telemáticos como a posibilitar la interoperabilidad entre las estructuras de la empresa. Consecuentemente los métodos de control y evaluación son de gran utilidad. Entre ellos el ACB se incorpora frecuentemente a la planificación de las empresas en este ámbito, dada la claridad que aporta a una realidad compleja y multidimensional (Yin Ying y Zhang, 2011). El desarrollo de software responde a una serie de métricas que pueden ser incluidas en un ACB. Los modelos basados en análisis coste beneficio ofrecen buenos resultados en este tipo de procesos dinámicos y es por ello que las empresas favorecen el uso de esta técnica (Khoshgoftaar *et al.*, 2001). Un ejemplo respecto a software orientado al cliente son modelos predictivos junto con estudios de la funcionalidad y satisfacción de los clientes (Lu, 2003).

Las tecnologías de la información y la comunicación, así como la inteligencia artificial representan nichos en los cuales la medición de resultados se torna primordial. Esto se

debe al continuo desarrollo de estos sectores, que requiere de constantes innovaciones. Estas a su vez albergan un potencial incuantificable, pero también suponen un riesgo elevado. La puesta en práctica de modelos basados en el ACB puede contribuir a la introducción e implementación de nuevas tecnologías. De esta forma surge la adecuación de esta metodología a aspectos como el acceso a las tecnologías o los estándares aplicados en un contexto tecnológico (Fenu Gianni y Picconi, 2010). Una característica este campo de estudio es la preponderancia de los intangibles. Esto se debe a dificultad inherente a la gestión computacional de la información, lo que da lugar a inexactitudes en el tratamiento de datos (Harrigan *et al.*, 2008). Es por ello por lo que la conversión en términos monetarios que ofrece el ACB resulta atractiva para empresas e instituciones que operan en este campo (Parker, 1982). Este traslado de realidades inmateriales a valores medibles constituye una ventaja resaltable del ACB siempre y cuando se realice rigurosamente. De esta forma se posibilita la inclusión de una gran cantidad factores que, desglosados en términos de costes y beneficios, constituyen el pilar sobre el que se fundamenta este análisis. Esto provoca que, en el ámbito de la tecnología, dado el alto nivel de complejidad existente, el ACB represente una alternativa atractiva. Un ejemplo de lo anterior es la utilización de modelos compuestos por diversos ACB para estudiar la construcción de Smart Cities (Bulut Ummugul y Frye, 2020). Estas ciudades tienen el potencial de mejorar los servicios públicos a través de distintas tecnologías como son los análisis de datos o la implementación de redes digitales.

El punto de partida sobre el cual empezar a confeccionar el estudio lo constituyen las principales ventajas que se le presuponen a este tipo de proyectos. De esta manera la comprobación de la validez de estas conducirá a juzgar en qué medida distan de la realidad. Entre los factores positivos de mayor relevancia que se le atribuyen a un proyecto ferroviario se encuentran la reducción del tránsito de coches y su contaminación asociada o la mayor interconectividad. En este sentido, uno de los argumentos de mayor calado a favor de la alta velocidad es su potencial para reducir la contaminación. Esta hipótesis está ligada a la capacidad de sustitución de medios de transporte convencionales, principalmente el vehículo privado. Para lograr este objetivo de disminución de la polución es conveniente llevar a cabo un examen detallado de la red interregional que se implantará tras la construcción de la vía. De esta forma, atendiendo a los patrones de desplazamiento se puede llegar a conseguir una sustitución más efectiva de medios de transporte en favor de la alta velocidad (Otsuka, 2022). Al respecto influyen también factores como el surgimiento de economías de alcance (compatibilidad de trayectos de pasajeros y mercancías) o aumentos de productividad en empresas afectadas positivamente por las conexiones establecidas. Otros efectos favorables son el menor gasto de los usuarios en transporte o la reducción de los accidentes de tráfico (Vreeker, 2008; Litman, 2009; Xue, Jia y Tang, 2022).

2. Metodología

Se define como análisis coste beneficio aquel proceso sistemático dirigido a medir e identificar todos los costes y beneficios de un proyecto, política o programa, en términos monetarios (Boardman *et al.*, 2001b). El objetivo final es sustraer ambos flujos para así obtener el valor neto. Para ellos las estimaciones monetizadas de corrientes de costes y beneficios futuros son descontadas, hallándose el valor presente. La regla de decisión comúnmente aceptada es que una política o programa es aceptada si el sumatorio de

los beneficios es mayor que el de los costes (Frank, 2000; ten Have Henk y Patrão Neves, 2021).

El ACB parte de la comparativa de una corriente de ingresos y unos costes, de cara a ofrecer una información valiosa con el objetivo de facilitar la toma de decisiones. Constituye un medio enfocado a incrementar la eficacia a la hora de elaborar un determinado plan inversor, de forma que ayude a dilucidar que alternativa resulta más provechosa. El empleo del ACB permite la identificación de los costes que representan una mayor ineficiencia, de cara a minimizarlos. Similarmente posibilita obtener los beneficios más relevantes, de forma que se pueda implementar un proyecto maximizando los puntos fuertes ('Principles of Benefit-Cost Analysis', 2001; Bleyl *et al.*, 2019). De esta forma se consigue medir la utilidad e idoneidad de una inversión. Más allá de estos rasgos fundamentales, a través de este criterio también es posible hallar otros indicadores. Así, se puede calcular el grado de inversión óptimo, actuando de esta forma de delimitador de la magnitud del proyecto. A su vez el ACB se puede enfocar de cara a hallar cuál es la intensidad adecuada del capital o que proyecto se ajusta mejor al horizonte temporal elegido (Burkhead Jesse y Miner, 1971). Por último, partiendo del cómputo final obtenido a través de la valoración de efectos positivos y negativos, el ACB posibilita el estudio de la distribución de estos efectos entre los distintos agentes implicados en el proyecto (Vreeker, 2008)

Un primer punto a considerar en la valoración del ACB como herramienta de toma de decisiones es su enfoque basado en el criterio de Kaldor-Hicks. Este se fundamenta en la concepción de que resulta aceptable la realización de un proyecto o inversión en la medida en que los beneficios superen a los costes. De esta manera se produciría una compensación que deja de lado la repartición entre los distintos agentes implicados de las cargas y la rentabilidad (Torres-Ortega y Diaz-Simal, 2014). Por el contrario, un criterio como el que parte del concepto de eficiencia en el sentido de Pareto solo validaría aquellas situaciones donde todas las partes salieran ganando. En los primeros trabajos embrionarios del ACB las conclusiones obtenidas no profundizaban mucho más de esta consideración de qué flujo monetario predomina. Se operaba bajo supuestos restrictivos que simplificaban el análisis. El valor presente de los costes y beneficios se usaba como medida comparativa, bajo supuestos de competencia perfecta (Prest y Turvey, 1965). Una determinada tasa de interés reflejaba la equivalencia entre las preferencias marginales de tiempo y la productividad marginal del capital. Sin embargo, en presencia de imperfecciones en los mercados esta equivalencia entre tasa de descuento y productividad se ve distorsionada. Es por ello por lo que con el tiempo surgen indicadores como el de preferencia social sobre el tiempo y el coste de oportunidad social. El primero asigna valores presentes a consumos futuros mientras que la segunda estima el valor de la mejor alternativa a la designada por el proyecto (Feldstein, 2000).

Los costes y beneficios representan unas variables que varían en función de las circunstancias estudiadas. Por el contrario, la tasa de descuento es un elemento objetivo con un impacto capital en los resultados del ACB. Su importancia radica en la ponderación sobre unos valores temporalmente externos al momento de planteamiento del análisis. Esto posibilita la comparación de dos magnitudes pertenecientes a periodos distintos (Zhuang *et al.*, 2007). Existen distintas parametrizaciones de la tasa de descuento en función del contexto económico y el proyecto objeto de estudio. Pese a que una tasa fija proporciona una modelización más sencilla, la solidez de los

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

argumentos en favor de una tasa decreciente tienden a decantar la elección entre estas dos opciones. Por un lado, una tasa decreciente se adecua a los rendimientos marginales decrecientes que presenta el capital (Leonardo García-Barredo, 2016). A su vez resulta racional establecer que el crecimiento de la utilidad reportado por un incremento de beneficio sea cada vez menor conforme se escala en la función de utilidad (Gollier, Koundouri y Pantelidis, 2008). Un factor a tener en cuenta en la elección de la tasa de descuento es la incertidumbre asociada al periodo considerado. Una tasa fija atribuye a los costes y beneficios obtenidos en la fase final del proyecto un valor menor que una tasa decreciente. Es por esto que los flujos relativos a periodos lejanos adquieren un peso reducido en el análisis. Por el contrario, una tasa decreciente concuerda de mejor manera con la posibilidad de que se sucedan contingencias inesperadas (Cropper *et al.*, 2014). Esta mayor importancia al futuro y a la inestabilidad ligada a él se ajusta satisfactoriamente a la época actual en la cual el impacto de acontecimientos inesperados es considerable (crisis de 2008, pandemia, guerra en Ucrania...). Cabe reseñar que el impacto de la tasa de descuento está condicionado por factores exógenos. De esta forma el contexto económico juega un papel destacado en el efecto de esta variable sobre el análisis. Diversos factores, con especial mención de la tasa de interés predominante, determinan su incidencia (Harberger, 1972).

Los indicadores utilizados en el modelo son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). El VAN representa el valor actual de los flujos monetarios actualizados mediante una tasa de descuento. Mide la rentabilidad en términos absolutos (Rocabert, 2007). El TIR es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos y de los costes. Esta definición es equivalente a decir que es la tasa de descuento que hace que el VAN sea 0. Expresa la evolución de la inversión en términos relativos (Mete, 2014).

$$VAN = -I_0 \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Donde t son los flujos de dinero en cada periodo t , I_0 es la inversión en el momento inicial, n es el número de periodos y k representa la tasa de descuento.

El TIR es el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero.

$$VAN = -I_0 \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)^1} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Una vez detallada la metodología ACB, es necesario puntualizar que con su aplicación no basta para medir el desempeño de un proyecto. Conseguir una visión completa de la rentabilidad de una inversión es solo posible una vez haya transcurrido un periodo de tiempo. Entonces, a través de un análisis *ex post* se pueden evaluar los resultados teniendo en cuenta las predicciones y expectativas. De esta manera gracias a la comparativa entre el análisis previo *ex ante* y un estudio *ex post* se permite observar las

variaciones respecto al punto de partida del proyecto (Benardos, Sourouvali y Mavrikos, 2021).

3. Infraestructuras de alta velocidad

Las inversiones en redes de infraestructuras de alta velocidad en España no han estado exentas de controversia. Esto se debe principalmente a las divergencias en las estimaciones de costes y de demanda, las cuales no tienen similitud en otros países europeos. Se calcula que la sobreestimación de la demanda ronda el 33% para las inversiones comprendidas entre 1984 y 2013, siendo los sobrecostes finales superiores en 22.758 millones a lo presupuestado inicialmente (Perea Sardón y Barreiro Pereira, 2015). Además, un gran número de estudios y revisiones académicas al respecto arrojan rentabilidades exiguas tanto en el plano social como en el económico (De Rus y Inglada, 1993; Bel, 2010; Albalade y Bel, 2011). Estos trabajos cuestionan los principales argumentos esgrimidos a favor de las líneas de alta velocidad. En este sentido, las ganancias medioambientales no serían tales atendiendo a las emisiones producidas en la construcción. A su vez, el coste de oportunidad de las ingentes inversiones que conllevan estos proyectos sería un factor obviado por la administración. Paralelamente una clara objeción es la instrumentalización de objetivos de cohesión y conexión territorial, los cuales encubrirían proyectos marcados por motivos políticos que habrían primado sobre los indicadores económicos. De cara a solventar estos problemas que se traducen en una pérdida ingente de recursos, es necesario establecer medidas que permitan un seguimiento y análisis ex post riguroso. De esta forma se podría controlar y restringir la construcción que involucre a agentes o instituciones que en el pasado presentaran un grado de ajuste menor a sus previsiones (de Rus y Inglada, 1993).

El tramo estudiado está situado entre La Robla (León) y Pola de Lena (Asturias), perteneciente al Corredor Norte-Noroeste de Alta Velocidad. Se ubica, concretamente, entre los tramos León-La Robla y Pola de Lena-Oviedo. Dentro de este recorrido se encuentra la variante de Pajares, un tramo con una longitud total de 49,7 kilómetros, que contiene dos túneles principales, entre Pola de Gordón (León) y Telleo (Asturias), y a su vez los tramos exteriores de La Robla y Pola de Lena. Los Túneles de Pajares, con una longitud aproximada de 25 kilómetros, serán los sextos más largos de Europa y los séptimos del mundo (Sastre, 2002). Este tramo está concebido para sustituir la actual línea de ferrocarril convencional que atraviesa la cordillera cantábrica. De esta forma se pretende modernizar las comunicaciones entre Asturias, Castilla y León y Madrid. La contratación se efectuó en febrero de 2003 tras aprobación por parte del Consejo de ministros. ADIF fue la entidad pública asignada para la construcción y gestión de las obras.

Tras la puesta en funcionamiento de la línea, se producirá una reducción de la distancia entre Asturias y Castilla y León en 33 kilómetros en relación con el trazado actual. Se prevé que el tiempo estimado en transitar la variante sean 15 minutos, y que los trenes alcancen velocidades superiores a los 250 km/h (Martín, 2006). Una peculiaridad que destacar de la infraestructura es la incorporación de una traviesa de doble uso. Esta traviesa (parte tradicionalmente de madera que atraviesa los carriles de la vía, manteniéndolos a una distancia determinada y distribuyendo el peso) es válida tanto para ancho internacional como ibérico, habilitando la permutación entre uno y otro (Tranche, 1996). De esta manera, los trenes de mercancías también podrán utilizar las

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

vías obteniendo un importante ahorro de tiempo. Así, Las empresas se beneficiarán de las ventajas del nuevo acceso ferroviario a Asturias y el tráfico ferroviario de los puertos asturianos de Avilés y Gijón con destino a la Meseta Central previsiblemente se incremente.

Descripción túneles de Pajares	
Longitud	24600m
Diámetro excavación	10m
Diámetro interior libre	8,5m
Separación entre ejes	50m
Material excavado	4,3millones m cúbicos
Radio mínimo del trazado	3550m
Pendiente máxima	16,85milésimas
Espesor revestimiento	0,5-0,6m
Volumen del hormigón	22 m cúbicos
Acero	200kg/m cúbico

Tabla 1: Detalle técnico con las especificidades del túnel de Pajares, donde m equivale a metro. Fuente: Federación Castellano Manchega de Amigos del Ferrocarril.

Una vez decidida la realización de una construcción destinada a albergar trenes de alta velocidad, el diseño y planificación de los elementos que componen la línea constituyen el primer punto a tener en cuenta. Esta planificación se plantea comúnmente como un problema de optimización, el cual se resuelve de forma computacional en función de las variables incluidas y sus pesos asociados. Los costes operacionales, los pasajeros potenciales o el tiempo de trayecto son los principales factores incluidos en estos modelos (Wang *et al.*, 2011). Este tipo de planificación tiende a considerar los horarios, las paradas y la distribución de los pasajeros como variables principales. De esta manera se construye un sistema de optimización donde la demanda de pasajeros se estudia para cada origen y destino. La resolución se lleva a cabo estableciendo el tiempo total del viaje como función objetivo de forma que se consiga el mejor ajuste a los horarios (Qi *et al.*, 2017).

A nivel operativo la confección de una infraestructura que se adecue al terreno y el contexto de una vía no está exenta de complicaciones. La totalidad de los elementos de una red ferroviaria están estrechamente conectados y es por eso por lo que el cálculo de la capacidad óptima requiere de un estudio exhaustivo. Las características de la vía, la planificación de las paradas o la señalización juegan un papel clave a la hora de determinar el volumen de capacidad. En la actualidad existen softwares que simulan las condiciones reales de una vía y en base a ello hallan la capacidad óptima (Khadem Sameni y Moradi, 2022). En materia operacional, la seguridad resulta prioritaria en la alta velocidad. Como se ha expuesto con anterioridad, las nuevas tecnologías habilitan el examen exhaustivo del estado de la línea. Esto se lleva a cabo a través de la monitorización de variables como la velocidad recomendada, posición de otros trenes o condiciones meteorológicas. De esta forma se provee de información relevante al personal a cargo de los trenes para la diligente resolución de incidencias. Un ejemplo de señalización operacional con el objetivo de maximizar la seguridad y el cumplimiento del horario son las señalizaciones de los trenes holandeses. Estas proporcionan información cualitativa y cuantitativamente precisa para la toma de decisiones (Lentink,

Middelkoop y de Vries, 2017). El gran abanico de posibilidades que ofrece la evolución tecnológica ha generado el surgimiento del “modo operacional”. Esta forma de organizar una línea de alta velocidad se articula en torno al estudio de cinco factores y su interrelación. Estos son: velocidad de la línea de alta velocidad, mantenimiento, tiempo de estacionamiento, ciclo de actividad y trasvase de pasajeros entre transportes. A la velocidad se le otorga un papel central, estando sujeta a la relación entre la tecnología, las características de la línea y las del flujo de pasajeros (Huang Quan y He, 2014). Este método ha sido especialmente popular en las infraestructuras chinas (Gaubatz, 1999; Jungang *et al.*, 2019).

Las líneas de alta velocidad están compuestas por una serie de elementos que disponen de una determinada vida útil. De esta forma, el modelo empleado integra las reposiciones necesarias para hacer frente al deterioro de las distintas partes de la infraestructura. En la siguiente tabla se resume la duración estimada, así como se pone en perspectiva la relevancia en el coste del proyecto.

Vida útil e importancia relativa		
Partida	Vida útil	Porcentaje sobre el coste
Infraestructura	75	67%
Superestructura	30	17%
Electrificación	50	6%
Seguridad	30	10%

Tabla 2: Descripción de la vida útil en años de las distintas partidas sobre las cuales se aplican reposiciones. También se incluye el porcentaje que representan en el coste total. Fuente: Elaboración propia en base a datos de ADIF.

La distribución de los beneficios y costes relativos al proyecto objeto de estudio deben tenerse en cuenta en conjunción con la estructura de los mismos para los transportes que compiten con él. En este sentido la desviación entre distintos transportes constituye un elemento central a la hora de calcular el impacto final de la inversión (Coto Millán *et al.*, 2013). La preferencia por una modalidad de transporte está siempre supeditada a las condiciones en las cuales se desarrollan las alternativas. Como ejemplificación de lo anterior, una de las principales justificaciones de la línea del AVE Galicia-Madrid son los frecuentes retrasos debido a la climatología y el estado de los aeropuertos gallegos (Estévez y Martínez, 2003). A partir del cálculo de esta desviación se agregan en los beneficios aquellos componentes que implican una ganancia para los usuarios y la sociedad en su conjunto. Entre ellos se incluyen ahorros de tiempo, reducción de accidentes y disminución de perjuicio al medioambiente.

La introducción del AVE en el trayecto León-Asturias produciría un impacto importante con respecto al resto de modos de transporte. Es previsible la sustitución de un determinado número de pasajeros que pasarían a optar por la alta velocidad como su medio de transporte. Esta sustitución de la demanda de pasajeros constituye un cálculo fundamental en base al cual se hallan las reducciones de costes, tales como por menores accidentes o menor contaminación, así como una parte de los beneficios. El cálculo consiste en computar qué viajes que se hubieran producido en otra modalidad

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

en el caso de no existir este servicio. Atendiendo a lo que ha sucedido en otras líneas en el contexto español, es posible estimar un porcentaje de sustitución de la demanda que pasaría a formar parte de la línea de alta velocidad. En este sentido, la literatura especializada establece unos estándares en función de las especificades de cada línea. En el AVE Madrid- Sevilla se aprecia una sustitución que ronda el 90% para el tráfico de tren convencional, un 30 % para el coche, un 2% para el autobús y un 50% para el avión (De Rus e Inglada, 1997). Para el caso de Madrid-Valencia se dan sustituciones del 55% para el tráfico aéreo, 25% para el automóvil, sustitución prácticamente completa del ferrocarril convencional y sustitución de la demanda insignificante para el autobús (Coto Millán *et al.*, 2013a). Los datos relativos a el AVE de Madrid-Barcelona revelan una sustitución del 90% para el avión, 7% para el coche, 0,6% para el autobús y 1,68% para el tren convencional. Considerando el tramo de Madrid-Zaragoza, las cifras serían de un 3.85% para el desvío de tráfico aéreo, 24% para el coche, 2% para el autobús y 72% para el tren (De Rus y Román, 2006).

Sustitución de la demanda				
Medio	Coche	Tren convencional	Autobús	Total
Sustitución %	55%	70%	5%	
Sustitución valores	22275	10010	6500	38785

Tabla 3: Tráficos sustituidos en cada medio de transporte. Porcentaje de sustitución y valores para cada medio, expresado en números de usuarios. Fuente: Elaboración propia.

4. Beneficios

En el ACB desarrollado la principal fuente de beneficio son los ingresos por billete. Es decir, el producto de la demanda estimada y la tarifa aplicada. La tarifa puede estudiarse desde la perspectiva del usuario o desde la viabilidad económica del proyecto. El precio de la tarifa es inversamente proporcional a las ganancias medidas como beneficio social. Por el contrario, la maximización de la rentabilidad financiera conlleva la fijación de un valor concreto hallado en función del contexto de la inversión (Álvarez, Franco y García, 2015). Las tarifas vigentes inciden en los ingresos y por tanto en los beneficios, reflejándose de esta manera en los márgenes de beneficio. En ocasiones se llevan a cabo proyectos con una rentabilidad financiera nula o negativa alegándose ciertas ventajas para la sociedad. Pese a lo anterior, el riesgo de que infraestructura que presenta sobrecostes termine por trasladar la carga a los usuarios en forma de costes repercutidos es elevado. La tarifa aplicada se ha establecido en 12€, equivalente al promedio vigente en líneas similares de media distancia (Van Essen *et al.*, 2019).

Con relación a la demanda estimada, esta depende en gran medida de las preferencias de los usuarios. Pese a haber diferencias entre países y contextos, ciertos factores se encuentran presentes como denominador común en la inmensa mayoría de los proyectos. Entre estos se encuentra el tiempo del trayecto, el confort, las condiciones de las alternativas, el precio o la puntualidad (Li *et al.*, 2019). Respecto a la comparativa

entre alta velocidad y líneas regulares, la ventaja introducida por la alta velocidad en tanto en cuanto propicia un mayor ahorro de tiempo respecto a las líneas convencionales repercute en la demanda de pasajeros. Este efecto resulta en un aumento estimado de la demanda de entorno al 8-10% (Couto y Graham, 2008). En España se da una tendencia a sobredimensionar las infraestructuras en base a unas expectativas de demanda optimistas (Ortuño Padilla, 2016). Paralelamente, la demanda de transporte presenta una fuerte correlación con el crecimiento tendencial de la economía. Esto ha quedado patente en el estudio de diversas líneas presentes en España, las cuales con frecuencia tienen demandas cercanas al crecimiento tendencial del PIB (De Rus y Nash, 2009). En el ACB planteado se han usado las estimaciones realizadas por el Banco de España para hallar la tasa de crecimiento de la demanda. Estas predicen un crecimiento de la economía en torno al 2% (Banco de España, 2023).

Los ahorros de tiempo son relativos a la percepción que tengan los ciudadanos del valor del tiempo. Es por ello por lo que para su cómputo se recurre a una encuesta europea que arroja distintas percepciones en función del país encuestado. Los beneficios ligados a la reducción de accidentes se hallan en relación a la diferencia de probabilidad de accidente de la vía respecto a otras alternativas. Por lo general siempre va a ser más seguro una línea ferroviaria que otro modo de transporte por carretera. Por último, el impacto favorable en términos medioambientales se mide a través de las siguientes variables: Ruido, contaminación, repercusión negativa sobre el hábitat e incidencia en el cambio climático. Están ligadas a otros tipos de transportes que serían derivados al tren de alta velocidad. Todo ello se elabora en base a la metodología expuesta en el estudio "Handbook on the external costs of transport" llevado a cabo por la Comisión Europea en 2019 (Van Essen *et al.*, 2019). Aun cuando la infraestructura pueda generar ganancias medioambientales netas, este hecho no es eximente de la aparición de efectos negativos. El impacto negativo de los ferrocarriles se puede resumir en vibraciones en el terreno colindante, cambios en la geología e hidrología, fragmentación de hábitats y ruido. Estos impactos adversos no solo inciden negativamente en la fauna y flora de las parcelas adyacentes si no que puede afectar a las personas en caso de haber viviendas cerca (Xia *et al.*, 2007). Existen proyectos que destinan una cantidad nada desdeñable a disminuir este tipo de consecuencias desfavorables. Es el caso del ruido en las infraestructuras de Suiza. La correcta identificación del problema junto con una actuación centrada en mitigarlo de forma eficiente ha tenido un impacto muy favorable para el caso suizo. Tanto es así que se estiman ganancias millonarias en la reducción del coste de la inversión dirigida a paliar el ruido de los ferrocarriles en el país (Oertli, 2000)

Costes externos por pasajero-KM (en céntimos)					
Concepto	Automovil	Autobús	Alta velocidad	Ten Convencional	Avión
Accidentes	4,34	0,87	0,05	0,38	0,01
Contaminación Atmosférica	0,68	0,36	0	0,01	0,13
Cambio climático	1,24	0,42	0	0	1,91
Ruido	1,03	0,33	0,06	0,27	0,12
Congestión	1,42	0,11	0	0	0
Producción de energía	0,32	0,12	0,28	0,78	0,73

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

Coste marginal por persona-KM	9,03	2,21	0,39	1,45	2,9
-------------------------------	------	------	------	------	-----

Tabla 4: Costes externos medido en céntimos de euro. Fuente: elaboración propia a partir del "Handbook on the external costs of transport". En base a esta table se calcula la reducción de costes externos.

Para el cálculo de estos costes se parte de los tráficos sustituidos para cada medio de transporte. A partir de ellos se computa en función del valor asignado a cada coste. Los costes externos por accidentes incluyen los daños causados a los vehículos, a las infraestructuras y a la propiedad, costes sanitarios, administrativos, funerales, psicológicos, y el valor asociado a la pérdida de vidas. De esta forma, calculando en base a los tráficos sustituidos se obtienen unos costes de 106132,3 ($4,34 \times 22275 + 10010 \times 0,38 + 6500 \times 0,87 = 106132,3$). La congestión es un fenómeno que se produce principalmente en el transporte en automóviles privados. Esta externalidad provoca un perjuicio para otros usuarios valorado en función del tiempo. El coste asociado es de 32345,5 ($1,42 \times 22275 + 10010 \times 0 + 6500 \times 0,11 = 32345,5$). Los ahorros en términos medioambientales, teniendo en cuenta los factores antes mencionados, son de 47838 ($1,92 \times 22275 + 10010 \times 0 + 6500 \times 0,78 = 47838$). El total de beneficios por reducción de costes externos es de 186315,8.

Se consideran unos beneficios asociados al ahorro de tiempo consecuencia de la introducción del AVE. No solo se acortará la distancia en 33 kilómetros con el nuevo trazado si no que las velocidades superiores a 250 Km/h harán que los pasajeros recorran el trayecto en menor tiempo. Para calcular el valor que los pasajeros dan al tiempo se ha apoyado el análisis en el cálculo que realiza AIREF a través de encuestas a los usuarios. De esta forma se hallan los beneficios que se producen por la sustitución de viajes que antes de realizaban por otros medios de transporte alternativos, y que ahora se realizan por medio del AVE.

Valor del tiempo				
Transporte	Coche	Avión	Tren convencional	Autobús
Valor €	16,58	29,35	16,86	11,55

Tabla 5: Valor del tiempo medido en euros. Fuente: Elaboración propia en base a datos de AIREF.

De cara a obtener las ganancias en términos de ahorro de tiempo, en primer lugar, se calcula el beneficio por kilómetro y por viajero. Para ello se multiplican las diferencias en la duración del tramo por el valor asignado, y el resultado se divide por la longitud del trayecto (49,7 km). A continuación, si se multiplican las demandas sustituidas por estas ganancias expresadas unitariamente se consiguen los beneficios para cada medio de transporte. Una vez sumados se tienen los ahorros de tiempo.

Ahorros de tiempo				
	Coche	Tren convencional	Autobús	Total
Diferencia en minutos	35	45	190	

Beneficio por KM y viajero	11,67	15,26	44,15	
Resultado	259949,25	152752,6	286975	699676,85

Tabla 6: Cálculos de los ahorros de tiempo obtenidos a partir del valor del tiempo y la diferencia en minutos, expresados en euros.

5. Costes

Esta sección aglutina aquellas partidas del proyecto que implican un gasto. En términos generales, el coste medio de construcción de las líneas de alta velocidad en España es de 14,7 millones de euros por kilómetro y de 15,3 millones si se incluyen también las estaciones ('Manual para la evaluación de inversiones en ferrocarril', 2016). A continuación, se detallan los aspectos más relevantes de la presupuestación relativa a los costes.

El mantenimiento y las reparaciones de la infraestructura representan una proporción nada desdeñable de los costes de un proyecto. Sin embargo, esto se ve compensado considerando el desmesurado impacto negativo que tendría una rotura o un accidente. El mantenimiento se puede desglosar en dos categorías, por un lado, las tareas preventivas y por otro las correctivas. Tomando una base de datos de trenes histórica, Stenstrom (Stenström *et al.*, 2016) concede en abanico entre el 10 y el 30% de los gastos totales en mantenimiento a los de carácter preventivo. Este reducido porcentaje refleja los elevados costes y la dificultad de implementación de sistemas de monitorización. Estos se empiezan a introducir en determinados trenes modernos a partir de la década de los 2000. Llevan a cabo funciones de diagnóstico (recabar información del estado de los componentes) y predicción (contemplar distintos escenarios futuros), (Busse Alexander y Metternich, 2019). En resumen, en cuanto al coste de mantenimiento de las infraestructuras se incluyen los gastos de conservación de la calidad de la vía y los aparatos de vía y las actividades dirigidas a conseguir el correcto funcionamiento de los elementos de la superestructura de la vía, así como los gastos de mantenimiento de la catenaria, señalización, seguridad, telecomunicaciones... El coste del mantenimiento previsto en 4 años es de 25,9 millones, es decir, 6,7 millones al año de acuerdo con ADIF (ADIF, 2022).

En los costes de material rodante se integra el costo relativo al tren. Se trata de un modelo S-112, el cual constituye una actualización del Talgo-Bombardier S-102. Entre sus principales características destacan las 365 plazas, menor peso que los anteriores modelos y acceso mejorado para personas con maniobrabilidad reducida (Iglesias *et al.*, 2011). Actualizando de acuerdo con el IPC el coste unitario resultante sería de 21 millones. Las líneas a considerar serían 2, que puede ir aumentando en función del crecimiento de la demanda. Por lo tanto, asignando dos trenes por línea, se obtiene un coste de material rodante de 84 millones de euros.

El coste de las infraestructuras del proyecto estudiado puede dividirse en dos secciones. Por un lado, la variante de Pajares, la cual se perfila como el tramo más costoso en términos de importe de la red del AVE nacional, costando más de 71 millones de euros por kilómetro. Por otro el tramo de Pola de Lena-La Roba, donde en el análisis se aplica

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

el promedio para una línea de estas características. Representa la partida presupuestaría de importe más abultado, debido a que además de los gastos en materiales, las obras que involucran estos proyectos requieren de una precisión técnica sin tachas. Más aún cuando el trazado de la línea se enfrenta a las complicaciones inherentes a un túnel o un viaducto. El primero conlleva la realización de exámenes geológicos previos de cara a prever los materiales y gases que surjan en la excavación. A esto se le suma la ardua y compleja tarea de utilización de una tuneladora. Todo ello hace que los tramos de túnel disparen el coste de las vías de alta velocidad (López and Eder, 2019). El Viaducto por su parte precisa de unas estructuras de soporte sobre el cual se establece lo que se conoce como tablero (MILLANES *et al.*, 2014). Es necesario recurrir a la construcción por fases, lo que encarece la presupuestación.

En esta partida se incluyen los costes derivados del drenaje, electrificación, instalaciones y comunicaciones, medidas de seguridad y planificación. A continuación, se especifica en qué consisten estas subsecciones integradas en el coste de las infraestructuras. El drenaje está conformado por todos aquellos elementos cuyo fin último es expulsar agua de la plataforma ferroviaria. Por lo tanto, está fuertemente influenciado por las condiciones climatológicas, especialmente por la intensidad de lluvia en el tramo. Entre las herramientas que componen el drenaje destacan los tubos colectores, las arquetas y los pozos de registro. La electrificación de una vía de alta velocidad se compone principalmente de la catenaria, constituida por el cableado de alimentación y los seccionadores que funcionan como interruptores. La alimentación eléctrica se lleva a cabo a través de subestaciones. Debido a que el ancho de vía estudiado es mixto, resulta óptimo instalar una catenaria para ambos anchos (Sobrinó Cerezo, Lorenzana Ibán y Magdaleno González, 2019). Dentro de la presupuestación de las instalaciones y comunicaciones se incorporan los gastos en bloqueos electrónicos, instalaciones de enclavamiento, señales luminosas, sistemas de detección automática de trenes y accionamientos eléctricos. Se entiende por enclavamiento aquellos dispositivos que posibilitan controlar las señales, desvíos y barreras (Adrian *et al.*, 2019). Las medidas de seguridad están confeccionadas principalmente para minimizar los riesgos que pueden desembocar en accidentes. A su vez están diseñadas para, en el supuesto de que produzca, reducir al máximo los posibles daños. Además de los sistemas de control de velocidad y condiciones meteorológicas, cabe resaltar la seguridad necesaria en los túneles. Detectores de incendios, zonas seguras o alumbrados de emergencia resultan imprescindibles para garantizar la seguridad de los pasajeros. Aunque un accidente en un túnel es menos probable que en tramos regulares, de ocasionarse las consecuencias pueden ser fatales (Fort López-Tello, 2003). Por último, se entiende por planificación aquellos estudios que permitan obtener una adecuada valoración del proyecto. En concreto, la determinación de la velocidad alcanzable y los estudios geológicos y de impacto medioambiental se tornan un prerrequisito necesario antes de acometer un proyecto de tal envergadura (Xu Jie y Liang, 2020).

Los costes de explotación calculados parten de los datos proporcionados por Renfe y medidos los costes en euros por plaza ocupada y kilómetro. La ratio por kilómetro sería de 0,125 €/km. Esto es debido a que los trenes de alta velocidad tienen un aprovechamiento medio mucho mayor que los convencionales (61,9% para el año 2007). Dentro de estos costes, las partidas más importantes son: Empleados, 15%; Pagos a Adif por Infraestructura y estaciones, 19%; Amortización y depreciación, 10%;

Mantenimiento y transformaciones a Integria, 7%; Energía, 7%; Intereses y gastos financieros, 5%, Otros servicios, 31%. Multiplicando el coste por kilómetro por los kilómetros del trayecto (83,7) se obtendrían unos costes de explotación de 10.462 por pasajero.

6.Resultados

El modelo se estructura en torno a un flujo de caja obtenido tras hallar la diferencia entre ingresos y gastos. Los beneficios son el producto de la tarifa (precio) y la demanda (pasajeros). El periodo establecido comprende un horizonte de 60 años. Los dos primeros corresponderían a la fase de construcción, y la línea estaría operativa al tercer año (año dos en la tabla). Se considera una reposición a los 30 años reflejada en el valor residual. Se ha añadido un componente que mide el flujo de caja acumulativo tras cada periodo, siendo el resultado de agregar los flujos de caja de periodos contiguos.

Se plantean tres escenarios, los cuales varían en función de la estimación de la demanda de pasajeros. Atendiendo a los datos de las múltiples líneas de alta velocidad en España, se infiere que las proyecciones de demanda se sitúan en torno al 2% (Betancor y Llobet, 2015). Esta variable está determinada por factores como el crecimiento de la economía, la evolución de las alternativas o la localización y deslocalización de empresas en los destinos. El primer escenario que se contempla en este análisis contiene un aumento de la demanda del 3%. Puede considerarse una situación realista pese a que como se ha comentado la demanda media es ligeramente menor. El segundo escenario se estructura en torno a una demanda del 5%. En este caso se está confeccionando un análisis bajo una premisa optimista que difícilmente tendrá reflejo en la realidad. Por último, el tercer escenario parte de considerar un aumento de la demanda del 10%. Esta cifra, totalmente alejada de la tónica general en este tipo de proyectos, se ha incluido con la intención de poner en evidencia la exigua rentabilidad de esta inversión. Y es que, como se verá, aun cuando se está trabajando bajo supuestos desorbitadamente optimistas, no se prevé que se recupere la inversión inicial.

En primer lugar, se considera el escenario realista. Debido a que expectativas de demanda en este caso son las que mejor se ajustan a las previsiones económicas, los resultados obtenidos son desalentadores. El valor actual neto hallado es claramente negativo, al igual que el TIR. Tras el transcurso del periodo de 60 años que contempla el modelo la inversión estaría muy lejos de lograr cierta rentabilidad. En el segundo escenario, con un aumento de la demanda respecto al anterior de dos puntos porcentuales, no se aprecia una diferencia significativa. Los indicadores siguen arrojando unos resultados marcadamente negativos. Por último, en un escenario en el cual la demanda de pasajeros está muy alejada de las referencias habituales para este tipo de proyectos, el VAN y el TIR siguen reflejando rentabilidades negativas. A continuación, se presentan los beneficios y costes incorporados en el ACB elaborado, así como los flujos de caja actualizados y los indicadores.

Año	Precio	Pasajeros	Ahorro tiempo	Reducción costes externos	Ingresos
0					0,00

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

1					0,00
2	12,00	25600,00	699676,85	186315,80	1193192,65
3	12,00	28160,00	699676,85	186315,80	1223912,65
4	12,00	29849,60	699676,85	186315,80	1244187,85
5	12,00	30745,09	699676,85	186315,80	1254933,71
6	12,00	31667,44	699676,85	186315,80	1266001,94
7	12,00	32617,46	699676,85	186315,80	1277402,22
8	12,00	33595,99	699676,85	186315,80	1289144,50
9	12,00	34603,87	699676,85	186315,80	1301239,06
10	12,00	35641,98	699676,85	186315,80	1313696,45
11	12,00	36711,24	699676,85	186315,80	1326527,57
12	12,00	37812,58	699676,85	186315,80	1339743,61
13	12,00	38946,96	699676,85	186315,80	1353356,14
14	12,00	40115,37	699676,85	186315,80	1367377,05
15	12,00	41318,83	699676,85	186315,80	1381818,58
16	12,00	42558,39	699676,85	186315,80	1396693,36
17	12,00	43835,14	699676,85	186315,80	1412014,38
18	12,00	45150,20	699676,85	186315,80	1427795,03
19	12,00	46504,70	699676,85	186315,80	1444049,10
20	12,00	47899,85	699676,85	186315,80	1460790,79
21	12,00	49336,84	699676,85	186315,80	1478034,74
22	12,00	50816,95	699676,85	186315,80	1495796,00
23	12,00	52341,45	699676,85	186315,80	1514090,10
24	12,00	53911,70	699676,85	186315,80	1532933,02
25	12,00	55529,05	699676,85	186315,80	1552341,24
26	12,00	57194,92	699676,85	186315,80	1572331,69
27	12,00	58910,77	699676,85	186315,80	1592921,87
28	12,00	60678,09	699676,85	186315,80	1614129,74
29	12,00	62498,43	699676,85	186315,80	1635973,85
30	12,00	64373,39	699676,85	186315,80	1658473,29
31	12,00	66304,59	699676,85	186315,80	1681647,71
32	12,00	68293,73	699676,85	186315,80	1705517,36
33	12,00	70342,54	699676,85	186315,80	1730103,10
34	12,00	72452,81	699676,85	186315,80	1755426,42
35	12,00	74626,40	699676,85	186315,80	1781509,43
36	12,00	76865,19	699676,85	186315,80	1808374,93
37	12,00	79171,15	699676,85	186315,80	1836046,40
38	12,00	81546,28	699676,85	186315,80	1864548,01
39	12,00	83992,67	699676,85	186315,80	1893904,67
40	12,00	86512,45	699676,85	186315,80	1924142,04
41	12,00	89107,82	699676,85	186315,80	1955286,52
42	12,00	91781,06	699676,85	186315,80	1987365,33
43	12,00	94534,49	699676,85	186315,80	2020406,51
44	12,00	97370,52	699676,85	186315,80	2054438,93
45	12,00	100291,64	699676,85	186315,80	2089492,32
46	12,00	103300,39	699676,85	186315,80	2125597,31

47	12,00	106399,40	699676,85	186315,80	2162785,45
48	12,00	109591,38	699676,85	186315,80	2201089,23
49	12,00	639481,00	699676,85	186315,80	8559764,65
50	12,00	658665,43	699676,85	186315,80	8789977,81
51	12,00	678425,39	699676,85	186315,80	9027097,36
52	12,00	698778,15	699676,85	186315,80	9271330,51
53	12,00	719741,50	699676,85	186315,80	9522890,64
54	12,00	741333,74	699676,85	186315,80	9781997,58
55	12,00	763573,76	699676,85	186315,80	10048877,73
56	12,00	786480,97	699676,85	186315,80	10323764,28
57	12,00	810075,40	699676,85	186315,80	10606897,43
58	12,00	834377,66	699676,85	186315,80	10898524,57
59	12,00	25601,00	699676,85	186315,80	1193204,65
60	12,00	26369,03	699676,85	186315,80	1202421,01

Tabla 7: Beneficios asociados al escenario realista, expresados en euros.

Año	Precio	Pasajeros	Ahorro tiempo	Reducción costes externos	Ingresos
0					0,00
1					0,00
2	12,00	25600,00	699676,85	186315,80	1193192,65
3	12,00	28160,00	699676,85	186315,80	1223912,65
4	12,00	29849,60	699676,85	186315,80	1244187,85
5	12,00	31342,08	699676,85	186315,80	1262097,61
6	12,00	32909,18	699676,85	186315,80	1280902,86
7	12,00	34554,64	699676,85	186315,80	1300648,37
8	12,00	36282,38	699676,85	186315,80	1321381,15
9	12,00	38096,49	699676,85	186315,80	1343150,58
10	12,00	40001,32	699676,85	186315,80	1366008,48
11	12,00	42001,38	699676,85	186315,80	1390009,27
12	12,00	44101,45	699676,85	186315,80	1415210,10
13	12,00	46306,53	699676,85	186315,80	1441670,97
14	12,00	48621,85	699676,85	186315,80	1469454,89
15	12,00	51052,95	699676,85	186315,80	1498628,00
16	12,00	53605,59	699676,85	186315,80	1529259,77
17	12,00	56285,87	699676,85	186315,80	1561423,12
18	12,00	59100,17	699676,85	186315,80	1595194,65
19	12,00	62055,17	699676,85	186315,80	1630654,75
20	12,00	65157,93	699676,85	186315,80	1667887,85
21	12,00	68415,83	699676,85	186315,80	1706982,61
22	12,00	71836,62	699676,85	186315,80	1748032,11
23	12,00	75428,45	699676,85	186315,80	1791134,08
24	12,00	79199,88	699676,85	186315,80	1836391,15
25	12,00	83159,87	699676,85	186315,80	1883911,08
26	12,00	87317,86	699676,85	186315,80	1933807,00
27	12,00	91683,76	699676,85	186315,80	1986197,72

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

28	12,00	96267,94	699676,85	186315,80	2041207,97
29	12,00	101081,34	699676,85	186315,80	2098968,74
30	12,00	106135,41	699676,85	186315,80	2159617,54
31	12,00	111442,18	699676,85	186315,80	2223298,78
32	12,00	117014,29	699676,85	186315,80	2290164,09
33	12,00	122865,00	699676,85	186315,80	2360372,66
34	12,00	129008,25	699676,85	186315,80	2434091,66
35	12,00	135458,66	699676,85	186315,80	2511496,61
36	12,00	142231,60	699676,85	186315,80	2592771,81
37	12,00	149343,18	699676,85	186315,80	2678110,77
38	12,00	156810,34	699676,85	186315,80	2767716,68
39	12,00	164650,85	699676,85	186315,80	2861802,88
40	12,00	172883,39	699676,85	186315,80	2960593,39
41	12,00	181527,56	699676,85	186315,80	3064323,43
42	12,00	190603,94	699676,85	186315,80	3173239,96
43	12,00	200134,14	699676,85	186315,80	3287602,33
44	12,00	210140,85	699676,85	186315,80	3407682,81
45	12,00	220647,89	699676,85	186315,80	3533767,32
46	12,00	231680,28	699676,85	186315,80	3666156,06
47	12,00	243264,30	699676,85	186315,80	3805164,23
48	12,00	255427,51	699676,85	186315,80	3951122,81
49	12,00	268198,89	699676,85	186315,80	4104379,31
50	12,00	281608,83	699676,85	186315,80	4265298,65
51	12,00	295689,27	699676,85	186315,80	4434263,95
52	12,00	310473,74	699676,85	186315,80	4611677,51
53	12,00	325997,43	699676,85	186315,80	4797961,75
54	12,00	342297,30	699676,85	186315,80	4993560,21
55	12,00	359412,16	699676,85	186315,80	5198938,59
56	12,00	377382,77	699676,85	186315,80	5414585,88
57	12,00	396251,91	699676,85	186315,80	5641015,55
58	12,00	416064,50	699676,85	186315,80	5878766,69
59	12,00	436867,73	699676,85	186315,80	6128405,39
60	12,00	458711,12	699676,85	186315,80	6390526,03

Tabla 8: Beneficios asociados al escenario optimista expresados en euros.

Año	Precio	Pasajeros	Ahorro tiempo	Reducción costes externos	Ingresos
0					0,00
1					0,00
2	12,00	25600,00	772703,00	186315,80	1266218,80
3	12,00	28160,00	772703,00	186315,80	1296938,80
4	12,00	29849,60	772703,00	186315,80	1317214,00
5	12,00	32834,56	772703,00	186315,80	1353033,52
6	12,00	36118,02	772703,00	186315,80	1392434,99
7	12,00	39729,82	772703,00	186315,80	1435776,61
8	12,00	43702,80	772703,00	186315,80	1483452,39

9	12,00	48073,08	772703,00	186315,80	1535895,75
10	12,00	52880,39	772703,00	186315,80	1593583,45
11	12,00	58168,43	772703,00	186315,80	1657039,91
12	12,00	63985,27	772703,00	186315,80	1726842,02
13	12,00	70383,80	772703,00	186315,80	1803624,34
14	12,00	77422,17	772703,00	186315,80	1888084,90
15	12,00	85164,39	772703,00	186315,80	1980991,51
16	12,00	93680,83	772703,00	186315,80	2083188,78
17	12,00	103048,91	772703,00	186315,80	2195605,78
18	12,00	113353,81	772703,00	186315,80	2319264,48
19	12,00	124689,19	772703,00	186315,80	2455289,04
20	12,00	137158,11	772703,00	186315,80	2604916,07
21	12,00	150873,92	772703,00	186315,80	2769505,79
22	12,00	165961,31	772703,00	186315,80	2950554,49
23	12,00	182557,44	772703,00	186315,80	3149708,06
24	12,00	200813,18	772703,00	186315,80	3368776,99
25	12,00	220894,50	772703,00	186315,80	3609752,81
26	12,00	242983,95	772703,00	186315,80	3874826,21
27	12,00	267282,35	772703,00	186315,80	4166406,95
28	12,00	294010,58	772703,00	186315,80	4487145,77
29	12,00	323411,64	772703,00	186315,80	4839958,46
30	12,00	355752,80	772703,00	186315,80	5228052,43
31	12,00	391328,08	772703,00	186315,80	5654955,79
32	12,00	430460,89	772703,00	186315,80	6124549,49
33	12,00	473506,98	772703,00	186315,80	6641102,56
34	12,00	520857,68	772703,00	186315,80	7209310,94
35	12,00	572943,45	772703,00	186315,80	7834340,15
36	12,00	630237,79	772703,00	186315,80	8521872,28
37	12,00	693261,57	772703,00	186315,80	9278157,63
38	12,00	762587,73	772703,00	186315,80	10110071,52
39	12,00	838846,50	772703,00	186315,80	11025176,79
40	12,00	922731,15	772703,00	186315,80	12031792,59
41	12,00	1015004,26	772703,00	186315,80	13139069,96
42	12,00	1116504,69	772703,00	186315,80	14357075,08
43	12,00	1228155,16	772703,00	186315,80	15696880,71
44	12,00	1350970,68	772703,00	186315,80	17170666,90
45	12,00	1486067,74	772703,00	186315,80	18791831,71
46	12,00	1634674,52	772703,00	186315,80	20575113,00
47	12,00	1798141,97	772703,00	186315,80	22536722,42
48	12,00	1977956,17	772703,00	186315,80	24694492,78
49	12,00	2175751,78	772703,00	186315,80	27068040,18
50	12,00	2393326,96	772703,00	186315,80	29678942,32
51	12,00	2632659,66	772703,00	186315,80	32550934,67
52	12,00	2895925,62	772703,00	186315,80	35710126,26
53	12,00	3185518,18	772703,00	186315,80	39185237,00
54	12,00	3504070,00	772703,00	186315,80	43007858,83

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

55	12,00	3854477,00	772703,00	186315,80	47212742,83
56	12,00	4239924,70	772703,00	186315,80	51838115,23
57	12,00	4663917,17	772703,00	186315,80	56926024,87
58	12,00	5130308,89	772703,00	186315,80	62522725,48
59	12,00	5643339,78	772703,00	186315,80	68679096,15
60	12,00	6207673,76	772703,00	186315,80	75451103,88

Tabla 9: Beneficios asociados al escenario muy optimista expresados en euros.

Año	C.Infraestructura	Valor residual	C.Explotación	C.Mantenimiento	Material rodante	Costes totales
0	4122700000,00					4122700000,00
1						0,00
2			267827,20	6745000,00	84000000,00	91012827,20
3			294609,92	6745000,00		7039609,92
4			312286,52	6745000,00		7057286,52
5			321655,11	6745000,00		7066655,11
6			331304,76	6745000,00		7076304,76
7			341243,91	6745000,00		7086243,91
8			351481,22	6745000,00		7096481,22
9			362025,66	6745000,00		7107025,66
10			372886,43	6745000,00		7117886,43
11			384073,02	6745000,00		7129073,02
12			395595,21	6745000,00		7140595,21
13			407463,07	6745000,00		7152463,07
14			419686,96	6745000,00		7164686,96
15			432277,57	6745000,00		7177277,57
16			445245,90	6745000,00		7190245,90
17			458603,28	6745000,00		7203603,28
18			472361,37	6745000,00		7217361,37
19			486532,22	6745000,00		7231532,22
20			501128,18	6745000,00		7246128,18
21			516162,03	6745000,00		7261162,03
22			531646,89	6745000,00		7276646,89
23			547596,29	6745000,00		7292596,29
24			564024,18	6745000,00		7309024,18
25			580944,91	6745000,00		7325944,91
26			598373,26	6745000,00		7343373,26
27			616324,45	6745000,00		7361324,45
28			634814,19	6745000,00		7379814,19
29			653858,61	6745000,00		7398858,61
30		25200000,00	673474,37	6745000,00		32618474,37
31			693678,60	6745000,00		7438678,60
32			714488,96	6745000,00		7459488,96
33			735923,63	6745000,00		7480923,63
34			758001,34	6745000,00		7503001,34
35			780741,38	6745000,00		7525741,38
36			804163,62	6745000,00		7549163,62

Miguel Carton Fernandez

37			828288,53	6745000,00		7573288,53
38			853137,18	6745000,00		7598137,18
39			878731,30	6745000,00		7623731,30
40			905093,24	6745000,00		7650093,24
41			932246,04	6745000,00		7677246,04
42			960213,42	6745000,00		7705213,42
43			989019,82	6745000,00		7734019,82
44			1018690,41	6745000,00		7763690,41
45			1049251,13	6745000,00		7794251,13
46			1080728,66	6745000,00		7825728,66
47			1113150,52	6745000,00		7858150,52
48			1146545,04	6745000,00		7891545,04
49			6690250,22	6745000,00		13435250,22
50			6890957,73	6745000,00		13635957,73
51			7097686,46	6745000,00		13842686,46
52			7310617,05	6745000,00		14055617,05
53			7529935,57	6745000,00		14274935,57
54			7755833,63	6745000,00		14500833,63
55			7988508,64	6745000,00		14733508,64
56			8228163,90	6745000,00		14973163,90
57			8475008,82	6745000,00		15220008,82
58			8729259,08	6745000,00		15474259,08
59			267837,66	6745000,00		7012837,66
60		8448,00	275872,79	6745000,00		7029320,79

Tabla 10: Costes asociados al escenario realista expresados en euros.

Año	C.Infraestructura	Valor residual	C.Explotación	C.Mantenimiento	Material rodante	Costes totales
0	4122700000,00					4122700000,00
1						0,00
2			267827,20	6745000,00	84000000,00	91012827,20
3			294609,92	6745000,00		7039609,92
4			312286,52	6745000,00		7057286,52
5			327900,84	6745000,00		7072900,84
6			344295,88	6745000,00		7089295,88
7			361510,68	6745000,00		7106510,68
8			379586,21	6745000,00		7124586,21
9			398565,52	6745000,00		7143565,52
10			418493,80	6745000,00		7163493,80
11			439418,49	6745000,00		7184418,49
12			461389,41	6745000,00		7206389,41
13			484458,88	6745000,00		7229458,88
14			508681,83	6745000,00		7253681,83
15			534115,92	6745000,00		7279115,92
16			560821,71	6745000,00		7305821,71
17			588862,80	6745000,00		7333862,80
18			618305,94	6745000,00		7363305,94

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

19			649221,24	6745000,00		7394221,24
20			681682,30	6745000,00		7426682,30
21			715766,41	6745000,00		7460766,41
22			751554,73	6745000,00		7496554,73
23			789132,47	6745000,00		7534132,47
24			828589,09	6745000,00		7573589,09
25			870018,55	6745000,00		7615018,55
26			913519,48	6745000,00		7658519,48
27			959195,45	6745000,00		7704195,45
28			1007155,22	6745000,00		7752155,22
29			1057512,98	6745000,00		7802512,98
30		25200000,00	1110388,63	6745000,00		33055388,63
31			1165908,06	6745000,00		7910908,06
32			1224203,47	6745000,00		7969203,47
33			1285413,64	6745000,00		8030413,64
34			1349684,32	6745000,00		8094684,32
35			1417168,54	6745000,00		8162168,54
36			1488026,97	6745000,00		8233026,97
37			1562428,31	6745000,00		8307428,31
38			1640549,73	6745000,00		8385549,73
39			1722577,22	6745000,00		8467577,22
40			1808706,08	6745000,00		8553706,08
41			1899141,38	6745000,00		8644141,38
42			1994098,45	6745000,00		8739098,45
43			2093803,37	6745000,00		8838803,37
44			2198493,54	6745000,00		8943493,54
45			2308418,22	6745000,00		9053418,22
46			2423839,13	6745000,00		9168839,13
47			2545031,09	6745000,00		9290031,09
48			2672282,64	6745000,00		9417282,64
49			2805896,77	6745000,00		9550896,77
50			2946191,61	6745000,00		9691191,61
51			3093501,19	6745000,00		9838501,19
52			3248176,25	6745000,00		9993176,25
53			3410585,06	6745000,00		10155585,06
54			3581114,32	6745000,00		10326114,32
55			3760170,03	6745000,00		10505170,03
56			3948178,54	6745000,00		10693178,54
57			4145587,46	6745000,00		10890587,46
58			4352866,83	6745000,00		11097866,83
59			4570510,18	6745000,00		11315510,18
60		8448,00	4799035,69	6745000,00		11552483,69

Tabla 11: Costes asociados al escenario optimista expresados en euros.

Año	C.Infraestructura	Valor residual	C.Explotación	C.Mantenimiento	Mateial rodante	Costes totales
0	4122700000,00					4122700000,00

Miguel Carton Fernandez

1						0,00
2			267827,20	6745000,00	84000000,00	91012827,20
3			294609,92	6745000,00		7039609,92
4			312286,52	6745000,00		7057286,52
5			343515,17	6745000,00		7088515,17
6			377866,68	6745000,00		7122866,68
7			415653,35	6745000,00		7160653,35
8			457218,69	6745000,00		7202218,69
9			502940,56	6745000,00		7247940,56
10			553234,61	6745000,00		7298234,61
11			608558,07	6745000,00		7353558,07
12			669413,88	6745000,00		7414413,88
13			736355,27	6745000,00		7481355,27
14			809990,79	6745000,00		7554990,79
15			890989,87	6745000,00		7635989,87
16			980088,86	6745000,00		7725088,86
17			1078097,75	6745000,00		7823097,75
18			1185907,52	6745000,00		7930907,52
19			1304498,27	6745000,00		8049498,27
20			1434948,10	6745000,00		8179948,10
21			1578442,91	6745000,00		8323442,91
22			1736287,20	6745000,00		8481287,20
23			1909915,92	6745000,00		8654915,92
24			2100907,52	6745000,00		8845907,52
25			2310998,27	6745000,00		9055998,27
26			2542098,09	6745000,00		9287098,09
27			2796307,90	6745000,00		9541307,90
28			3075938,69	6745000,00		9820938,69
29			3383532,56	6745000,00		10128532,56
30		25200000,00	3721885,82	6745000,00		35666885,82
31			4094074,40	6745000,00		10839074,40
32			4503481,84	6745000,00		11248481,84
33			4953830,02	6745000,00		11698830,02
34			5449213,03	6745000,00		12194213,03
35			5994134,33	6745000,00		12739134,33
36			6593547,76	6745000,00		13338547,76
37			7252902,54	6745000,00		13997902,54
38			7978192,79	6745000,00		14723192,79
39			8776012,07	6745000,00		15521012,07
40			9653613,28	6745000,00		16398613,28
41			10618974,61	6745000,00		17363974,61
42			11680872,07	6745000,00		18425872,07
43			12848959,27	6745000,00		19593959,27
44			14133855,20	6745000,00		20878855,20
45			15547240,72	6745000,00		22292240,72
46			17101964,79	6745000,00		23846964,79

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

47			18812161,27	6745000,00		25557161,27
48			20693377,40	6745000,00		27438377,40
49			22762715,14	6745000,00		29507715,14
50			25038986,66	6745000,00		31783986,66
51			27542885,32	6745000,00		34287885,32
52			30297173,85	6745000,00		37042173,85
53			33326891,24	6745000,00		40071891,24
54			36659580,36	6745000,00		43404580,36
55			40325538,40	6745000,00		47070538,40
56			44358092,24	6745000,00		51103092,24
57			48793901,46	6745000,00		55538901,46
58			53673291,61	6745000,00		60418291,61
59			59040620,77	6745000,00		65785620,77
60		8448,00	64944682,85	6745000,00		71698130,85

Tabla 12: Costes asociados al escenario muy optimista expresados en euros.

Año	Flujo de caja	Flujo actualizado
0	4122700000,00	-4122700000
1	0,00	0
2	-89819634,55	-84663620
3	-5815697,27	-5322187
4	-5813098,67	-5164863
5	-5811721,40	-5013242
6	-5810302,83	-4866037
7	-5808841,69	-4723120
8	-5807336,72	-4584365
9	-5805786,60	-4449652
10	-5804189,98	-4318862
11	-5802545,46	-4191882
12	-5800851,60	-4068601
13	-5799106,93	-3948910
14	-5797309,92	-3832705
15	-5795458,99	-3719885
16	-5793552,54	-3610350
17	-5791588,90	-3504007
18	-5789566,35	-3400760
19	-5787483,11	-3300521
20	-5785337,39	-3203201
21	-5783127,29	-3108716
22	-5780850,89	-3016983

23	-5778506,19	-2927921
24	-5776091,16	-2841454
25	-5773603,67	-2757505
26	-5771041,56	-2676002
27	-5768402,59	-2596872
28	-5765684,45	-2520047
29	-5762884,76	-2445459
30	-30960001,08	-12755111
31	-5757030,89	-2302738
32	-5753971,60	-2234480
33	-5750820,53	-2168210
34	-5747574,92	-2103870
35	-5744231,95	-2041405
36	-5740788,69	-1980758
37	-5737242,13	-1921878
38	-5733589,17	-1864713
39	-5729826,63	-1809213
40	-5725951,20	-1755330
41	-5721959,52	-1703015
42	-5717848,08	-1652225
43	-5713613,31	-1602914
44	-5709251,49	-1555039
45	-5704758,81	-1508559
46	-5700131,35	-1463432
47	-5695365,07	-1419620
48	-5690455,80	-1377083
49	-4875485,57	-1145497
50	-4845979,92	-1105402
51	-4815589,10	-1066476
52	-4784286,55	-1028683
53	-4752044,92	-991991
54	-4718836,05	-956367
55	-4684630,91	-921782
56	-4649399,62	-888203
57	-4613111,39	-855603
58	-4575734,51	-823952
59	-5819633,01	-1017418
60	-5826899,78	-989018

Tabla 13: Representación de los Flujos de caja y los flujos actualizados en el escenario realista expresados en euros.

Año	Flujo de caja	Flujo actualizado
	-	-
0	4122700000,00	4122700000,00
1	0,00	0,00
2	-89819634,55	-84663620,09

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

3	-5815697,27	-5322186,85
4	-5813098,67	-5164862,87
5	-5810803,23	-5012449,91
6	-5808393,03	-4864437,72
7	-5805862,31	-4720697,36
8	-5803205,06	-4581103,66
9	-5800414,94	-4445535,07
10	-5797485,32	-4313873,55
11	-5794409,22	-4186004,51
12	-5791179,31	-4061816,65
13	-5787787,91	-3941201,93
14	-5784226,94	-3824055,42
15	-5780487,92	-3710275,23
16	-5776561,95	-3599762,43
17	-5772439,68	-3492420,94
18	-5768111,29	-3388157,47
19	-5763566,49	-3286881,43
20	-5758794,45	-3188504,86
21	-5753783,80	-3092942,32
22	-5748522,63	-3000110,85
23	-5742998,39	-2909929,90
24	-5737197,94	-2822321,22
25	-5731107,47	-2737208,85
26	-5724712,48	-2654518,99
27	-5717997,73	-2574180,00
28	-5710947,25	-2496122,28
29	-5703544,25	-2420278,25
30	-30895771,09	-12728648,62
31	-5687609,28	-2274970,60
32	-5679039,38	-2205381,31
33	-5670040,98	-2137754,27
34	-5660592,66	-2072031,07
35	-5650671,93	-2008154,99
36	-5640255,15	-1946070,91
37	-5629317,54	-1885725,32
38	-5617833,05	-1827066,23
39	-5605774,34	-1770043,13
40	-5593112,69	-1714606,96
41	-5579817,96	-1660710,06
42	-5565858,49	-1608306,15
43	-5551201,04	-1557350,24
44	-5535810,73	-1507798,64
45	-5519650,90	-1459608,89
46	-5502683,07	-1412739,75
47	-5484866,86	-1367151,14
48	-5466159,84	-1322804,13

49	-5446517,46	-1279660,87
50	-5425892,96	-1237684,60
51	-5404237,25	-1196839,59
52	-5381498,74	-1157091,11
53	-5357623,31	-1118405,43
54	-5332554,11	-1080749,73
55	-5306231,45	-1044092,15
56	-5278592,65	-1008401,69
57	-5249571,92	-973648,24
58	-5219100,14	-939802,50
59	-5187104,78	-906836,02
60	-5161957,66	-876155,02

Tabla 14: Representación de los Flujos de caja y los flujos actualizados en el escenario optimista expresados en euros.

Año	Flujo de caja	Flujo actualizado
0	-4122700000	-4122700000
1	0	0
2	-89746608,4	-84594785,94
3	-5742671,12	-5255357,578
4	-5740072,515	-5099980,084
5	-5735481,647	-4947476,851
6	-5730431,691	-4799146,326
7	-5724876,741	-4654848,681
8	-5718766,295	-4514446,922
9	-5712044,804	-4377806,714
10	-5704651,164	-4244796,218
11	-5696518,161	-4115285,922
12	-5687571,857	-3989148,468
13	-5677730,923	-3866258,48
14	-5666905,895	-3746492,391
15	-5654998,364	-3629728,263
16	-5641900,081	-3515845,605
17	-5627491,969	-3404725,19
18	-5611643,046	-3296248,865
19	-5594209,23	-3190299,355
20	-5575032,034	-3086760,066
21	-5553937,117	-2985514,876
22	-5530732,709	-2886447,925
23	-5505207,859	-2789443,396
24	-5477130,525	-2694385,284
25	-5446245,458	-2601157,162
26	-5412271,884	-2509641,936
27	-5374900,952	-2419721,584
28	-5333792,927	-2331276,895
29	-5288574,1	-2244187,181

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

30	-30438833,39	-12540396,33
31	-5184118,609	-2073580,803
32	-5123932,35	-1989812,692
33	-5057727,465	-1906896,003
34	-4984902,091	-1824697,986
35	-4904794,18	-1743082,421
36	-4816675,478	-1661909,221
37	-4719744,906	-1581034,01
38	-4613121,277	-1500307,683
39	-4495835,285	-1419575,933
40	-4366820,693	-1338678,756
41	-4224904,642	-1257449,922
42	-4068796,987	-1175716,42
43	-3897078,565	-1093297,862
44	-3708188,302	-1010005,858
45	-3500409,012	-925643,3418
46	-3271851,793	-840003,8693
47	-3020438,853	-752870,8581
48	-2743884,618	-664016,7875
49	-2439674,96	-573202,3446
50	-2105044,336	-480175,5162
51	-1736950,649	-384670,6217
52	-1332047,594	-286407,2833
53	-886654,2334	-185089,3297
54	-396721,5367	-80403,62761
55	142204,4296	27981,16329
56	735022,9925	140415,9172
57	1387123,412	257272,4567
58	2104433,873	378945,0607
59	2893475,38	505852,0727
60	3752973,038	637003,7105

Tabla 15: Representación de los Flujos de caja y los flujos actualizados en el escenario muy optimista expresados en euros.

Los resultados reflejados en los flujos de caja actualizados ya dan muestra de la escasa rentabilidad del proyecto. Este hecho queda patente en los cálculos hallados de VAN y TIR.

	Escenario positivo	Escenario optimista	Escenario muy optimista
VAN	-4.237.366.710,32	-4.237.341.504,81	-4.215.371.523,55
TIR	-0,106591466	-0,106591466	-0,066613086

Tabla 16: Valores del VAN y TIR para los tres escenarios contemplados.

A pesar de los costes asociados y la dudosa rentabilidad financiera de los proyectos de alta velocidad, en muchas ocasiones estos están diseñados con vistas al cumplimiento de otros objetivos. El caso de China, país con la mayor extensión de líneas de alta velocidad, es paradigmático ('On China's high-speed railway technology', 2011). Así, en

términos de accesibilidad y conectividad de ciertas regiones, crecimiento económico y empleo o desarrollo industrial, el impacto ha sido notoriamente positivo (Xu, 2018; Hu Lili y Guo, 2020). Al mismo tiempo el país asiático ha experimentado un efecto positivo en la movilidad laboral. La configuración del mercado de trabajo chino está marcada por zonas que concentran la mayor parte del empleo mientras que otras quedan rezagadas en este aspecto. La alta velocidad habilita la posibilidad de conectar áreas alejadas. Tras la apuesta que el gobierno realizó por este medio de transporte, se observa una clara mejoría en términos de distribución y eficiencia en el mercado de trabajo (Wang *et al.*, 2022).

El marco de análisis planteado por el ACB muchas veces desestima la construcción en base a criterios económicos dejando de lado otras cuestiones de índole social como la movilidad en áreas remotas. Las inversiones en trenes en áreas con poca densidad de población pueden acarrear unos beneficios reducidos que no compensen sus costes. Sin embargo, situaciones como la anteriormente descrita pueden invertirse gracias a la innovación. Así, el desarrollo de la automatización puede llegar a modificar estos paradigmas que categorizan ciertas inversiones como no deseables (Shan *et al.*, 2021).

7. Conclusiones

Como ha quedado patente el análisis coste beneficio es un criterio fundamental en la configuración de proyectos ligados a infraestructuras de transporte. El tramo estudiado consta de unas características que anticipan unos resultados negativos en cuanto a rentabilidad se refiere. Más que una excepción este proyecto se suma a la larga lista de inversiones en alta velocidad españolas cuya viabilidad económica es cuanto menos cuestionable. Pese a que con asiduidad se aluden a justificaciones relativas a la potenciación de la movilidad e interconectividad entre regiones, presupuestariamente estas infraestructuras suponen un coste desproporcionado. La correcta evaluación es transcendental para dotar de herramientas precisas que permitan una toma de decisiones eficiente.

Si bien en cuanto a rentabilidad se refiere los resultados no dejan lugar a dudas, es preciso tener en cuenta otros factores. El hecho de que no se tenga previsto recuperar la inversión inicial no tiene por qué determinar la idoneidad de una infraestructura de alta velocidad. La dificultad de ponderar efectos como el impacto positivo en la economía de la región hace que sea necesaria cierta prudencia al valorar los datos. Ahora bien, cuando la tendencia en los proyectos similares es de escasas rentabilidades y el proyecto resulta especialmente costoso, la conclusión no parece cuestionable. Las líneas de alta velocidad son uno de los medios más avanzados y sofisticados del transporte. Debido a ello, su implementación debería contar con la garantía de que no conllevará un despilfarro a las arcas públicas y que será exhaustivamente supervisada.

8. Bibliografía

Acharya, A. *et al.* (2017) 'Biomarkers of acute appendicitis: systematic review and cost-benefit trade-off analysis', *Surgical Endoscopy*, 31(3), pp. 1022-1031. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00464-016-5109-1>.

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

ADIF (2022) *ADIF*. Available at: <https://www.adif.es/w/adif-contrata-el-mantenimiento-del-tramo-le%C3%B3n-la-robla-pola-de-lena-en-la-conexi%C3%B3n-de-alta-velocidad-a-asturias> (Accessed: 30 June 2023).

Adrian, G. *et al.* (2019) 'Generación automática de modelos y código para sistemas electrónicos de enclavamiento ferroviario', 1, pp. 17–19.

Albaladejo, D. and Bel, G. (2011) 'Cuando la economía no importa: auge y esplendor de la alta velocidad en España', *Revista de Economía Aplicada*, 19(55), pp. 171–190.

Ali, Y., Sara, S. and Rehman, O. (2021) 'How to tackle plastic bags and bottles pollution crisis in Pakistan? A cost–benefit analysis approach', *Environmental and Ecological Statistics*, 28(3), pp. 697–727. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10651-021-00511-6>.

Álvarez, A.G., Franco, I.G. and García, Á.R. (no date) 'El efecto perverso de la predeterminación de la tarifa en el análisis coste beneficio de las nuevas infraestructuras de alta velocidad'.

Banco de España (2023) *Proyecciones macroeconómicas de la economía española. Marzo de 2023*. Available at: <https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/InformesBoletinesRevistas/BoletinEconomico/23/T1/Fich/be2301-it-Proy.pdf> (Accessed: 3 June 2023).

Bel, G. (2010) 'La racionalización de las infraestructuras de transporte en España', *Cuadernos económicos de ICE* [Preprint], (80).

Benardos, A., Sourouvali, N. and Mavrikos, A. (2021) 'Measuring and benchmarking the benefits of Athens metro extension using an ex-post cost benefit analysis', *Tunnelling and Underground Space Technology*, 111, p. 103859. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tust.2021.103859>.

Bernard, J.A. (1977) 'Cost benefit analysis', *Day Care and Early Education*, 4(3), pp. 21–23. Available at: <https://doi.org/10.1007/BF02353089>.

Betancor, O. and Llobet, G. (2015) *Contabilidad financiera y social de la alta velocidad en España*. Fedea.

Blechl, J.W. *et al.* (2019) 'Office building deep energy retrofit: life cycle cost benefit analyses using cash flow analysis and multiple benefits on project level', *Energy Efficiency*, 12(1), pp. 261–279. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9707-8>.

Boardman, A. *et al.* (2001a) *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice, 2nd edition*.

Boardman, A. *et al.* (2001b) *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice, 2nd edition*.

Bulut Ummugul and Frye, E. and G.J. and L.Y. and L.M. (2020) 'The Hidden Price of Convenience: A Cyber-Inclusive Cost-Benefit Analysis of Smart Cities', in A. Lee Mary and Najera Chesler (ed.) *Research in Mathematics and Public Policy*. Cham: Springer International Publishing, pp. 81–92. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-58748-2_5.

Burkhead Jesse and Miner, J. (1971) 'Benefit-Cost Analysis', in *Public Expenditure*. London: Palgrave Macmillan UK, pp. 206–251. Available at: https://doi.org/10.1007/978-1-349-01372-2_7.

Busse Alexander and Metternich, J. and A.E. (2019) 'Evaluating the Benefits of Predictive Maintenance in Production: A Holistic Approach for Cost-Benefit-Analysis', in G. Schmitt Robert and Schuh (ed.) *Advances in Production Research*. Cham: Springer International Publishing, pp. 690–704.

Calthrop, E., de Borger, B. and Proost, S. (2010) 'Cost-benefit analysis of transport investments in distorted economies', *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(7), pp. 850–869. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trb.2009.12.011>.

Coto Millán, P. *et al.* (2013a) 'Rentabilidad social de las inversiones públicas: Análisis Coste Beneficio del AVE Madrid-Valencia'. Available at: <https://idus.us.es/handle/11441/54402#.YjdnADaQJPk.mendeley> (Accessed: 20 March 2022).

Coto Millán, P. *et al.* (2013b) 'Rentabilidad social de las inversiones públicas: Análisis Coste Beneficio del AVE Madrid-Valencia', *Estado del bienestar: sostenibilidad y reformas. XX Encuentro Economía Pública (2013)*, p 1-24 [Preprint].

Couto, A. and Graham, D.J. (2008) 'The impact of high-speed technology on railway demand', *Transportation*, 35(1), pp. 111–128. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11116-007-9138-4>.

Cropper, M. *et al.* (2014) 'Declining Discount Rates', *American Economic Review (Papers and Proceedings)*, 104, pp. 538–543. Available at: <https://doi.org/10.1257/aer.104.5.538>.

Dorfman, R. (1996) 'Why Benefit-Cost Analysis Is Widely Disregarded and What to Do About It', *Interfaces*, 26(5), pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1287/inte.26.5.1>.

Drèze, J. and Stern, N. (1987) 'Chapter 14 The theory of cost-benefit analysis', in *Handbook of Public Economics*. Elsevier (Handbook of Public Economics), pp. 909–989. Available at: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1573-4420\(87\)80009-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1573-4420(87)80009-5).

Van Essen, H. *et al.* (2019) *Handbook on the external costs of transport, version 2019*.

Estévez, M.J.C. and Martínez, X.M.G. (2003) 'Análisis coste-beneficio de la conexión Galicia-Madrid con un servicio ferroviario de Alta Velocidad', in *Hacienda pública y convergencia europea. X Encuentro de Economía Pública: Santa Cruz de Tenerife, 2003*. Universidad de La Laguna, p. 61.

Feldstein, M.S. (2000) 'The Social Time Preference Discount Rate in Cost Benefit Analysis', in C. Gopalakrishnan (ed.) *Classic Papers in Natural Resource Economics*. London: Palgrave Macmillan UK, pp. 13–36. Available at: https://doi.org/10.1057/9780230523210_2.

Fenu Gianni and Picconi, M. (2010) 'An Optimized Cost-Benefit Analysis for the Evaluation in E-Learning Services', in J. and P.P. and E.-Q.E. Zavoral Filip and Yaghib

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

- (ed.) *Networked Digital Technologies*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 215–225.
- Fort López-Tello, L. (2003) 'Seguridad en el diseño y operación de túneles largos de las redes ferroviarias de alta velocidad', *Revista de Obras Publicas* [Preprint], (3.435).
- Frank, R.H. (2000) 'Why Is Cost-Benefit Analysis so Controversial?', *The Journal of Legal Studies*, 29(S2), pp. 913–930. Available at: <https://doi.org/10.1086/468099>.
- Gaubatz, P. (1999) 'China's Urban Transformation: Patterns and Processes of Morphological Change in Beijing, Shanghai and Guangzhou', *Urban studies (Edinburgh, Scotland)*, 36, pp. 1495–1521. Available at: <https://doi.org/10.1080/0042098992890>.
- Gilead, T. (2014) 'Education and the Rationale of Cost–Benefit Analysis', *British Journal of Educational Studies*, 62(4), pp. 373–391. Available at: <https://doi.org/10.1080/00071005.2014.969190>.
- Gollier, C., Koundouri, P. and Pantelidis, T. (2008) 'Declining Discount Rates: Economic Justifications and Implications for Long-Run Policy', *Economic Policy*, 23, pp. 757–795. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1468-0327.2008.00211.x>.
- González Laso, A. (2018) *La decisión de vacunarse: un enfoque de economía experimental; The decision to get vaccinated: an approach from experimental economics*. Available at: <http://hdl.handle.net/10902/14777>.
- Harberger, A.C. (1972) 'On Discount Rates for Cost-Benefit Analysis', in *Project Evaluation: Collected Papers*. London: Palgrave Macmillan UK, pp. 70–93. Available at: https://doi.org/10.1007/978-1-349-01653-2_3.
- Harrigan, P.O. et al. (2008) 'The development of e-procurement within the ICT manufacturing industry in Ireland', *Management Decision*, 46(3), pp. 481–500. Available at: <https://doi.org/10.1108/00251740810863906>.
- ten Have Henk and Patrão Neves, M. do C. (2021) 'Cost–Benefit Analysis', in *Dictionary of Global Bioethics*. Cham: Springer International Publishing, p. 365. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-54161-3_178.
- Hough, J.R. (1994) 'Educational Cost-benefit Analysis', *Education Economics*, 2(2), pp. 93–128. Available at: <https://doi.org/10.1080/09645299400000013>.
- Hu Lili and Guo, M. and L.Y. and Y.L. (2020) 'High-Speed Railway in Yunnan Province: The Impacts of High-Speed Railway on Urban Economic Development', in M. and Z.R. and H.G. and S.X. Zhang Juliang and Dresner (ed.) *LISS2019*. Singapore: Springer Singapore, pp. 95–107.
- Huang Quan and He, Z. (2014) 'Research on Determination of High-Speed Rail Operation Mode', in Z. and Q.Y. and Z.M. and D.L. Jia Limin and Liu (ed.) *Proceedings of the 2013 International Conference on Electrical and Information Technologies for Rail Transportation (EITRT2013)-Volume I*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 545–556.
- Iglesias, J. et al. (2011) 'ERTMS deployment in Spain as a real demonstration of interoperability. Near future challenges', in *World Congress of Rail Research (WCRR)*, pp. 1–10.

International Union of Railways (no date).

Jones, H., Moura, F. and Domingos, T. (2014) 'Transport Infrastructure Project Evaluation Using Cost-benefit Analysis', *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, pp. 400–409. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.073>.

Jozaghi, E., Reid, A.A. and Andresen, M.A. (2013) 'A cost-benefit/cost-effectiveness analysis of proposed supervised injection facilities in Montreal, Canada', *Substance Abuse Treatment, Prevention, and Policy*, 8(1), p. 25. Available at: <https://doi.org/10.1186/1747-597X-8-25>.

Jungang, S. *et al.* (2019) 'Cooperative passenger flow control in an oversaturated metro network with operational risk thresholds', *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 107, pp. 301–336. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.08.008>.

Khadem Sameni, M. and Moradi, A. (2022) 'Railway capacity: A review of analysis methods', *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 24, p. 100357. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2022.100357>.

Khoshgoftaar, T.M. *et al.* (2001) 'Cost-Benefit Analysis of Software Quality Models', *Software Quality Journal*, 9(1), pp. 9–30. Available at: <https://doi.org/10.1023/A:1016621219262>.

Klarman, H.E. (1974) 'Application of Cost-Benefit Analysis to the Health Services and the Special Case of Technologic Innovation', *International Journal of Health Services*, 4(2), pp. 325–352. Available at: <https://doi.org/10.2190/YVTU-WKB5-QM0L-1BYU>.

Klochkov, V. v, Nizhnik, M. v and Rusanova, A.L. (2009) 'Forecasting the cost benefit of developing new modes of rapid passenger transport', *Studies on Russian Economic Development*, 20(3), pp. 268–280. Available at: <https://doi.org/10.1134/S1075700709030058>.

Kohno, H. and Higano, Y. (2022) *Public Investment Criteria: Using an Interregional Input-Output Programming Model*. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-4-431-55221-5>.

Kumar Pancham and Soni, A. and S.J. (2020) 'Cost–Benefit Calculation Using AB₂X₄ (A=Zn, Cd; B=Ga; X=Te): A Promising Material for Solar Cells', in K.R. and S.A. and S.S.A. and M.A. Kalam Akhtar and Niazi (ed.) *Intelligent Computing Techniques for Smart Energy Systems*. Singapore: Springer Singapore, pp. 313–317.

de las Cuevas, I., García Pérez, E. and Martínez Pagés, J. (1990) 'Un análisis coste-beneficio de la educación postobligatoria no universitaria en España', *Revista de educación*. 1990, n. 293; p. 67-108 [Preprint]. Available at: <http://hdl.handle.net/11162/70251>.

Lentink, R.M., Middelkoop, D. and de Vries, D. (2017) 'A comparison of different configurations of a Centrally Guided Train Operation System in Dutch Railway Operations', *Public Transport*, 9(1), pp. 273–284. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12469-017-0156-0>.

Leonardo García-Barredo, J. (2016) 'Análisis coste beneficio de la reapertura del ferrocarril del Canfranc utilizando una tasa social de descuento hiperbólica.' Available at: <http://hdl.handle.net/10902/10321>.

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

Li, H. *et al.* (2019) 'Railway passengers travel behavior based on bounded rationality by rough set weight', *Cluster Computing*, 22(4), pp. 10019–10029. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10586-017-1061-7>.

Litman, T. (2009) 'Rail Transit in America: A comprehensive evaluation of benefits'.

López, V. and Eder, E. (no date) 'Comparación de tipos de construcción para la vía férrea en viaducto elevado y túnel subterráneo'.

Lu, J. (2003) 'A Model for Evaluating E-Commerce Based on Cost/Benefit and Customer Satisfaction', *Information Systems Frontiers*, 5(3), pp. 265–277. Available at: <https://doi.org/10.1023/A:1025645210350>.

Mackie, P. and Nellthorp, J. (2001) 'Cost–Benefit Analysis In Transport', in K.J. Button and D.A. Hensher (eds) *Handbook of Transport Systems and Traffic Control*. Emerald Group Publishing Limited, pp. 143–174. Available at: <https://doi.org/10.1108/9781615832460-010>.

Maddison, D. (1995) 'A cost-benefit analysis of slowing climate change', *Energy Policy*, 23(4), pp. 337–346. Available at: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0301-4215\(95\)90158-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0301-4215(95)90158-4).

'MANUAL_para_la_evaluación_de_inversione (1)' (no date).

Martín, F.E. (2006) 'Los túneles del Lote 1 de Pajares (Pola de Gordón-Folledo): línea de alta velocidad León-Asturias, los túneles de la variante de Pajares', *Ingeopres: Actualidad técnica de ingeniería civil, minería, geología y medio ambiente*, (154), pp. 50–62.

Mete, M.R. (2014) 'Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión', *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 7(7), pp. 67–85.

MILLANES, F. *et al.* (2014) 'Concepción y proyecto del viaducto de alta velocidad sobre el río Deba en la Y vasca', in *VI Congreso Internacional de Estructuras ACHE*, pp. 3–5.

Oertli, J. (2000) 'Cost–benefit analysis in railway noise control', *Journal of Sound and Vibration*, 231(3), pp. 505–509.

Olsthoorn, X. *et al.* (1999) 'Cost Benefit Analysis of European Air Quality Targets for Sulphur Dioxide, Nitrogen Dioxide and Fine and Suspended Particulate Matter in Cities', *Environmental and Resource Economics*, 14(3), pp. 333–351. Available at: <https://doi.org/10.1023/A:1008362631700>.

'On China's high-speed railway technology' (2011) *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A*, 12(12), pp. 883–884. Available at: <https://doi.org/10.1631/jzus.A11GT000>.

Ortuño Padilla, A. (2016) 'Diagnóstico y propuestas para una adecuada planificación de infraestructuras en España'.

Oruganti Kameswara Satya Prakash and Vaithilingam, C.A. and R.G. and R.A. (2021) 'Cost-Benefit Analysis of Sustainable Solar-Powered Workplace Electric Vehicle Charging Station', in S.A. Abdul Karim (ed.) *Theoretical, Modelling and Numerical*

Simulations Toward Industry 4.0. Singapore: Springer Singapore, pp. 71–86. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-15-8987-4_5.

Otsuka, A. (2022) 'Assessment of the improvement in energy intensity by the new high-speed railway in Japan', *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 6(1), pp. 267–282. Available at: <https://doi.org/10.1007/s41685-020-00165-5>.

Ovaere, M. and Proost, S. (2022) 'Cost-effective reduction of fossil energy use in the European transport sector: An assessment of the Fit for 55 Package', *Energy Policy*, 168, p. 113085. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113085>.

Paredes, D. (2019) *Valoración y Análisis Costo/Beneficio de Buenas Prácticas de Ganadería Climáticamente Inteligente*.

Parker, M.M. (1982) 'Enterprise information analysis: Cost-benefit analysis and the data-managed system', *IBM Systems Journal*, 21(1), pp. 108–123. Available at: <https://doi.org/10.1147/sj.211.0108>.

Pearce, D.W. (1971) 'The Origins of CBA', in *Cost-Benefit Analysis*. London: Macmillan Education UK, pp. 13–16. Available at: https://doi.org/10.1007/978-1-349-01091-2_2.

Perea Sardón, F.J. and Barreiro Pereira, F. (2015) 'Las previsiones de demanda y costes en los proyectos de infraestructuras de transporte en España y otros países de la Unión Europea', *RUE: Revista Universitaria Europea*, (23), pp. 101–128.

Prest, A.R. and Turvey, R. (1965) 'Cost-Benefit Analysis: A Survey', *The Economic Journal*, 75(300), pp. 683–735. Available at: <https://doi.org/10.2307/2229670>.

'Principles of Benefit-Cost Analysis' (2001) in *Environmental Policy Analysis for Decision Making*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 105–140. Available at: https://doi.org/10.1007/0-306-48023-9_7.

Qi, J. *et al.* (2017) 'Joint optimization model for train scheduling and train stop planning with passengers distribution on railway corridors', *Journal of the Operational Research Society* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1057/s41274-017-0248-x>.

Rocabert, J.P. (2007) 'Los criterios valor actual neto y tasa interna de rendimiento', *E-Publica-Revista Electrónica Sobre La Enseñanza de La Economía Pública*, 1995, pp. 1–11.

Rosen, M.A. (2009) 'Energy, environmental, health and cost benefits of cogeneration from fossil fuels and nuclear energy using the electrical utility facilities of a province', *Energy for Sustainable Development*, 13(1), pp. 43–51. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esd.2009.01.005>.

De Rus, G. and Inglada, V. (1993) 'Análisis coste-beneficio del tren de alta velocidad en España', *Revista de Economía Aplicada*, 1(3), pp. 27–48.

de Rus, G. and Inglada, V. (1997) 'Cost-benefit analysis of the high-speed train in Spain', *The Annals of Regional Science*, 31(2), pp. 175–188. Available at: <https://doi.org/10.1007/s001680050044>.

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO: LINEA DE ALTA VELOCIDAD LEON-ASTURIAS

De Rus, G. and Román, C. (2006) 'Análisis económico de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona', *Revista de economía aplicada* [Preprint].

De Rus, M.G. and Nash, C.A. (2009) ¿ *En qué circunstancias está justificado invertir en líneas de alta velocidad ferroviaria?*

Sastre, A. (2002) 'La Alta Velocidad también podrá con Pajares: Línea de Alta Velocidad a Asturias', *Revista del Ministerio de Fomento*, (504), pp. 14–21.

Shan, A. *et al.* (2021) 'A framework for railway transit network design with first-mile shared autonomous vehicles', *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 130, p. 103223. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103223>.

Sobrino Cerezo, D., Lorenzana Ibán, A. and Magdaleno González, Á. (2019) *sistemas de soporte estructural para la catenaria en líneas férreas. Simulación y estudio comparativo*. Available at: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/37835>.

Stenström, C. *et al.* (2016) 'Preventive and corrective maintenance – cost comparison and cost–benefit analysis', *Structure and Infrastructure Engineering*, 12(5), pp. 603–617. Available at: <https://doi.org/10.1080/15732479.2015.1032983>.

Torres-Ortega, S. and Diaz-Simal, P. (2014) 'El análisis coste-beneficio aplicado al medioambiente: repaso metodológico, críticas y problemática asociada', *Vozes dos Vales*, 6.

Tranche, C.Á. (1996) *El ferrocarril en el Noroeste de España*.

Tzanakakis, K. (2013) 'High-Speed Railway', in *The Railway Track and Its Long Term Behaviour: A Handbook for a Railway Track of High Quality*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 19. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-642-36051-0_6.

de Urbina Gimeno, Í. (2016) 'Economics as a Tool in Legislative Evaluation: Cost-Analysis, Cost-Efficacy and Cost-Benefit', in M. Nieto Martín Adán and Muñoz de Morales Romero (ed.) *Towards a Rational Legislative Evaluation in Criminal Law*. Cham: Springer International Publishing, pp. 49–74. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-32895-9_3.

Vreeker, R. (2008) 'Multicriteria analysis of a high-speed railway station area development project', in E. and R.P. and P.H. and van W.B. Bruinsma Frank and Pels (ed.) *Railway Development: Impacts on Urban Dynamics*. Heidelberg: Physica-Verlag HD, pp. 171–190. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-7908-1972-4_9.

Wang, L. *et al.* (2011) 'A two-layer optimization model for high-speed railway line planning', *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A*, 12(12), pp. 902–912. Available at: <https://doi.org/10.1631/jzus.A11GT016>.

Wang, X. *et al.* (2022) 'The impact of high-speed railway on labor market between the North and South: evidence from China', *The Annals of Regional Science* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00168-022-01178-y>.

Wiseman, J. (1965) 'Cost-Benefit Analysis in Education', *Southern Economic Journal*, 32(1), pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.2307/1055920>.

Xia, H. *et al.* (2007) 'Environmental problems of vibrations induced by railway traffic', *Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China*, 1(2), pp. 142–152. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11709-007-0015-1>.

Xu, F. (2018) 'Strategic Tension for China High-Speed Railway to Go Global', in *The Belt and Road: The Global Strategy of China High-Speed Railway*. Singapore: Springer Singapore, pp. 75–114. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-13-1105-5_4.

Xu Jie and Liang, M. and W.Y. (2020) 'Estimate of Railway Line Capacity Under Adverse Operation Condition', in L. and L.B. and L.Z. and D.L. and A.M. Qin Yong and Jia (ed.) *Proceedings of the 4th International Conference on Electrical and Information Technologies for Rail Transportation (EITRT) 2019*. Singapore: Springer Singapore, pp. 387–400.

Xue, X., Jia, Y. and Tang, Y. (2022) 'National Economic Benefits of Railway Transportation Analyzed Using Data Mining', *Transportation Research Record*, p. 03611981221137594. Available at: <https://doi.org/10.1177/03611981221137594>.

Yin Ying and Zhang, X. and Z. bin (2011) 'Cost-Benefit Analysis for Adaptive Web Service Substitution with Compensation', in C. Liu Baoxiang and Chai (ed.) *Information Computing and Applications*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 505–512.

Zhuang, J. *et al.* (2007) *Theory and Practice in the Choice of Social Discount Rate for Cost-Benefit Analysis: A Survey*. Manila: Asian Development Bank (ADB). Available at: <http://hdl.handle.net/10419/109296>.

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.