

Universidade de Vigo
Departamento de Economía Aplicada

Documento de Trabajo
0313

**Análisis coste-beneficio de la conexión
Galicia-Madrid con un servicio de Alta Velocidad**

José Carlos Álvarez Villamarín
María José Caride Estévez
Xosé Manuel González Martínez

Documentos de Trabajo

Outubro 2003

Departamento de Economía Aplicada
Universidade de Vigo
As Lagoas Marcosende S/N, 36310 –Vigo
Tfno: +34 986 812500 - Fax: +34 986 812401
<http://www.economiaaplicadavigo.org/>
E-mail: depx06@uvigo.es

Análisis coste-beneficio de la conexión Galicia-Madrid con un servicio ferroviario de Alta Velocidad*

José Carlos Álvarez Villamarín

María José Caride Estévez

Xosé Manuel González Martínez

(Universidade de Vigo)

Resumen

En este trabajo se aborda el estudio de los efectos económicos de la conexión Galicia-Madrid con tecnología ferroviaria de alta velocidad (*TAV*). En este contexto hipotético, determinar el impacto de este proyecto sobre la demanda de transporte se convierte en una tarea imprescindible. Por este motivo, una de las aportaciones de este trabajo es utilizar un modelo de demanda, consistente con la teoría de la utilidad, para inferir el comportamiento hipotético de los agentes y determinar la demanda desviada y generada en cada uno de los escenarios de *TAV* que se someten a evaluación. A partir de los cambios en la demanda de transporte y de la especificación de los criterios de valoración para los costes y los beneficios sociales, la principal aportación de este trabajo es la realización de un *ACB* que permite poner de relieve la contribución de este proyecto a la mejora del bienestar social.

Palabras clave: Análisis coste-beneficio, demanda de transporte, elección modal, demanda generada.

JEL: D11, R41.

Dirección: María J. Caride, Facultad de C.C. Económicas de Vigo, Universidade de Vigo, Lagoas-Marcosende s/n 36200 Vigo. mcaride@uvigo.es Tfno. 986813515.

* Este trabajo ha sido financiado por la Fundación CAIXAGALICIA.

1. INTRODUCCIÓN

La baja cuota de mercado del tren y el déficit de infraestructuras de transporte ferroviario modernas y competitivas en el corredor Galicia-Madrid pretende subsanarse dentro del Programa de Infraestructuras ferroviarias 2000-2007, mediante la construcción de una línea de Alta Velocidad (TAV) que una ambas comunidades. Esta actuación pública permitirá una reducción del tiempo de viaje, con lo que mejorará la actual competitividad del tren frente al transporte aéreo y a la carretera y se intensificará la relación entre ambas comunidades.

Ahora bien, es necesario tener presente que esta actuación en materia de transporte ferroviario consumirá una parte importante de recursos públicos, que no podrán destinarse a otros usos y, por lo tanto, obliga a reflexionar sobre la idoneidad de dicha inversión. En este trabajo pretendemos contribuir, desde la teoría económica, a esta reflexión, utilizando una de las herramientas más habituales para analizar inversiones en infraestructuras de transporte como es el análisis coste beneficio (ACB).

La realización de un ACB de un proyecto público, plantea algunas dificultades como prever el comportamiento futuro de los agentes económicos o valorar bienes que no tienen mercado. Sin embargo, a pesar de estas dificultades y de ciertas críticas¹, debería ser un ejercicio imprescindible para evaluar los efectos de cualquier actuación pública. De este modo, los ciudadanos conoceríamos los criterios con los que se efectúan las inversiones, si en esos criterios prima la eficiencia o en que medida se sacrifica esa eficiencia a cambio de corregir determinados desequilibrios, y, en definitiva, el juego político entorno a la planificación de inversiones sería menos opaco.

En un proyecto como el que sometemos a estudio, el trabajo de G. De Rus e Inglada (1993) es una buena referencia para conocer el conjunto de costes y beneficios de la alta velocidad ferroviaria. Estos se pueden concretar en: costes e ingresos de la construcción y explotación del proyecto; variación de los costes e ingresos de los

¹ Las críticas a la utilización de esta herramienta se centran en los problemas técnicos de valoración y en cuestiones de justicia social. Este último aspecto trata de resaltar que cuando la eficiencia es lo único que valoramos suele ocurrir que las comunidades con mayor nivel de vida son también las destinatarias de la mayor parte de los recursos públicos incrementando las disparidades regionales.

operadores de transporte; ahorros de tiempo de los usuarios de Alta Velocidad; ahorros de tiempo en la carretera por reducción de la congestión; reducción de otros elementos de desutilidad asociados al viaje; reducción de accidentes; desarrollo económico y equilibrio regional² e impacto medioambiental.

El cálculo ex-ante de los costes y beneficios mencionados requiere de la reconstrucción de los escenarios que se someten a comparación; esto es, por un lado, se necesita perfilar cuál sería la situación futura del corredor *sin* el tren de Alta Velocidad, también denominada *situación base* o *de referencia* y, por otro lado, se necesita diseñar el contexto futuro *con* dicho tren, que a su vez puede admitir distintas variantes.

Respecto a la caracterización de la *situación sin proyecto* consideramos, en primer lugar, que la demanda de transporte evolucionará positivamente con el crecimiento de la economía. Para ello, tomamos como referencia el trabajo de Owen y Phillips (1987), y asumimos una elasticidad de la demanda de transporte respecto al PIB de 1,15, además, tomamos como crecimiento previsible del PIB para la economía española una tasa del 2% anual. En segundo lugar, consideramos que las diferentes administraciones públicas pondrán en marcha planes de actuación que modificarán la dotación actual de la infraestructura ferroviaria, conformando un escenario de mejora del ferrocarril, al margen del proyecto, que creemos cambiará la actual tendencia decreciente del tren y contribuirá al mantenimiento del reparto modal actual.³

Por su parte, la *situación con proyecto* requiere hacer explícitas las distintas alternativas tecnológicas y de trazado⁴. Esas diferentes alternativas se traducirán en diferentes tiempos de recorrido y distintas tarifas, lo que a su vez influirá tanto sobre el reparto modal de los actuales usuarios como sobre el tráfico generado. En este sentido, y a modo de síntesis, en el cuadro 1 recogemos los principales datos descriptivos de la distancia y el tiempo de viaje de las dos alternativas de trazado contempladas para el proyecto. Como se puede comprobar el trazado sur frente al trazado norte acorta el

² En nuestro caso de estudio realizaremos una cuantificación de los costes y beneficios detallados excepto el desarrollo económico y el equilibrio regional. Las razones que explican este abandono son dos, por un lado no existe evidencia de los efectos de la puesta en servicio de la alta velocidad sobre el crecimiento económico dado que este servicio sólo afecta a los pasajeros (Nash, 1991). Por otra parte, Jara-Díaz (1986) demuestra que en mercados competitivos la demanda de transporte, al ser una demanda derivada, mide exactamente las modificaciones en la demanda de bienes finales.

³ Dentro del Programa de Infraestructuras Ferroviarias 2000-2007 se incorpora el tramo en Alta Velocidad Madrid – Valladolid y dentro del Plan Decenal de Transporte Ferroviario 1998-2007 de la Xunta de Galicia se especifican las actuaciones de mejora de la red interior de Galicia.

⁴ El Trazado Sur uniría Ourense con Pozaldez pasando por Zamora, mientras que el trazado Norte transcurre entre Ourense y Valladolid pasando por León.

recorrido entre Madrid y Galicia en 89 km. y genera un ahorro de tiempo entorno a 30 minutos.

Cuadro 1: Alternativas de trazado TAV

		Corredor Norte	Corredor Sur
Madrid-Coruña	Distancia (km)	712	623
	Tiempo ⁵ (h:m)	3:22	2:52
Madrid-Vigo	Distancia (km)	659	570
	Tiempo (h:m)	3:06	2:34

Fte : Accesos a Galicia. A Alta Velocidade". (Xunta de Galicia, 2000)

Además, para cada una de estas alternativas es necesario presentar el panorama de precios que tendría el servicio. En este caso fijamos la cuantía de las tarifas utilizando dos valores hipotéticos. El primero toma como referencia el precio medio por kilómetro del AVE Madrid-Sevilla (0,13 €/km) y el segundo eleva este precio un 25%.⁶

Una vez establecidos los rasgos básicos de los escenarios que se someten a valoración este trabajo se centrará, en primer lugar, en la estimación de la demanda de transporte en este corredor. El método de estimación de esta demanda es una de las principales aportaciones de este trabajo y su resultado nos servirá, entre otras cuestiones, para cuantificar los cambios en el bienestar de los usuarios; para analizar la modificación en la cuenta de resultados de los operados de transporte y de gestores de infraestructuras como AENA; para conocer el efecto sobre el tráfico rodado y, por lo tanto, estimar las consecuencias sobre cuestiones relevantes para el bienestar social como son el número y la gravedad de los accidentes de circulación o el efecto sobre la contaminación atmosférica. En definitiva, la estimación de demanda es imprescindible para establecer la cuantía de los principales impactos del proyecto.

A continuación, se comentarán los criterios utilizados para cuantificar las diferentes partidas de costes y beneficios que proceden de la comparación de la *situación sin proyecto* y el escenario con TAV. Finalmente, se analizan los resultados obtenidos utilizando dos criterios para determinar la rentabilidad social del proyecto, el

⁵ Esos datos están calculados para una tecnología que permita una velocidad máxima de 350 km/h y una velocidad comercial de 210 km/h.

⁶ El motivo para trabajar con dos posibles valores en los precios reside en que la tarifa del AVE está diseñada únicamente para cubrir los costes de explotación del servicio sin incorporar, por tanto, el coste de la infraestructura. Ahora bien, si tenemos en cuenta la recomendación que emana del *Libro Blanco del Transporte de la Comisión Europea*, según la cuál debe establecerse un canon por el uso de las infraestructuras que al menos permita recuperar una parte del coste de la inversión, ese precio del AVE debe incrementarse significativamente. En nuestro caso, este incremento del 25% nos permitirá ver en que medida esa recomendación afecta a la rentabilidad social del proyecto.

Valor Actual Neto (VAN) de las alternativas analizadas y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) de cada una de ellas. De este modo, otra de las aportaciones importantes del trabajo es que permite responder a dos cuestiones relevantes desde la perspectiva de la gestión pública, como son, si la realización del proyecto contribuye a mejorar el bienestar social y, de ser así, qué alternativa debería implementarse desde el punto de vista de la eficiencia económica.

2. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE

Una de las consecuencias inmediatas de la incorporación del TAV es la modificación del bienestar de los usuarios del sistema de transporte. Esto se debe a que, por un lado, los actuales usuarios alteran sus elecciones modales ante la presencia de una oferta modal competitiva. Ese colectivo conformará lo que se denomina *demanda desviada*. Por otro lado, con la puesta en marcha del proyecto aparecerán individuos que alteran la cantidad de viajes por la incorporación del tren a su oferta disponible. Este colectivo, que conformará la *demanda generada*, puede provenir tanto de los actuales usuarios del sistema como de individuos que actualmente no viajan pero que, con la incorporación del nuevo tren, pasan a tener utilidad positiva de viajar.

La figura 1 nos puede ayudar a entender la cuantificación de esa modificación del bienestar a partir del excedente del consumidor. En ella se ilustra el caso de dos alternativas de viaje y de los efectos derivados de la mejora en una de ellas, que se concreta en una disminución del índice de precios del viaje (paso de I_0 a I_1). Esta mejora origina un incremento de demanda global de transporte (paso de Q_0 a Q_1).

Además, esa alteración provoca una reestructuración del reparto modal ya que la modalidad mejorada se vuelve más competitiva provocando un desplazamiento de su curva de demanda modal hacia la derecha (paso de D_{bi} a D_{bf}) en detrimento de la alternativa competidora, cuya curva de demanda se contrae hacia la izquierda (paso de D_{ai} a D_{af}). De esta forma, la cantidad de viajes que se realizarán en la modalidad mejorada (q_{b1}) estaría compuesta por los anteriores usuarios de este modo (q_{bo}), los usuarios desplazados de la competencia ($q_{ao}-q_{a1}$) y los nuevos viajes generados (Q_1-Q_0).

Para estimar los efectos de la modificación de la oferta de transporte desarrollamos un modelo de demanda que determina simultáneamente la elección modal

y el número de viajes. En el campo de la economía del transporte no encontramos modelos fundamentados microeconómicamente que nos aproximen a la determinación conjunta de la demanda generada y desviada, por este motivo, acudimos al campo de la valoración ambiental donde se han desarrollado, en los últimos años, modelos que tratan de analizar conjuntamente la decisión de número de viajes y la elección de lugares de visita.⁷ En concreto, adaptamos el modelo desarrollado por Hausman, Leonard y McFadden (1995) a partir de los siguientes supuestos: en primer lugar, los consumidores obtienen bienestar del consumo de bienes, tanto de los bienes que necesitan desplazamientos como de los que no lo necesitan. En segundo lugar, en cada desplazamiento se consume una cantidad fija de bien final y el transporte es una parte pequeña del gasto total. Por último, el transporte y el bien que precisa desplazamientos son complementarios perfectos.

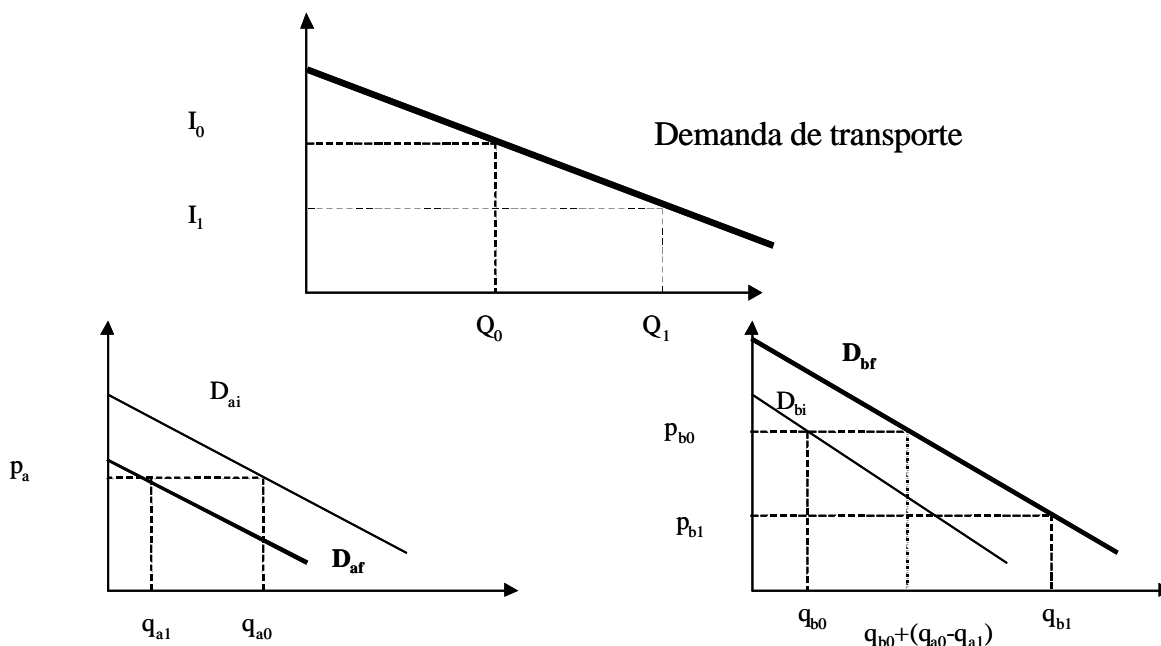


Figura 1. Descomposición de la Demanda total de transporte en la demanda modal.

⁷ Ejemplos de estos modelos los tenemos en los trabajos de Morey y otros (1993) o los de Hausman, Leonard y McFadden (1995). Los primeros consideran que las elecciones de los individuos se producen de forma secuencial, de modo que los individuos deciden en cada periodo si participan o no en el mercado (si realizan un desplazamiento), y en el caso de que decidan participar, determinarán a continuación cual será el destino de su viaje. El modelo de Hausman, Leonard y McFadden (1995) plantea que las elecciones de los individuos siguen un proceso en dos etapas, consistente con la teoría de la utilidad. Un resultado importante es el obtenido por Parsons, Jakus y Tomasi (1999) analizando las medidas de bienestar estimadas a partir de distintos modelos. Este trabajo llega a la conclusión de que los modelos de Morey y otros (1993) o de Hausman y otros (1995), son matemáticamente lo mismo y llegan a medidas de bienestar similares aunque parten de planteamientos diferentes, ya que uno está basado en la teoría de la utilidad y el otro no.

La demanda se estima en un proceso en dos etapas donde, en primer lugar, se elige el número de viajes y, en segundo lugar, se distribuyen los viajes entre los modos de transporte disponibles. Para determinar el número de viajes o cantidad consumida es necesario contar con un índice de precios del viaje que permita incorporar el hecho de que los individuos pueden efectuar distintos desplazamientos, a distintas localizaciones y en diferentes modos de transporte.

Este índice de precios se obtiene de la estimación de la segunda etapa que aborda el análisis de las elecciones de modo de transporte condicionadas al número de desplazamientos realizados. Para ello, desarrollamos un modelo de elección discreta en el que el individuo, para efectuar cada uno de sus desplazamientos, cuenta con varias alternativas (en nuestro caso: coche, avión, tren o autobús) y, de todas ellas elegirá, en cada momento, la que le proporcione la utilidad mayor.

Para cada una de las alternativas, la función indirecta de utilidad del individuo i por el modo de transporte j viene dada por:

$$V_j^i = X_j^i \mathbf{b} + \mathbf{e}_j^i$$

donde X_j^i es el vector de atributos del modo de transporte j para el individuo i , \mathbf{b} es el vector de parámetros y \mathbf{e} es una variable aleatoria que representa los gustos de los consumidores.

Si consideramos que las perturbaciones son independientes e idénticamente distribuidas con una función de densidad de Weibull, obtenemos el modelo logit multinomial. McFadden (1973) demostró que las probabilidades asociadas a este modelo son :

$$P_j^i = \frac{\exp(X_j^i \mathbf{b})}{\sum_{k=1}^m \exp(X_k^i \mathbf{b})}$$

siendo m el número de alternativas de transporte disponibles y X_k^i las características del modo de transporte k para el individuo i .

A partir de este modelo obtenemos el excedente del consumidor por viaje⁸ (Small y Rosen, 1981⁹) y el excedente del consumidor condicionado al número de viajes, a partir de las siguientes expresiones:

⁸ Donde β_p es el parámetro asociado al coste monetario del viaje

⁹ En este caso el excedente del consumidor es similar a la variación compensadora ya que se cumplen los supuestos citados por Small y Rosen: 1. utilidad marginal de la renta independiente del precio y la calidad

$$S^i = -\frac{1}{\mathbf{b}_p} \ln \left(\sum_{k=1}^m \exp(X_k \mathbf{b}) \right) \qquad S^{i*} = \sum_{K=1}^m T_k S^i$$

El análisis de demanda se realiza a partir de los datos procedentes de un ejercicio de determinación de preferencias declaradas realizado sobre la población residente en el corredor objeto de estudio.¹⁰ En el Cuadro 2 podemos observar los resultados de la estimación de esta etapa en el corredor analizado, tanto para los viajes efectuados por motivo de trabajo como de ocio. Como se puede comprobar las principales variables explicativas son el tiempo, el precio, y los gustos o preferencias de los consumidores por cada modo.¹¹ Estas variables presentan los signos esperados y son significativas¹². Además, el cociente entre los coeficientes de las variables precio y tiempo permiten obtener la valoración media del tiempo tanto para los usuarios de ocio como para los de trabajo. En este caso, con la aplicación de este modelo se obtiene que para los viajes de ocio el valor medio del tiempo es de 7,97 €hora, mientras que, para los usuarios por motivo de trabajo el valor medio del tiempo es de 36,74 €hora.¹³

del bien, 2. el bien que estamos analizando es poco importante dentro de la cesta de consumo del individuo, y por tanto la función de demanda compensada se aproxima a la demanda marshalliana, y 3. que la utilidad marginal se aproxime a cero cuando el precio del modo de transporte tiende a infinito. Por ello con esta medida de bienestar nos aproximamos a la cantidad de dinero que el individuo tendría que pagar ante el cambio producido (o recibir en caso de un empeoramiento) para que su nivel de bienestar permaneciese inalterado.

¹⁰ Mediante un procedimiento de encuestación telefónica (CATTI BELLVIEW), se efectuaron 2.703 entrevistas estratificadas por sexo, edad y lugar de residencia. En cada entrevista se incorpora un experimento que enfrenta a cada individuo con un escenario concreto de existencia de TAV, descrito por las variables: precio, tiempo y recorrido.

¹¹ La variable *Fut* es una ficticia que recoge la existencia de un tren mejorado en la situación hipotética, las variables *A-coche*, *A-avión* y *A-bus* son las constantes de cada uno de estos modos respecto al modo de referencia tren.

¹² Tanto la variable *Precio* como el *Tiempo* de desplazamiento presentan signos negativos. Por su parte, las preferencias por cada modalidad de transporte dependen del tipo de viaje. Así, por ejemplo, los usuarios por motivo de ocio se muestran menos dispuestos a utilizar el avión que el tren (*A-avión* es negativa), mientras que para los usuarios de trabajo el avión es una modalidad de viaje más probable que el tren (*A-avión* es positiva)

¹³ Los valores del tiempo obtenidos en este trabajo se sitúan entre los valores que utiliza el Ministerio de Fomento para cuantificar los ahorros de tiempo de un proyecto de transportes (903 pesetas/hora los usuarios de vehículo privado, 240 pesetas/hora el usuario de autobús, 307 pesetas/hora el usuario de tren en segunda clase y 2.805 pesetas/hora los usuarios de avión) y los valores obtenidos en modelos desagregados (González-Savignat (1999) con datos de preferencias manifestadas en el corredor Madrid-Barcelona, obtiene un valor del tiempo de los usuarios de avión por motivo de ocio de 6.300 pesetas/hora y de 13.380 pesetas/hora para los viajes por motivo de trabajo, mientras que para la carretera estos valores son de 1.020 pesetas/hora para los usuarios de ocio y de 1.920 pesetas/hora para los usuarios de trabajo).

Cuadro 2. Modelo de elección modal en el corredor Galicia-Madrid

Estimación de la segunda etapa		
Motivo de ocio		
Variable	Coefficiente	Desviación típica*
Tiempo	-0,00205774	0,000622
Precio	-0,00009316	0,000014
Fut	3,051789845	0,203279
A-Coche	1,622554132	0,156651
A-Aviación	-0,34716029	0,302318
A-Autobús	-0,05072623	0,175123
LogL=-11153225 Observaciones= 8259. Iteraciones=7. *Desviación típica*100		
V.T. = 7,97 €/hora (1.325 pts/hora)		
Motivo de trabajo		
Variable	Coefficiente	Desviación típica*
Tiempo	-0,00478553	0,00119259
Precio	-0,00004697	2,18E-05
Fut	2,431570052	0,34187036
A-Coche	1,118261337	0,2563056
A-Aviación	0,495319669	0,47069748
A-Autobús	-0,43949998	0,32281283
LogL=-3377028. Observaciones=2845. Iteraciones=7. *Desviación típica*100		
V.T. = 36,74 €/hora (6.113 pts/hora)		

Una vez estimada la segunda etapa del modelo, condicionada al número de viajes, construimos el modelo de elección de número de viajes. El índice de precios que relaciona ambas etapas es la negativa del excedente del consumidor obtenido en la estimación de la segunda etapa. Esta transformación permite interpretar esta variable como un precio o coste del desplazamiento. Es decir, al mejorar una infraestructura el excedente del consumidor, condicionado a los viajes realizados, aumenta y, por lo tanto, su negativa se puede interpretar como una reducción del precio del viaje.

La primera etapa del modelo se especifica con un modelo de recuento, que se ajusta de forma apropiada cuando analizamos variables dependientes con valores mayores o iguales a cero. En nuestro caso, contamos con dos observaciones para cada individuo, que se corresponden con la *situación base* y la *situación hipotética*, y utilizamos un modelo de recuento de tipo Poisson con media condicional para la variable número de viajes

$$E(T_{it} | Z_{it}, I_{it}) = \exp(Z_{it} \mathbf{a} + I_{it} \mathbf{g})$$

donde T_{it} es el número de viajes del individuo i en el periodo t , Z_{it} son características del individuo e I_{it} es el índice de precios del viaje. Los resultados de la estimación de la primera etapa aparecen reflejados en el Cuadro 3. Como podemos observar la renta y la educación afectan de forma positiva al número de viajes de ocio o de trabajo, mientras que el precio tiene una incidencia negativa. Por otra parte, los viajes de ocio se muestran dependientes de factores territoriales o personales de atracción de viajes, mientras que

las características del sector y la función de desempeño del entrevistado explican las decisiones de trabajo.¹⁴

Cuadro 3. Modelo de determinación del número de viajes

Estimación de la primera etapa		
Motivo de ocio		
Variable	Coficiente	Desviación Típica*
Constante	-4,94	7,683454
X99	0,1774	0,037934
Lrenta	0,784274	1,313824
Lrenta2	-0,0342559	0,056085
Neg-exc	-0,000047086	0,000004
Educ	0,0264559	0,021566
Edad	-0,005645	0,013505
Edad2	-0,000035707	0,000147
Miembros	-0,011195	0,03085
Coche	0,281789	0,097688
Fam-out	0,427267	0,099056
Res-out	0,21436	0,06968
Trabaja	0,017914	0,082774
Log L= -8705937. Observaciones=1886. Iteraciones=7. Log L= -989934 * Desviación Típica*100		
Motivo de trabajo		
Variable	Coficiente	Desviación Típica*
Constante	-22,047109	18,1299516
Lrenta	3,0751	3,03707581
Lrenta2	-0,122994	0,12668431
Neg-exc	-5,148E-05	2,67E-06
Educ	0,0379883	0,04803356
Edad	0,08798	0,04543107
Edad2	-0,0009456	0,00053567
Cpropia	0,371891	0,19264272
Industria	0,149974	0,16729581
Tamaño	0,036493	0,0327268
Responsabilidad	-0,00435	0,0315446
Log L= -2955631. Observaciones=2041. Iteraciones=10 *Desviación Típica*100		

Una vez determinados los parámetros de este modelo y definiendo de forma adecuada la situación base y la situación hipotética, se puede calcular la ganancia total de bienestar derivada de los cambios en la demanda, mediante la expresión

$$\Delta W_i = \int_{I_0}^{I_1} \exp(Z_{it} \mathbf{a} + I_{it} \mathbf{g}) dI = \frac{1}{\mathbf{g}} [\exp(Z_{it} \mathbf{a} + I_{it} \mathbf{g}) - \exp(Z_{it} \mathbf{a} + I_{i0} \mathbf{g})]$$

donde, I_{i0} es el índice de precios del individuo i en el periodo 0 , I_{i1} es el índice de precios del individuo i en el periodo 1 y \mathbf{g} es el coeficiente del índice de precios.

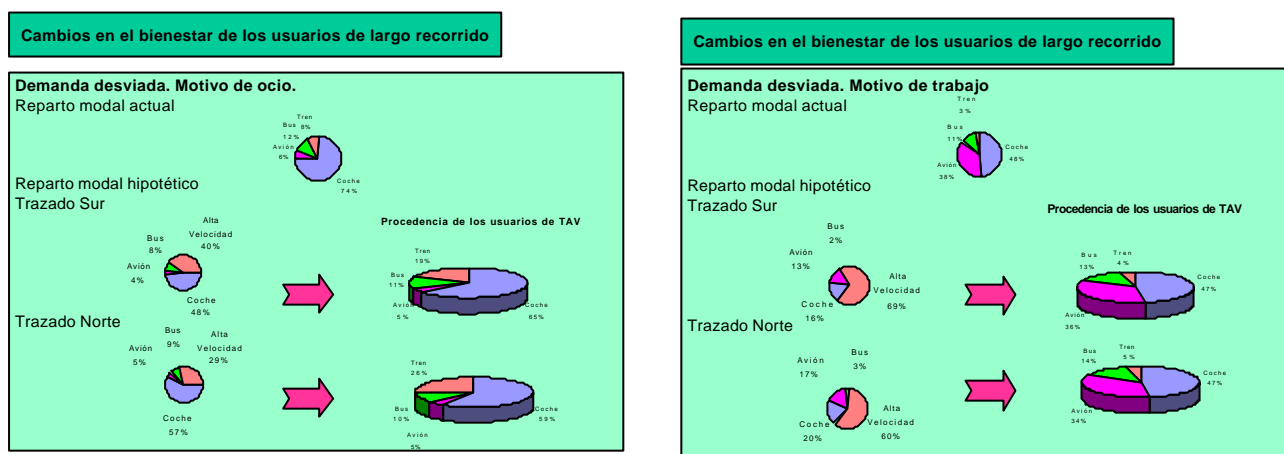
Esta medida nos proporciona la ganancia total obtenida por la población, derivada tanto de un incremento en el número de viajes como de la disminución del índice de precios, o lo que es lo mismo del aumento en la utilidad derivada de cada uno de sus viajes.

La aplicación de este modelo de demanda permite constatar, con los datos presentados en el gráfico 1, como la implantación del TAV cambia significativamente el reparto modal de los viajes. A modo de ejemplo, podemos comprobar que si se plantease un TAV entre Galicia y Madrid por el trazado sur con una política de precios similar a la del AVE, el porcentaje de viajes de largo recorrido por *motivo de ocio* que

¹⁴ La variable *Neg-Exc* es el índice de precios utilizado o negativa del excedente del consumidor derivado de la segunda etapa, *X99* es una variable ficticia que recoge el efecto del año Xacobeo 99, *Fam-out* y *Res-out* son ficticias que se activan cuando el entrevistado tiene familia o residencia secundaria en otra comunidad autónoma.

se realizan en tren pasaría del 8% actual al 40%. Estos viajes desviados al TAV procederían fundamentalmente de anteriores usuarios de coche (65%). Esta alteración en el reparto modal es todavía más acusada en los desplazamientos más sensibles a la reducción del tiempo de viaje como son los realizados por *motivo de trabajo*. En este caso, el tren pasaría de representar el 3% de los desplazamientos a situarse en una cuota de mercado del 69%. De nuevo, este desvío de usuarios procede mayoritariamente del coche (47%) y del avión (36%).

Gráfico 1. Reparto modal en el corredor Galicia-Madrid sin TAV y con TAV



Además, como se puede comprobar en el cuadro 4, la implantación del TAV generaría un aumento significativo del número de nuevos viajes que, para la política de precios y el trazado expuesto en el ejemplo anterior, supondría un crecimiento, respecto a *situación de referencia* sin proyecto, del 28% de los *viajes por motivo de ocio* o del 45% para los *viajes de trabajo*.

Cuadro 4. Demanda generada por los usuarios de largo recorrido

Trazado	Motivo de OCIO		Motivo de TRABAJO	
	Precio AVE	Precio AVE+25%	Precio AVE	Precio AVE+25%
SUR	28%	23%	45%	39%
NORTE	24%	20%	35%	30%

3. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS EFECTOS DEL TREN DE ALTA VELOCIDAD

Una vez especificada y comentada la demanda de transporte, para avanzar en el ACB es necesario abordar el proceso de valoración económica de las principales partidas que componen los costes y beneficios del proyecto que sometemos a evaluación. Así, en primer lugar, debemos detenernos a cuantificar los recursos destinados a completar la fase de construcción de la infraestructura y la explotación posterior del TAV entre Galicia y Madrid. En segundo lugar, debemos cuantificar los efectos beneficiosos o gravosos para los directamente implicados con el proyecto, es decir, para los usuarios, para los operadores y para los gestores de infraestructuras. En tercer lugar, debemos cuantificar otro tipo de impactos, como son los efectos ambientales y la incidencia de la accidentabilidad, que suponen modificaciones en el bienestar de distintos agentes de la sociedad sean o no usuarios de la infraestructura.

Evidentemente, la cuantificación de cada una de las partidas de costes y beneficios descansa sobre una serie de supuestos y criterios de valoración (tanto referidos a la determinación de los precios como de las cantidades) que es necesario tratar de forma diferenciada para cada uno de los apartados.

3.1. Los Costes de Construcción y Mantenimiento

Para la cuantificación de los costes de construcción tomamos como referencia las previsiones que aparecen en el estudio *“Accesos a Galicia. A Alta Velocidade”*. En dicho informe, el coste medio de construcción por kilómetro recorrido es de 15,15 millones de euros de 2000, en el caso de que se llevasen a cabo los 522 kms del trazado Sur ó 13,66 millones de euros en el caso de que se construyesen los 602 kms del trazado Norte. Teniendo en cuenta estas diferencias en el número de kilómetros y coste medio por kilómetro, el coste global de construcción juega favorablemente al trazado Sur ya que supone un ahorro de 317 millones de euros, que se originan en los diferentes tramos a realizar a partir de Ourense, mientras que la inversión a realizar entre las ciudades gallegas sería común en ambos trazados y su importe ascendería a 3.807 millones de euros.¹⁵

¹⁵ Evidentemente, el monto global de esta inversión no se realiza en un único momento del tiempo, lo que obliga a establecer un criterio de periodificación de la misma. Una vez finalizado el periodo de construcción, consideramos que la vida útil de la infraestructura será de 45 años (MOPT,1991). De esta

Estos costes están valorados a precios de mercado netos de impuestos. Esta valoración, siguiendo el trabajo de De Rus (1993), recoge el coste de oportunidad de los recursos utilizados ya que la realidad de la economía española no aconseja utilizar precios sombra distintos a los de mercado.

En cuanto a los costes de material rodante consideramos que va a utilizarse tecnología capaz de circular a 350 km/h. Para esta tecnología de referencia, se determina el coste de cada unidad (locomotora y vagones) a partir del dato estimado para la línea Madrid-Barcelona que es de 21 millones de euros. Para calcular el número de unidades necesarias en la prestación del servicio seguimos a De Rus (1993) y consideramos que cada una de las unidades tiene un recorrido medio de 310.000 km/año y un índice de ocupación del 75%, lo que permite desplazar a 240 pasajeros por viaje.

Para calcular el coste de mantenimiento y explotación del proyecto tenemos como referencias los datos del AVE Madrid-Sevilla y los datos estimados para la línea Madrid-Barcelona, que por tratarse de una infraestructura con tecnología para mayor velocidad presenta un mayor importe en estas partidas. En nuestro caso, al asumir una tecnología que permita circular a 350 km/h hemos optado por el valor medio de los costes de mantenimiento estimados para esta última línea, 0,11 millones de €/km y el coste de explotación por pasajero de la línea Madrid-Sevilla.

3.2. Efectos directos

Para cuantificar los efectos directos utilizamos el modelo de demanda de transporte anteriormente estimado. A partir de este modelo determinamos el volumen de pasajeros desviados y generados por el TAV, de manera que si se desvía un usuario de otros modos al TAV o se genera un nuevo viaje se producen un conjunto de efectos sobre el bienestar que es necesario valorar. Así, el usuario aumentará su utilidad por realizar su desplazamiento en TAV (en caso contrario no modificaría su comportamiento), el operador del TAV ganará un usuario y mejorará su resultado de explotación y, para el caso de pasajeros desviados, las empresas de transporte competidoras perderán viajeros y verán afectada su cuenta de resultados.

manera, si fijamos un horizonte temporal para el ACB inferior a la vida útil aparece de un valor residual de la infraestructura, que se determina suponiendo una depreciación lineal.

3.2.1. Usuarios del sistema de transporte

En nuestro caso de estudio, para analizar la modificación en el bienestar de los usuarios del sistema de transporte descomponemos su cuantificación en dos componentes. En primer lugar determinamos el cambio en el bienestar para la *demanda desviada* a partir del diferencial del excedente del consumidor obtenido en el modelo de elección modal, evaluado a los precios y tiempos que determina, por un lado, el escenario sin proyecto y, por otro, el escenario con proyecto. En segundo lugar obtenemos el cambio en el bienestar para la *demanda generada* a partir del diferencial entre el excedente derivado del modelo de determinación del número de viajes, evaluado en la situación base y en la situación hipotética con proyecto, y la cuantía del excedente desviado.

Para la *demanda desviada*, esos excedentes recogen los beneficios monetarios agregados procedentes del ahorro de tiempo, de la modificación de costes monetarios y de la variación de todos aquellos atributos que afectan a la elección modal tales como la comodidad, la fiabilidad, la seguridad, etc. Para la *demanda generada* esos excedentes recogen los beneficios monetarios procedentes de la utilidad de viajar y, por tanto, de poder acceder al consumo de bienes o servicios en el lugar de destino.¹⁶

Cuadro 5. Cambio en el excedente medio del tráfico desviado y generado.

Trazado	Cambio en el Excedente Medio	Motivo Ocio	Motivo Trabajo
SUR	Tráfico Desviado	72,10 €	219,72 €
	Tráfico Generado	169,43 €	194,41 €
NORTE	Tráfico Desviado	60,24 €	194,85 €
	Tráfico Generado	199,26 €	231,33 €

La dimensión global de los efectos del TAV sobre los usuarios dependerá finalmente de la tarifa, el tiempo de recorrido y el tipo de viaje. El cuadro 5 resume los valores medios del cambio en el excedente por viaje para los usuarios de largo recorrido. Esta información muestra la mayor cuantía del excedente medio del tráfico desviado cuando el tren circula por el trazado más corto, tanto para los viajes por *motivo de ocio* (72,10 € en el *trazado Sur* frente a los 60,24 € del *trazado Norte*) como para los

¹⁶ Nótese que con esta medida cuantificamos toda la utilidad que le reporta al usuario viajar frente a no viajar. Por tanto, tratamos de captar todos los efectos económicos que conlleva esa decisión y que van más allá de la comparación de atributos en los modos de transporte. En concreto, esos efectos se centran en la modificación de las asignaciones factibles de bienes y servicios.

viajes por *motivo de trabajo* (199,26 €del *Sur* frente a los 194,85 €del *Norte*), si bien, en este último caso el valor medio del excedente triplica el obtenido en los viajes de ocio. Con respecto al excedente medio por viaje generado, se observa, como cabía esperar, que este valor es decreciente con el número de viajes, de modo que, tanto para los viajes de ocio como para los de trabajo, el *trazado Norte* presenta un excedente medio por viaje más elevado. Ahora bien, si tenemos en cuenta que el número de viajes adicionales que generaría el *itinerario Sur* es sensiblemente superior¹⁷, el cambio en el excedente global para los usuarios de largo recorrido colocaría a esta alternativa como la más favorable, a pesar de presentar un excedente medio por viaje inferior.

3.2.2. Operadores del sistema de transporte

El cambio en el reparto modal y el tráfico generado que origina el proyecto no sólo afecta a los usuarios, sino que, los operadores de los servicios de transporte verán modificadas sus cuentas de ingresos y gastos. En la vertiente de los ingresos resulta evidente que el operador que pierda un viajero deja de percibir el importe del billete, mientras que el servicio de TAV experimenta un ingreso por valor del billete vendido. Este saldo global será positivo para todas aquellas situaciones en las que se pase a pagar más por el billete, como es el caso del autobús o el tren convencional, mientras que en el caso del avión se experimenta un descenso neto de ingresos ya que el precio de la tarifa es, en general, superior a la del TAV. En el caso de los usuarios de coche esta definición se modifica ya que el coste del coche no lo percibe directamente nadie sino que son gastos que se dejarían de producir, por este motivo cada viaje realizado en TAV con procedencia del coche pasa a generar un ingreso empresarial por valor del billete de TAV pagado.

En la vertiente de los costes de los operadores, el efecto de la incorporación del TAV se concreta en una modificación de los costes marginales o en una variación en los costes totales por la reducción de la oferta de servicio. En este sentido, por lo que se refiere a los efectos sobre el tren convencional asumimos que este servicio desaparecerá al incorporar un tren de tecnología superior. Si esto es así, los costes variables de

¹⁷ El número de viajes generados en el *itinerario Sur* excede en un 35% o 48% al *itinerario Norte* dependiendo de que el motivo de viaje sea el ocio o el trabajo respectivamente.

explotación de ese servicio se anulan y ese ahorro de costes pasa a considerarse como un beneficio del proyecto.¹⁸

Para determinar la reducción de costes del autobús tomamos como referencia los datos que proporciona el trabajo de G. De Rus (1993) y el manual del MOPT (1991) que sitúan este beneficio derivado de reducir el número de expediciones y los costes de conservación de la carretera en 0,025 euros por pasajero-kilómetro. Por lo que se refiere al ahorro en costes operativos de los vehículos utilizamos los datos proporcionados por el MOPT (1992)¹⁹ que sitúan el ahorro de costes de los usuarios de largo recorrido en 0,055 €/km.

La determinación de los efectos del TAV sobre los operadores aéreos es más compleja ya que para estos operadores no se puede suponer un ajuste tan inmediato entre la oferta y la demanda. En este caso el posible descenso en su demanda provocará dos tipos de efectos contrapuestos. Por una parte, se producirá una disminución de la frecuencia aérea, que origina una disminución en los costes de explotación del servicio. Por otra parte, cabe suponer que con menor demanda aparece una reducción en los índices de ocupación de los aviones, que provoca un incremento del coste medio por viajero. En nuestro caso de estudio, suponemos que la pérdida de demanda del avión repercutirá en igual medida sobre el índice de ocupación y sobre la frecuencia. De este modo, el coste medio por pasajero se incrementará un 21,5% por la reducción de frecuencia del 70 al 55%, mientras que, la disminución de la frecuencia supone una reducción del coste total de este servicio ya que suponemos que las compañías tienen facilidad para recolocar las aeronaves y el personal en otras rutas. En la medida en que el segundo efecto supere al primero aparecerá un beneficio social por la incorporación del TAV.

3.2.3. Los Gestores de Infraestructuras

La implantación del proyecto que estamos analizando también afectará a los Gestores de Infraestructuras, ya que, previsiblemente provocará una disminución en los ingresos de aeropuertos y navegación aérea (AENA) que habrá que contemplar como

¹⁸ Los datos del Informe del año 2001 que elabora la Unidad de Negocio Grandes Líneas de RENFE permiten determinar la cuantía de este beneficio (13,50 millones de €).

¹⁹ “Recomendaciones para la evaluación económica, coste-beneficio, de estudios y proyectos de carreteras”, MOPT (1992). Para el cálculo de los costes operativos se tiene en cuenta el ahorro de combustible, frenos, ruedas, mantenimiento y pequeñas reparaciones.

coste.²⁰ En este sentido, debemos tener en cuenta que este organismo planteó sus decisiones de inversión en el pasado contando con un contexto futuro de demanda creciente de sus instalaciones y servicios. En la medida en que el TAV modifique ese contexto y origine una sobredimensión de la capacidad instalada, buena parte de esa inversión se convierte en coste irrecuperable ya que prácticamente no tiene usos alternativos. De este modo, para los aeropuertos gallegos la reducción de su actividad, muy dependiente de la relación con Madrid (entre el 74 y el 48% del volumen total de viajeros), provocará un incremento de coste por unidad de tráfico que puede obligar a incrementar los precios de los servicios o a operar con pérdidas.

Para cuantificar este efecto acudimos al importe de las tasas incorporadas al billete de cada uno de los pasajeros (10,42 €/pasajero). Con ese dato estipulado por AENA para todo el territorio español y el volumen de pasajeros desviados para cada uno de los escenarios de TAV considerados²¹ calculamos el importe global de los ingresos que dejan de percibirse.²²

3.3. Efectos Indirectos

La implantación de un proyecto como el que analizamos también genera efectos indirectos entre los que cabe destacar el impacto ambiental, el descenso de la accidentabilidad por desviar usuarios de la carretera, la reducción de la congestión urbana al promover la movilidad en transporte público o las distorsiones en la economía derivadas de la obtención de un volumen importante de recursos para financiar el proyecto. De este conjunto de efectos indirectos, en este trabajo, nos centramos en la cuantificación de los dos primeros.²³

²⁰ En el corredor Madrid-Sevilla la incorporación a la oferta de transportes del servicio AVE provocó una pérdida de actividad del 25% en el aeropuerto de Sevilla.

²¹ Este coste está calculado teniendo en cuenta el trasvase de usuarios del avión al TAV dentro del colectivo encuestado, que se corresponde con los residentes en el corredor. Ahora bien, los usuarios de este corredor pueden tener su lugar de residencia fuera del área territorial analizada, de modo que, a pesar de que el análisis de demanda aquí efectuado no los incorpora, estos usuarios pueden modificar su comportamiento por la existencia del TAV Galicia-Madrid. En este sentido, tales usuarios incrementarían los beneficios del proyecto y, por supuesto, también algunos de los costes, perjudicando entre otros a la cuenta de resultados del gestor de infraestructuras aeroportuarias, AENA.

²² También se reducirán los ingresos por actividades comerciales ya que se aparcarán menos coches, se comprarán menos periódicos o se consumirán menos bebidas. La cuantía de este efecto es difícil de precisar con los datos disponibles. En cualquier caso, por tratarse de lo que suele denominarse como efectos pecuniarios, no lo incorporamos en nuestro ACB.

²³ Esto supone que al descartar las distorsiones de los fondos públicos operamos con el supuesto de que la financiación de esta infraestructura procede del desvío de fondos desde otros proyectos alternativos. De este modo, consideramos que lo relevante no es conocer los efectos de la financiación pública sobre la

3.3.1. El impacto Medioambiental

Los efectos medio ambientales que genera una infraestructura de Alta velocidad se pueden separar en dos categorías. En la primera se englobarían los impactos propios de la fase de construcción de la infraestructura y la segunda abarcaría los efectos sobre el medio ambiente derivados de su funcionamiento.

Dentro de los efectos derivados de la construcción destacamos el impacto sobre el territorio, la flora y la fauna de los lugares por los que discurre. Estos efectos tratan de minimizarse por medio de un estudio de impacto ambiental que garantice la protección de determinadas zonas naturales y prevea la puesta en práctica de medidas correctoras. Por este motivo, una parte de las externalidades aparece incorporada a los costes de construcción en forma de costes necesarios para reducir los impactos ambientales. Sin embargo, existen muchas externalidades que no se compensan y pueden resultar muy perjudiciales, tanto para la sociedad en su conjunto como para los afincados en un territorio, que se enfrentan a una barrera artificial que les divide y les resta calidad de vida.

Además, están los efectos derivados de la puesta en servicio de esta modalidad de transporte. Dado que compite con el resto de alternativas de viaje, y no todas inciden de la misma manera en el mantenimiento de la calidad ambiental, debemos analizar si trasladar un pasajero al nuevo TAV supone un coste o un beneficio social.²⁴

En nuestro caso de estudio, nos centramos en la cuantificación de este segundo tipo de efectos ambientales comparando la cuantía de emisiones en el contexto sin proyecto y el ahorro que supone en las mismas la aparición del TAV. Para calcular el nivel de emisiones en un escenario sin proyecto tomamos como base la cuantía de las emisiones per cápita en la UE (8,2 toneladas de CO₂ por persona para 1995, de las que

evoluciona de los principales agregados macroeconómicos, sino que lo relevante es conocer la rentabilidad social derivada de esta inversión y compararla con los usos alternativos que podrían tener estos recursos, presuponiendo que los efectos macroeconómicos de la financiación serían en ambos casos similares. Por otra parte, incorporar la congestión del tráfico, exige disponer de información pormenorizada de los problemas de congestión en cada ciudad, conocer los destinos y orígenes concretos de cada viaje y la franja horaria en la que se producen los desplazamientos. En este trabajo, no disponemos de esta información y asumimos que la cuantía de este efecto es poco significativa.

²⁴ Este es un aspecto de indudable importancia si se tiene en cuenta que el transporte es responsable del 63% de las emisiones totales de NOx en la Unión Europea (UE), del 66% del CO o del 40% de VOC. Dentro de los diferentes modos de transporte, el grueso de dichas emisiones corresponde a la carretera. Además, el transporte representa el 26% de las emisiones totales de CO₂ en la UE, con diferente grado de incidencia de cada uno de los modos de transporte, de modo que, mover un viajero del coche al tren supone un ahorro de 60 gr/km, mientras que trasladarlo del avión al tren reduce en 110 gr/km estas

el 26% se deben al transporte). A continuación, comparamos las cifras globales de emisiones de CO₂ y CO derivadas del sector transporte, obteniendo que cada tonelada de emisión de CO₂ se corresponde con 0,035 toneladas de CO. Con esta información calculamos el porcentaje de emisiones de CO ahorradas entre la situación sin proyecto y el contexto con proyecto.

Una vez establecida la reducción de contaminación necesitamos una valoración monetaria que nos permita incorporar este ahorro dentro de los beneficios sociales del proyecto. En este ejercicio optamos por aproximarnos a esta evaluación trasladando el resultado obtenido por Riera (1995), que cifra la reducción de la contaminación de un 1% en 42,13 pesetas/anuales de 1995.²⁵

3.3.2. El impacto sobre la accidentabilidad de la carretera

El impacto social de los accidentes de tráfico se deriva del elevado grado de mortalidad y de lesiones, en muchos casos irrecuperables, así como del sufrimiento que provoca en el entorno social de las víctimas. Es decir, los afectados por un accidente con daños humanos, no son sólo los viajeros, sino que de forma directa o indirecta este accidente repercute sobre toda la sociedad.

En este apartado tratamos de determinar la cuantía de los ahorros sociales derivados del desvío de usuarios de una modalidad de transporte con un índice de accidentabilidad mayor (usuarios de la carretera) a una modalidad más segura como es el TAV. Para ello, consideramos que existe una relación directa entre el volumen de tráfico en la carretera y el número de accidentes y establecemos la cuantía del número de muertos y heridos a partir de los índices de accidentes de las autopistas de peaje.²⁶

emisiones. Por el contrario, el autobús presenta un menor impacto, de modo que, desviar un pasajero del autobús al tren supone un aumento de 20 gr/km de CO₂.

²⁵ Este trabajo utiliza una metodología de ordenación contingente y obtiene la disposición al pago por reducciones en los niveles de contaminación en la ciudad de Barcelona. La cifra obtenida resulta muy baja en comparación con las obtenidas en otros trabajos en los que la reducción de contaminación se traslada a efectos concretos sobre la población. Tal es el caso de la valoración obtenida por M. X. Vázquez (2002) para reducciones en los niveles de enfermedades respiratorias asociadas a la existencia de contaminación derivada del transporte en la ciudad de Vigo.

²⁶ Con los datos proporcionados por el Anuario Estadístico del Ministerio de Fomento, calculamos la media de los índices de accidentes y lesiones graves y leves entre 1995 y 1999 para las autopistas de peaje. A partir de ellos obtenemos el número de muertos y de víctimas por cada 100*10⁶*vh-km. Por otra parte, siguiendo las recomendaciones de Aparicio y Otros (2001) corregimos las definiciones españolas de heridos graves y leves para hacerlas compatibles con las de otros países, de modo que, el número de heridos leves se incrementa en 2,5 y el de heridos graves en 1,4.

Una vez establecida la cuantía del ahorro de víctimas debemos proporcionar un valor económico que haga posible la valoración de los costes humanos. Existen distintos métodos para buscar este valor social, entre ellos aquellos que tratan de buscar alguna compensación por los daños causados, que generalmente utilizan al análisis de las indemnizaciones pagadas en los juicios; o los que tratan de obtener la disposición al pago por eliminar el riesgo de padecer un accidente. En este ejercicio obtamos por esta última metodología, que sitúa el valor de la vida humana en 512.834 € el herido grave en 31.077 € y el leve en 1.822 €. Estas cifras proceden de trasladar al caso español los resultados de disposición al pago obtenidos en otros países de nuestro entorno (Aparicio y otros (2001)),

4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DEL TAV GALICIA-MADRID.

Una vez expuesta la tipología de costes y beneficios representativos de este proyecto y establecidos los diferentes criterios de valoración de cada partida, debemos tener en cuenta que esos costes y beneficios aparecerán en momentos diferentes de tiempo y, por lo tanto, será necesario actualizarlos al año base para compararlos y extraer conclusiones. En este sentido, consideramos que el periodo de construcción abarcará 10 años y analizaremos los costes y beneficios generados en los 35 años siguientes a la puesta en funcionamiento del TAV.

La cuantía global actualizada de costes y beneficios del proyecto está en función de las distintas alternativas establecidas para caracterizar el contexto con proyecto. En nuestro caso vamos a considerar, tal y como hemos señalado, dos posibles trazados (*Norte y Sur*), dos posibles factores de actualización (el 2 o el 3%), y dos escenarios de precios (tarifa Ave , tarifa AVE+ 25%). Además, añadimos un escenario adicional que descuenta el coste de la red de Alta Velocidad en el interior de Galicia.²⁷

En el cuadro 6 se detallan los resultados de las distintas partidas que conforman los beneficios sociales. La cuantía global de estos beneficios se sitúa por encima de los 19.000 millones de € en ambos itinerarios. Evidentemente la partida más importante

²⁷ Este planteamiento permite homogeneizar el tratamiento de la red interna gallega al de la salida Madrid-Valladolid. Es decir, limita la evaluación del proyecto al recorrido entre Valladolid y Ourense. Además, elimina la distorsión derivada de incorporar en el ACB únicamente la vertiente de los costes de esta parte del trazado, sin contemplar simultáneamente los beneficios que puedan producirse por la utilización de esta infraestructura para los desplazamientos intracomunitarios.

procede de los efectos directos, con un 99% de los beneficios, mientras que los efectos indirectos apenas representan el 1%. Dentro de los efectos directos los principales beneficios recaen sobre los usuarios y en particular sobre el tráfico desviado que representa el 69% de los beneficios totales, frente al 8% aproximadamente del tráfico generado. La siguiente partida en orden de importancia procede de los efectos sobre los ingresos y costes de los operadores de transporte que representa aproximadamente el 22% de los beneficios totales. Esta situación se reproduce de manera similar en cada uno de los escenarios contemplados.

Cuadro 6. Beneficios sociales del TAV (millones de euros del 2000)

		TRAZADO SUR (Zamora)				TRAZADO NORTE (León)					
		Precio AVE		Precio AVE + 25%		Precio AVE		Precio AVE + 25%			
		3,00%	2,00%	3,00%	2,00%	3,00%	2,00%	3,00%	2,00%		
Efectos directos	Usuarios	Desviados	13.250,72	17.453,95	12.120,94	15.965,52	13.465,63	17.738,36	12.048,50	15.871,48	
		Generados	1.624,13	2.088,75	1.421,12	1.827,66	1.734,40	2.230,56	1.507,98	1.624,13	
	Operadores	Ingresos	TAV-Coche	1.518,05	1.999,38	1.320,24	1.738,85	1.530,31	2.015,52	926,84	1.220,71
			TAV-Avión	-170,30	-224,29	-118,58	-156,18	-53,92	-71,01	-34,40	-45,31
			TAV-Bus	299,92	395,02	276,38	364,01	296,12	390,01	207,45	273,23
			TAV-Tren	94,86	124,94	117,25	154,43	130,49	171,86	162,53	214,06
			TAV Generados	1.334,51	1.716,27	1.430,42	1.839,62	1.321,88	1.700,04	1.303,54	1.676,44
		Ahorro Costes	Coche	888,69	1.170,47	615,45	810,60	723,30	952,64	354,70	467,16
			Avión	30,85	40,63	-15,56	-20,49	-18,67	-24,59	-53,93	-71,02
			Bus	91,24	112,96	67,37	82,06	81,44	90,23	46,42	47,75
			Tren	220,42	283,48	220,42	283,48	220,42	283,48	220,42	283,48
			AENA	-79,37	-104,53	-69,08	-90,99	-68,39	-90,08	-60,58	-79,78
	Efectos indirectos	Ambientales	13,89	18,29	10,44	13,74	11,02	14,51	6,90	9,08	
		Accidentes	195,95	245,18	137,32	167,95	158,30	182,04	77,51	82,75	
Total de beneficios		19.313,56	25.340,59	17.534,13	22.999,84	19.532,95	25.627,86	16.713,87	21.922,11		

El cuadro 7 recoge la cuantía de cada una de las partidas que componen los costes del proyecto. Para una tasa de descuento del 3% y tomando como referencia una tarifa similar a la del AVE el volumen global de estos costes asciende a 9.680 M € en el *itinerario Sur* y 9.827 M € en el *trazado Norte*. La mayor parte de estos costes va destinada a la inversión en infraestructura ya que absorbe el 62% aproximadamente de los recursos que emplea este proyecto, resultando más caro el *itinerario Norte* al presentar una longitud superior a la alternativa Sur. Esta diferente extensión hace también que el coste de mantenimiento y de material rodante resulten mayores en el

itinerario Norte. Sin embargo, el coste de explotación resulta superior en el *trazado Sur* debido a la mayor demanda de usuarios de largo recorrido. Evidentemente el escenario de construcción del TAV suponiendo que existe la red interior gallega reduce significativamente los costes de construcción.

Cuadro 7. Costes sociales del TAV (millones de euros del 2000)

		TRAZADO SUR (Zamora)				TRAZADO NORTE (León)			
		Precio AVE		Precio AVE + 25%		Precio AVE		Precio AVE + 25%	
		3,00%	2,00%	3,00%	2,00%	3,00%	2,00%	3,00%	2,00%
Costes	Infraestructura	5.832,16	5.876,76	5.832,16	5.876,76	6.126,48	6.195,32	6.126,48	6.195,32
	Material rodante	201,98	232,99	183,54	212,51	348,46	402,19	272,08	314,22
	Mantenimiento	741,81	948,81	741,81	948,81	893,31	1.142,58	893,31	1.142,58
	Explotación	2.904,76	3.825,78	2.280,48	3.002,93	2.459,53	3.231,24	1.683,46	2.211,86
Total de costes	Con Galicia	9.680,71	10.884,33	9.037,98	10.041,01	9.827,77	10.971,32	8.975,33	9.863,98
	Sin Galicia	6.307,67	7.396,90	5.664,94	6.553,58	6.454,73	7.483,89	5.602,29	6.376,55

El cuadro 8 resume los valores de los principales criterios de decisión del ACB, como son, el Valor Actualizado Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR). A la vista de estos valores, la primera conclusión a destacar es que la realización de este proyecto contribuye a mejorar el bienestar social. Es decir, los valores positivos obtenidos en el VAN en todas las alternativas nos indican que los beneficios sociales superan a los costes. Además, obtenemos valores para la TIR lo suficientemente altos como para considerar que están por encima de la tasa de descuento social. En cualquier caso, la decisión sobre la realización o no de este proyecto queda condicionada a un planteamiento más global que debería tener en cuenta la rentabilidad de posibles proyectos alternativos que compiten por los recursos destinados a financiar este proyecto. De este modo, deberían tener prioridad esas otras alternativas siempre y cuando generasen mayor VAN o TIR que el proyecto analizado.

Cuadro 8. Resultados de los criterios de decisión del ACB para el TAV Galicia-Madrid

(millones de euros del 2000)

		TRAZADO SUR (Zamora)				TRAZADO NORTE (León)			
		Precio AVE		Precio AVE + 25%		Precio AVE		Precio AVE + 25%	
		3,00%	2,00%	3,00%	2,00%	3,00%	2,00%	3,00%	2,00%
VAN	Con Galicia	9.632,86	14.456,25	8.496,16	12.958,82	9.705,18	14.656,53	7.738,55	12.058,13
	Sin Galicia	13.005,89	17.943,69	11.869,19	16.446,26	13.078,22	18.143,97	11.111,58	15.545,56
TIR	Con Galicia	7,65%		6,59%		6,97%		6,23%	
	Sin Galicia	12,83%		11,41%		11,50%		10,56%	

En segundo lugar, cuando comparamos las alternativas constatamos que, a pesar de que el *recorrido Norte* afecta a mayor población residente y presenta mayor potencial de atracción y generación de viajes, es el *recorrido Sur* el que muestra una mayor tasa interna de rentabilidad sea cual sea la política de precios (7,65% o 6,59 % del recorrido por Zamora frente al 6,97% o 6,23% del recorrido por León para las políticas de precios del AVE o superior). Ahora bien, si tenemos en cuenta el VAN observamos valores muy parecidos en ambos casos para la política de precios del AVE. Con una tasa de descuento próxima al 3% aparece una situación prácticamente indiferente entre los dos trazados (9.633 millones de euros de beneficio social en el caso del trazado sur frente a los 9.705 millones en el itinerario norte). Si bien, el análisis de sensibilidad que proporcionan las tasas de actualización permite ver que a medida que el presente se valora más que el futuro, y por lo tanto, la tasa aumenta, el *recorrido sur* pasa a ser el generador de mayor VAN. Por otra parte, a medida que aumentamos los precios la pérdida de beneficios del *corredor Norte*, derivada de la reducción en la demanda, es superior a la del *corredor Sur* por lo que, sea cual sea, la tasa de descuento utilizada el *trazado Sur* domina al *Norte*.²⁸

La comparación entre estos itinerarios se puede reforzar con otros indicadores como son el ratio beneficio/coste o el pay-back. Si calculamos el ratio beneficio social sobre costes totales el itinerario sur es el que alcanza mayor beneficio por unidad monetaria invertida (1,99 unidades de beneficio por cada euro gastado en el trazado sur frente a 1,98 del trazado norte para una tasa de descuento del 3%). Lo mismo ocurriría si como criterio de decisión utilizásemos el pay-back, ya que la inversión *Sur* es la que rentabiliza la inversión con mayor rapidez (14 años del trazado sur frente a los 16 del norte).

²⁸ Este resultado se vuelve incuestionable cuando nos centramos únicamente en los movimientos de largo recorrido. En este caso los usuarios entre Galicia y Madrid obtienen una utilidad muy superior con el *itinerario Sur* con independencia de las tasas de descuento y la política de precios utilizada. Así, en el caso concreto de establecer una política de precios similar a la del AVE, y con una tasa de descuento del 3%, los beneficios del *trazado Norte* serían de 14.633 millones de euros del año 2000 y los del *trazado sur* ascenderían a 17.052 millones, es decir, se incrementarían un 17% respecto a los del *trazado Norte*. Esta diferencia se hace más acusada a medida que se incrementa la tarifa, llegando a suponer un 25% más en el segundo escenario de precios considerado.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se han tratado de presentar los efectos económicos de una hipotética conexión Galicia-Madrid con tecnología ferroviaria de alta velocidad. Para abordar este análisis, desde una perspectiva micro, se han identificado los potenciales colectivos afectados y, para cada uno de ellos, se ha determinado la cuantía del impacto económico que generaría esa infraestructura.

En un contexto de análisis como este, la determinación tanto de los efectos económicos directos como de los efectos indirectos, se sostiene sobre un análisis de los cambios en la demanda de transporte. En este sentido, una de las principales aportaciones de este trabajo es plantear un modelo de demanda consistente con la teoría de la utilidad que, a partir de datos de preferencias reveladas y declaradas, permite inferir el comportamiento hipotético de los agentes y determinar la demanda desviada y generada.

Una vez establecidos los cambios en la demanda de transporte se procede a la sistematización, valoración y cuantificación de los distintos costes y beneficios sociales del proyecto bajo distintos escenarios de precios, trazados y tasas de actualización.

El análisis Coste-Beneficio realizado pone de relieve la contribución de este proyecto a la mejora del bienestar social. Para los distintos escenarios planteados constatamos que los beneficios sociales superan a los costes. Por lo que se refiere a la decisión sobre el trazado, se pueden hacer varios planteamientos. En primer lugar, si consideramos que el TAV es un servicio para dar cobertura a desplazamientos de largo recorrido la recomendación a realizar, según los criterios del VAN y la TIR, se decanta claramente por el *recorrido Sur*. En segundo lugar, si consideramos que el TAV debe diseñarse para dar cobertura tanto a los usuarios de largo como a los de medio recorrido, la decisión sobre el itinerario depende de la tasa de descuento y la política de precios utilizada, si bien, de los posibles criterios de decisión tres de ellos (TIR, ratio Beneficio/Coste y pay-back) identifican a la alternativa sur como la más beneficiosa.

No obstante, a la vista de los resultados obtenidos conviene tomar alguna precaución sobre la decisión de realizar o no este proyecto. En este sentido, debemos tener en cuenta que esa decisión debería quedar condicionada al análisis de rentabilidad de posibles proyectos alternativos que compiten por los recursos destinados a financiar

este proyecto. De este modo, este proyecto tendría prioridad sobre otras alternativas siempre y cuando se asuma que es el que genera mayor VAN o TIR.

Por otra parte, los resultados obtenidos en el análisis de demanda indican que el operador ferroviario podría practicar políticas de discriminación de precios para obtener el mayor excedente posible de los usuarios por motivo de trabajo, poco sensibles a cambios en los precios, sin expulsar a los usuarios de ocio, más sensibles al precio. También explicita la necesidad de diferenciar servicios ferroviarios sin paradas para los usuarios de trabajo que valoran mucho su tiempo y servicios en los que pueda efectuarse alguna parada intermedia.

Finalmente, se puede advertir que los resultados obtenidos en este tipo de trabajo son muy sensibles a los valores otorgados a determinadas variables como son el valor del tiempo, la valoración de los accidentes, la fijación de tarifas, la tasa de descuento social, etc. En nuestro caso hemos optado por criterios de valoración prudentes aunque lo deseable sería poder disponer de valoraciones standard que permitiesen mayor homogeneidad en los resultados obtenidos con este tipo de trabajos.

Referencias bibliográficas

- Albi, E., (1989) *Introducción al Análisis Coste Beneficio*. Ministerio de Economía y Hacienda. Instituto de Estudios Fiscales. Madrid.
- Alvarez, O. y J. A. Herce (1993) “Líneas ferroviarias de alta velocidad en España”. *Revista de Economía Aplicada*. Vol 1, nº1, pp. 5-32.
- Aparicio, F. y otros (2002) *El Sector del Transporte en España*.
- Carbajo, J. C. (1991) “El coste social de los Accidentes de Carretera y la Contaminación del Aire”. *Investigaciones Económicas*, vol XV, nº2, pp. 269-285.
- Commission of the European Communities (1990) *Rail/Air Complementarity in Europe. The impact of High-Speed Train Services*. Institute of Air Transport.
- Dodgson, J. (1984) “Railways Costs and Closures” *Journal of Transport Economics and Policy*, vol XVIII, nº3, pp. 219-235.
- Doganis, R. (1995) *La Empresa Aeroportuaria*. Editorial Paraninfo.
- European Commission (1999) *EU. Transport in Figures*. Eurostat.

- Fridstrom L. y otros (1995) "The contribution of exposure, weather, daylight and randomness to the variation in accident counts". *Accident Analysis & Prevention*, nº 27 (1), pp. 1-20.
- Miller, T. R. (2000): "Variations between countries in values of statistical life". *Journal of Transport Economics and Policy*. Vol.34 (part 2), pp. 169-188.
- MOPT (1991) *Manual de evaluación de inversiones en ferrocarril de vía ancha*. Madrid.
- MOPT (1993) *Recomendaciones para la evaluación económica, coste-beneficio, de estudios y proyectos de carreteras*. Madrid.
- Owen, A. D. y G. D. A. Phillips (1987) "The Characteristics of Railway Passenger Demand". *Journal of Transport Economics and Policy*. Vol XXI, nº3. pp.231-253.
- Pérez Touriño E. y otros (1998) *Los efectos económicos de las autovías de Galicia*. Instituto de Estudios Económicos. Fundación Pedro Barrié de la Maza.
- RENFE (2001) *Informe Anual*. U.N. grandes líneas. Unidad de Mercado Noroeste.
- Riera P. (1997) *Estudi dels efectes econòmics i socials dels túnels de Vallvidrera*. TABASA.
- Rus, G. de (2001) *Análisis Coste-Beneficio*. Ariel Economía.
- Rus, G. y V. Inglada (1993) "Análisis coste-beneficio del tren de alta velocidad". *Revista de Economía Aplicada*. Vol 1, nº 3, pp. 27-48.
- Xunta de Galicia (2000) *Accesos a Galicia. A Alta Velocidade*. Dirección Xeral de transportes.

Relación de Documentos de Trabajo publicados

- 9901 Philippe Polomé: Experimental Evidence on Voting Manipulation in Referendum Contingent Valuation with Induced Value
- 9902 Xosé M. González e Daniel Miles: Análisis Envolvente de Datos: Un Estudio de Sensibilidad
- 9903 Philippe Polomé: Combining contingent valuation and revealed preferences by simulated maximum likelihood
- 9904 Eva Rodríguez: Social value of health programs: is the age a relevant factor?
- 9905 Carlos Gradín e M^a Soledad Giráldez: Incorporación laboral de la mujer en España: efecto sobre la desigualdad en la renta familiar
- 9906 Carlos Gradín: Polarization by sub-populations in Spain, 1973-91
- 9907 Carlos Gradín: Polarization and inequality in Spain: 1973-91
- 0001 Olga Alonso e José María Chamorro: How do producer services affect the location of manufacturing firms?. The role of information accessibility
- 0002 Coral del Río Otero: Desigualdad Intermedia Paretiana
- 0003 Miguel Rodríguez Méndez: Margins, Unions and the Business Cycle in High and Low Concentrated Industries
- 0004 Olga Alonso Villar: Large metropolies in the Third World: an explanation
- 0005 Xulia González e Daniel Miles: Wage Inequality in a Developing Country: Decrease of Minimum Wage or Increase of Education Returns
- 0006 Daniel Miles: Infrecuencia de las Compras y Errores de Medida
- 0007 Lucy Amigo: Integración de los Mercados de Cambio: Análisis rentabilidad-riesgo de la cotización Peseta/Dólar
- 0008 Eduardo L. Giménez e Manuel González-Gómez: Efficient Allocation of Land Between Productive Use and Recreational Use.
- 0009 Manuel González-Gómez, P. Polomé e A. Prada Blanco: Sesgo sobre la Información Obtenida y la Estimación de Beneficios en Entrevistas a Visitantes de un Espacio Natural
- 0010 M. Xosé Vázquez Rodríguez e Carmelo León: Preferencias Imprecisas y Contexto en la Valoración de Cambios en la Salud.
- 0011 Begoña Alvarez: Can we Identify Fraudulent Behaviour?. An Application to Sickness Absence in Spain
- 0012 Xulia González, Xosé M. González e Daniel Miles: La Transición de la Universidad al Trabajo: una Aproximación Empírica.
- 0013 Olga Cantó: Climbing out of poverty, Falling back in: Low Incomes' Stability in Spain
- 0101 Arancha Murillas: Investment and Development of Fishing Resources: A Real Options Approach
- 0102 Arancha Murillas: Sole Ownership and Common Property Under Management Flexibility: Valuation, Optimal Exploitation and Regulation
- 0103 Olga Alonso Villar; José-María Chamorro Rivas e Xulia González Cerdeira: An análisis of the Geographic Concentration of Industry in Spain
- 0104 Antonio Molina Abrales e Juan Pinto-Clapés: A Complete Characterization of Pareto Optimality for General OLG Economies
- 0105 José María Chamorro Rivas: Communications technology and the incentives of firms to suburbanize
- 0106 Luci Amigo Dobaño e Francisco Rodríguez de Prado: Incidencia del efecto día en los valores tecnológicos en España

- 0107 Eva Rodríguez-Míguez; C. Herrero e J. L. Pinto-Prades: Using a point system in the management of waiting lists: the case of cataracts
- 0108 Xosé M. González e D. Miles: Análisis de los incentivos en el empleo público
- 0109 Begoña Álvarez e D. Miles: Gender effect on housework allocation: evidence from spanish two-earned couples
- 0110 Pilar Abad: Transmisión de volatilidad a lo largo de la estructura temporal de swaps: evidencia internacional
- 0111 Pilar Abad: Inestabilidad en la relación entre los tipos forward y los tipos de contado futuros en la estructura temporal del mercado de swaps de tipos de interés
- 0112 Xulia González, Consuelo Pazó e Jordi Jaumandreu: Barriers to innovation and subsidies effectiveness
- 0201 Olga Cantó, Coral del Río e Carlos Gradín: What helps households with children in leaving poverty?: Evidence from Spain in contrast with other EU countries
- 0202 Olga Alonso-Villar, José María Chamorro-Rivas e Xulia González: Agglomeration economies in manufacturing industries: the case of Spain
- 0203 Lucy Amigo Dobaño, Marcos Álvarez Díaz e Francisco Rodríguez de Prado: Efficiency in the spanish stock market. A test of the weak hypothesis based on cluster prediction technique
- 0204 Jaime Alonso-Carrera e María Jesús Freire-Serén: Multiple equilibria, fiscal policy, and human capital accumulation
- 0205 Marcos Álvarez Díaz e Alberto Álvarez: Predicción no-lineal de tipos de cambio. Aplicación de un algoritmo genético
- 0206 María J. Moral: Optimal multiproduct prices in differentiated product market
- 0207 Jaime Alonso-Carrera y Baltasar Manzano: Análisis dinámico del coste de bienestar del sistema impositivo español. Una explotación cuantitativa
- 0208 Xulia González e Consuelo Pazó: Firms' R&D dilemma: to undertake or not to undertake R&D
- 0209 Begoña Álvarez: The use of medicines in a comparative study across European interview-based surveys
- 0210 Begoña Álvarez: Family illness, work absence and gender
- 0301 Marcos Álvarez-Díaz e Alberto Álvarez: Predicción no-lineal de tipos de cambio: algoritmos genéticos, redes neuronales y fusión de datos
- 0302 Marcos Álvarez-Díaz, Manuel González Gómez e Alberto Álvarez: Using data-driven prediction methods in a hedonic regression problem
- 0303 Marcos Álvarez-Díaz e Lucy Amigo Dobaño: Predicción no lineal en el mercado de valores tecnológicos español. Una verificación de la hipótesis débil de eficiencia
- 0304 Arancha Murillas Maza: Option value and optimal rotation policies for aquaculture exploitations
- 0305 Arancha Murillas Maza: Interdependence between pollution and fish resource harvest policies
- 0306 Abad, Pilar: Un contraste alternativo de la hipótesis de las expectativas en Swaps de tipos de interés
- 0307 Xulio Pardellas de Blas e Carmen Padín Fabeiro: A tourist destination planning and design model: application to the area around the Miño river in the south of Galicia and the north of Portugal
- 0308 Lucy Amigo Dobaño e Francisco Rodríguez de Prado: Alteraciones en el comportamiento bursátil de las acciones de empresas tecnológicas inducidas por el vencimiento de derivados

- 0309** Raquel Arévalo Tomé e José-María Chamorro-Rivas: A Quality Index for Spanish Housing
- 0310** Xulia González e Ruben Tansini: Eficiencia técnica en la industria española: tamaño, I+D y localización
- 0311** Jaime Alonso Carrera e José-María Chamorro Rivas: Environmental fiscal competition under product differentiation and endogenous firm location
- 0312** José Carlos Álvarez Villamarín, M^a José Caride Estévez e Xosé Manuel González Martínez: Demanda de transporte. Efectos del cambio en la oferta ferroviaria del corredor Galicia-Madrid
- 0313** José Carlos Álvarez Villamarín, M^a José Caride Estévez e Xosé Manuel González Martínez: Análisis coste-beneficio de la conexión Galicia-Madrid con un servicio de Alta Velocidad.