

# EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE TRANSPORTE

## MANUAL

23 AGOSTO 2010



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL  
Y MARINO

**CEDEX**  
CENTRO DE ESTUDIOS  
Y EXPERIMENTACIÓN  
DE OBRAS PÚBLICAS

Puede encontrarse más información en la página web:

[www.evaluaciondeproyectos.es](http://www.evaluaciondeproyectos.es),

donde se encuentran publicados todos los documentos de trabajo relacionados con este **MANUAL**



**Proyecto: EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS DE TRANSPORTE**

Con la subvención del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)

Ministerio de Fomento

Ref. PT-2007-001-02IAPP

## Resumen

---

Este **MANUAL** de evaluación económica es el resultado del proyecto de investigación titulado **Evaluación socioeconómica y financiera de proyectos de transporte** (PT2007-001-IAPP) financiado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del Ministerio de Fomento dentro de la convocatoria para el año 2007 de la concesión de ayudas para la realización de proyectos de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica, ligadas al Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte, en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-2007 (BOE 16 de abril de 2007).



## **Investigadores participantes en el proyecto**

---

<b>Ginés de Rus (Director)</b>	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
<b>Ofelia Betancor</b>	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
<b>Javier Campos</b>	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
<b>Juan Luis Eugenio</b>	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
<b>Pilar Socorro</b>	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
<b>Anna Matas</b>	Universidad Autónoma de Barcelona
<b>Josep Lluís Raymond</b>	Universidad Autónoma de Barcelona
<b>Mar González-Savignat</b>	Universidad de Vigo
<b>Raúl Brey</b>	Universidad Pablo de Olavide
<b>Gustavo Nombela</b>	Fundación de Estudios de Economía Aplicada
<b>Juan Benavides</b>	Universidad de Los Andes (Colombia)

## **Ayudantes de investigación y colaboradores**

---

<b>Jorge Valido</b>	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
<b>Aday Hernández</b>	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
<b>José Francisco Expósito</b>	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
<b>Ancor Suárez</b>	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
<b>María Cabrera</b>	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
<b>Agustín Alonso</b>	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
<b>Enrique Moral</b>	Centro de Estudios Monetarios y Financieros
<b>Adriana Ruíz</b>	Universidad Autónoma de Barcelona
<b>Ricardo Demellas</b>	Universidad Autónoma de Barcelona



## **Coordinador del proyecto con el CEDEX**

---

**Alberto Compte**

Centro de Estudios y Experimentación de Obras  
Públicas (CEDEX)



### **Asesores científicos externos**

---

<b>Ángel Aparicio</b>	Universidad Politécnica de Madrid
<b>Massimo Florio</b>	Universidad de Milán
<b>Andrés Gómez-Lobo</b>	Universidad de Chile
<b>Per-Olov Johansson</b>	Stockholm School of Economics
<b>Andrea Mairate</b>	Comisión Europea
<b>Chris A. Nash</b>	Universidad de Leeds
<b>Mateo Turró</b>	Universidad Politécnica de Cataluña



## Principales abreviaturas y símbolos utilizados

---

$p$	Precio
$q$	Cantidad
$g$	Precio generalizado
$v$	Valor del tiempo
$\tau$	Tiempo (total) de viaje
$\theta$	Valoración monetaria de la calidad
$K$	Capital (factor productivo)
$L$	Trabajo (factor productivo)
$N$	Recursos naturales u otros recursos
$E$	Equipo móvil (vehículos)
$R$	Consumo de energía y repuestos
$C_S$	Costes sociales del transporte
$C_P$	Costes de los productores
$C_U$	Costes de los usuarios
$C_{RS}$	Costes del resto de sociedad
$VAN$	Valor Actual Neto
$VAN_S$	Valor Actual Neto Social
$VAN_F$	Valor Actual Neto Financiero
$t$	Cada uno de los períodos de tiempo en que se divide el proyecto (años)
$T$	Duración total del proyecto
$\Delta BS_t$	Cambio en los beneficios sociales (en el período $t$ )
$\Delta BP_t$	Cambio en los beneficios privados (en el período $t$ )
$I$	Tasa de descuento (real)
$i_n$	Tasa de descuento (nominal)
$\phi$	Tasa de inflación
$TIR$	Tasa interna de retorno
$F_{VAN}$	Función de distribución del $VAN$
$X$	Valor de $VAN_F$ exigible como mínimo a un proyecto
$ES$	Excedente social
$EC$	Excedente de los consumidores o usuarios
$EP$	Excedente de los productores
$EG$	Excedente de los contribuyentes
$ERS$	Excedente del resto de sociedad



## Contenidos

---

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>9</b>
2.1. ¿QUÉ ES UN PROYECTO DE TRANSPORTE?.....	9
Determinación de los efectos de un proyecto .....	9
Efectos indirectos y efectos económicos adicionales .....	11
2.2. ELEMENTOS EN LA DEFINICIÓN DE UN PROYECTO DE TRANSPORTE .....	14
Diagnóstico de la situación inicial .....	14
Definición de alternativas relevantes .....	15
La elección del caso base.....	16
Identificación de los agentes afectados.....	17
<b>3. CRITERIOS DE DECISIÓN .....</b>	<b>21</b>
3.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA VS. EVALUACIÓN FINANCIERA .....	21
3.2. HERRAMIENTAS DE DECISIÓN .....	23
El valor actual neto .....	24
Comparación interpersonal .....	26
Comparación intertemporal .....	27
La elección de la tasa social de descuento .....	29
3.3. ADOPCIÓN DE DECISIONES.....	30
Tipos de decisiones y procedimientos de decisión .....	30
Criterios de decisión sin incertidumbre .....	31
Criterios de decisión bajo incertidumbre .....	33
<b>4. MÉTODOS DE CÁLCULO DE LOS CAMBIOS EN EL BIENESTAR SOCIAL.....</b>	<b>39</b>
4.1. EL ENFOQUE DE LOS RECURSOS PRODUCTIVOS .....	39
Los costes sociales del transporte .....	40
La disposición a pagar de los usuarios.....	43
La determinación del cambio en el bienestar social .....	45
4.2. EL ENFOQUE DEL CAMBIO EN LOS EXCEDENTES.....	48
El excedente de los usuarios .....	48
El excedente de los productores.....	49
El excedente de los contribuyentes y del resto de sociedad.....	49

La determinación del cambio en el bienestar social .....	51
4.3. EFICIENCIA Y EQUIDAD EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS.....	52
<b>5. IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS Y COSTES SOCIALES .....</b>	<b>55</b>
5.1. LOS COSTES DE INVERSIÓN .....	55
El valor terminal de un proyecto de inversión .....	57
5.2. CAMBIOS EN LOS COSTES DE LOS PRODUCTORES .....	59
5.3. CAMBIOS EN LOS COSTES DE LOS USUARIOS .....	60
Ahorros de tiempo y disposición a pagar.....	60
El problema de capacidad.....	61
Mejoras en la calidad de los servicios existentes .....	63
5.4. CAMBIOS EN LOS EFECTOS EXTERNOS .....	63
Externalidades negativas .....	63
La congestión como externalidad .....	66
El coste de los accidentes .....	67
<b>6. CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE BENEFICIOS Y COSTES SOCIALES .....</b>	<b>69</b>
6.1. MÉTODOS Y CRITERIOS GENERALES DE VALORACIÓN.....	69
6.2. VALORACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS COSTES DE INVERSIÓN .....	71
6.3. LOS AHORROS DE TIEMPO Y LAS DISPOSICIONES A PAGAR .....	71
Ahorros de tiempo y problemas de capacidad .....	74
6.4. LOS COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	78
6.5. EL VALOR DE UNA VIDA ESTADÍSTICA .....	80
6.6. LAS EXTERNALIDADES MEDIOAMBIENTALES .....	82
Ruido .....	83
Contaminación del aire .....	85
Paisaje.....	87
Contaminación del suelo .....	88
Contaminación del agua .....	88
Cambio climático.....	88
Vibraciones.....	89

<b>7. CONSIDERACIONES FINALES .....</b>	<b>91</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexo I: PREDICCIÓN DE LA DEMANDA EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSPORTE .....</b>	<b>97</b>
I.1. EL MODELO DE DEMANDA .....	97
I.2. MODELOS DE PREDICCIÓN DE TRÁFICO .....	101
El modelo tendencial .....	101
El modelo econométrico de regresión .....	101
El modelo de elección modal.....	102
I.3. PREDICCIÓN A PARTIR DE VALORES RECOMENDADOS Y ELASTICIDADES.....	104
I.4. INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LA PREDICCIÓN DE LA DEMANDA .....	105
I.5. MODELOS DE DEMANDA Y PREDICCIÓN EN ESPAÑA .....	106
I.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
I.7. REFERENCIAS .....	109
<b>Anexo II: LA VALORACIÓN DE LOS EFECTOS EXTERNOS EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS.....</b>	<b>111</b>
II.1. EL VALOR ECONÓMICO DE LOS EFECTOS EXTERNOS.....	111
II.2. TÉCNICAS BASADAS EN MERCADOS RELACIONADOS .....	112
Método del comportamiento desviatorio .....	112
Método del coste del viaje (MCV) .....	113
Método de los precios hedónicos (MPH) .....	115
II.3. TÉCNICAS BASADAS EN MERCADOS HIPOTÉTICOS .....	117
Método de valoración contingente (MVC).....	118
Modelos basados en elecciones multiatributo.....	120
II.4. REFERENCIAS .....	123
<b>Anexo III: EQUIDAD E IMPACTOS TERRITORIALES EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS.....</b>	<b>125</b>
III.1. EQUIDAD DISTRIBUTIVA .....	125

III.2. EQUIDAD ESPACIAL .....	126
III.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA EQUIDAD EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE .....	127
Método de los precios hedónicos.....	128
Métodos dependientes del ACB .....	128
Métodos de evaluación conjunta .....	129
III.4. REFERENCIAS .....	132
<b>Anexo IV. DISEÑO INSTITUCIONAL Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS.....</b>	<b>133</b>
IV.1. DISEÑO INSTITUCIONAL Y FINANCIACIÓN DE PROYECTOS .....	134
IV.2. LOS CONTRATOS DE CONCESIÓN .....	138
IV.3. REFERENCIAS .....	141

## 1. INTRODUCCIÓN

La evaluación económica de un proyecto de transporte tiene por objeto identificar y cuantificar cuál es la contribución de dicho proyecto al bienestar de la sociedad. Este **MANUAL** plantea la necesidad de que las inversiones públicas en infraestructuras y servicios de transporte sean evaluadas aplicando un análisis coste-beneficio. La existencia de un claro coste de oportunidad de los recursos exige que se examine si lo que obtiene la sociedad con el proyecto excede lo que podría haber obtenido en otra aplicación. Por ello, el **MANUAL** está redactado para su uso por economistas, ingenieros y otros profesionales de la Administración Pública y, aunque se ha procurado definir con claridad la metodología propuesta, se presupone que el evaluador tiene conocimientos básicos de economía.

El **sistema de transporte** de una sociedad puede ser analizado desde dos puntos de vista; por un lado, puede verse como un conjunto de relaciones técnicas mediante las que se busca la manera más *efectiva* de utilizar los recursos productivos de los que dispone la sociedad para mover personas y mercancías entre distintos lugares y, por otro lado, se trata también de un conjunto de relaciones económicas cuya finalidad es que dichos movimientos se realicen además de la forma más *eficiente*, es decir, asignando esos recursos de manera que las personas que forman parte de dicha sociedad alcancen, en su conjunto, el máximo bienestar posible.

Ambas perspectivas son complementarias y de su integración dependerá que la sociedad disponga de un sistema de transporte que satisfaga adecuadamente sus necesidades. Esta integración se realiza a través de los **mercados de transporte**, donde los distintos agentes sociales que ofertan y demandan sus infraestructuras y servicios interaccionan dentro del conjunto de posibilidades de intercambio que les ofrece la tecnología existente en cada momento y del marco institucional mediante el que se regulan las relaciones que se establecen entre ellos.

El resultado concreto de esa interacción es una asignación particular de los recursos productivos de la sociedad que adopta la forma de determinados niveles de provisión y uso de las infraestructuras y servicios de transporte, que conduce a su vez a cierto nivel de bienestar social. Esta situación inicial (*sin proyecto*) varía a lo largo del tiempo, bien por la propia evolución natural del comportamiento de los agentes en los mercados, o bien como resultado de intervenciones sobre los mismos.

El término **proyecto de transporte** se refiere a cualquier tipo de intervención en un mercado de transporte que, al modificar la situación inicial sin proyecto, cambia el bienestar de los agentes sociales afectados y, por tanto, el nivel de bienestar global de la sociedad. Todo proyecto de transporte trata de conseguir unos determinados resultados en el funcionamiento del sistema de transporte. Obviamente, la persecución de unos mismos resultados puede acometerse a través de varios proyectos de transporte alternativos. Aunque tradicionalmente este concepto se ha reservado para proyectos de inversión en infraestructuras, existen muchos otros tipos de actuaciones (sobre la política de precios, regulación, las condiciones de prestación de los servicios, etc.) que pueden

analizarse desde la misma perspectiva, esto es, valorando su *contribución al funcionamiento eficiente* del sistema de transporte.

Todos estos proyectos de transporte comparten una característica común: cuando se destinan recursos para la ejecución de cualquiera de ellos, se está renunciando al mismo tiempo a los beneficios que se habrían obtenido si esos recursos se hubieran dedicado a otras necesidades. Así, teniendo en cuenta el hecho de que los recursos disponibles en cualquier sociedad son limitados y sus usos son excluyentes, resulta evidente que – antes de aprobar un proyecto – deberían compararse los beneficios que se esperan obtener del mismo con su **coste de oportunidad**. Si los beneficios sociales de un proyecto de transporte superan a aquellos beneficios a los que la sociedad renuncia en la mejor alternativa disponible, entonces puede afirmarse que dicho proyecto contribuye a aumentar el bienestar social.

La evaluación no sólo resulta útil *ex ante*, sino también cuando el proyecto se encuentra aún en ejecución (*in media res*), o incluso cuando ya ha concluido (*ex post*). En estos casos no se trataría de decidir si se lleva a cabo o no el proyecto, sino si éste debe modificarse al disponer de nueva información, o de extraer lecciones que pudieran mejorar el diseño de proyectos futuros, respectivamente. De nuevo, el objetivo de la evaluación *desde el punto de vista de la eficiencia* sería aumentar **el bienestar de la sociedad, evitando que ésta eligiera las asignaciones de recursos menos deseables**.

Por otra parte, el funcionamiento de los mercados de transporte conlleva siempre, además de un determinado nivel de bienestar asociado a la eficiencia en la asignación de los recursos, una distribución particular de la renta que es obtenida por los propietarios de los mismos. Esta distribución implica la existencia de grupos de personas o territorios con diferentes niveles de renta y, en muchas ocasiones, la sociedad puede considerar que los efectos redistributivos asociados a tal reparto no son los adecuados. Cuando esto ocurre, es posible plantear proyectos de transporte que persigan una nueva distribución personal o espacial de la renta.

Sin embargo, la evaluación de proyectos *desde el punto de vista de la equidad* casi siempre resulta más compleja debido a las propias dificultades que existen para alcanzar un consenso en la definición y tratamiento de dicho concepto. Por esta razón, **es el objetivo de eficiencia el que predomina** generalmente en todos los procesos de **evaluación económica**. Aun así, cuando el proyecto tenga un impacto considerable sobre la equidad, toda evaluación debería intentar – en la medida de lo posible – medir los beneficios y costes que obtiene cada uno de los distintos agentes sociales que participa o se ven afectados por un proyecto de transporte.

Esto facilitaría, por ejemplo, diseñar potenciales actuaciones compensatorias que mitigasen el daño sufrido por determinados grupos o territorios como consecuencia de proyectos socialmente deseables, o incluso establecer mecanismos que vinculasen la contribución de cada uno de esos agentes a un proyecto en función de los beneficios y costes obtenidos del mismo.

El **análisis coste-beneficio** es una técnica de análisis que permite realizar la evaluación económica de proyectos expresando sus beneficios y costes en una unidad común, que incorpora la intensidad de las preferencias de los individuos en la sociedad con respecto a los bienes y servicios en un sentido amplio. Estas preferencias se pueden expresar en valores monetarios ya que los economistas han desarrollado técnicas para medir estas preferencias en equivalencias monetarias.

De hecho, el análisis coste-beneficio ha tenido particularmente una aplicación muy fructífera en el ámbito del transporte, ya que asignar valores monetarios a los beneficios y costes de un proyecto de transporte resulta generalmente más sencillo y menos controvertido en este campo que con otro tipo de políticas o proyectos.

No obstante, los mercados de transporte se caracterizan por una elevada heterogeneidad, vinculada al hecho de que se encuentran organizados por modos (terrestre, aéreo y marítimo) cuyas características técnicas y reglas de funcionamiento son, a menudo, muy diferentes. Esto hace que los tipos de intervención que puedan plantearse en estos mercados sean también muy diversos. Los proyectos de transporte abarcan desde la construcción o ampliación de diferentes tipos de infraestructuras (carreteras, ferrocarriles, puertos o aeropuertos) hasta la modificación de determinados servicios de transporte (implementación de alta velocidad ferroviaria, supresión o creación de líneas de transporte regular, etc.), incluyendo cambios en políticas tarifarias u otras medidas relacionadas con la seguridad o la calidad de los servicios, o incluso cualquier combinación de todas las anteriores, ya sea dentro de un mismo modo o en varios de ellos conjuntamente.

A pesar de esta diversidad, la evaluación económica de la mayoría de los proyectos de transporte puede abordarse a partir de unos **principios comunes** que permiten valorar y cuantificar su contribución al bienestar social desde el punto de vista de la eficiencia y, en su caso, de la equidad. Estos principios de carácter general **pueden adaptarse a cualquier proyecto concreto**, proporcionando así un procedimiento comparable y un marco común de referencia que permita analizar el funcionamiento del sistema de transporte en cualquier sociedad.

En la actualidad es posible encontrar numerosos manuales y guías de referencia en los que distintas instituciones nacionales e internacionales han establecido los criterios a utilizar para la evaluación económica de los proyectos de transporte que les competen. El punto de partida en la mayoría de estos documentos consiste en dividir el proceso de evaluación en varias etapas – no siempre con el mismo grado de agregación u orden de realización – que abarcan desde la definición del proyecto hasta la adopción de una decisión sobre el mismo. A partir de aquí, cada manual presenta un conjunto de orientaciones generales y reglas prácticas que permiten llevar a cabo la evaluación de cada proyecto de transporte en particular.<sup>1</sup>

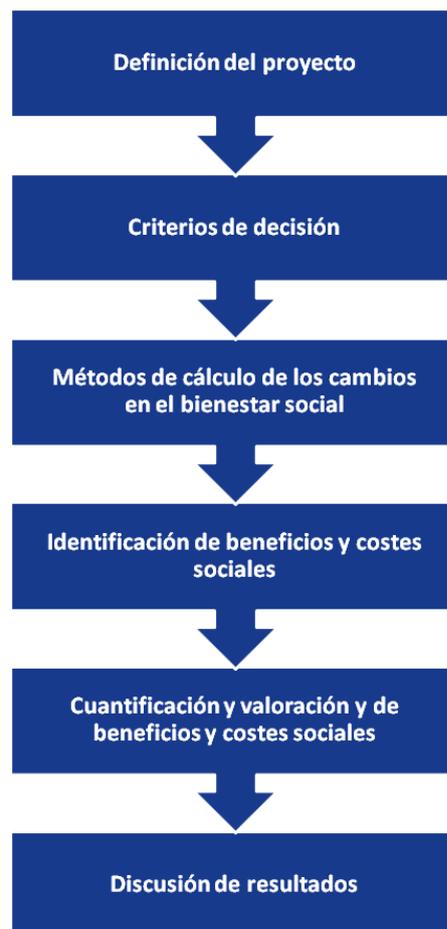
---

<sup>1</sup> En el documento de trabajo *Manuales y procedimientos para la evaluación de proyectos de transporte*, se realiza una revisión crítica de estos manuales. Entre ellos destacaríamos, por ejemplo, **BEI (2007)** y **Comisión Europea (2008)**.

Aunque muchos de estos principios son bien conocidos en el análisis coste-beneficio, existen todavía algunas diferencias notables en su aplicación a determinados aspectos de la evaluación económica de los proyectos de transporte. Estas diferencias abarcan cuestiones relacionadas con los propios objetivos del proceso, con la definición del proyecto o los métodos de cálculo de beneficios y costes. También existen distintos tratamientos de los efectos directos e indirectos, de los beneficios y costes medioambientales o de la incertidumbre asociada a cada proyecto. Igualmente, no resulta frecuente encontrar recomendaciones específicas sobre los problemas de predicción de demanda o de falta de capacidad de las infraestructuras, así como una discusión detallada del papel desempeñado por las consideraciones de equidad y de diseño institucional a lo largo de todo el proceso de evaluación.

En este **MANUAL** hemos optado por dividir el proceso de evaluación económica de proyectos en las seis etapas que se ilustran en la *Figura 1.1*, las cuales definen también la estructura de este **MANUAL** a partir de esta introducción.

*Figura 1.1: El proceso de evaluación económica de proyectos*



En el *Capítulo 2* comenzamos analizando en qué consiste la **definición de un proyecto** y cómo se relaciona esta definición con el marco institucional en el que éste se formula. Se trata de identificar cuáles son los objetivos particulares de cada proyecto, es decir, formular cuáles son los problemas específicos de transporte que se pretenden resolver a través de la intervención en los mercados de transporte, dentro del contexto general establecido por la política económica de cada sociedad. La definición del proyecto implica no sólo considerar cuáles son las distintas alternativas técnicamente factibles que existen para alcanzar dichos objetivos, sino también analizar qué efectos se derivan de ellas y qué agentes están afectados en cada caso.

A partir de esta definición, en el *Capítulo 3* se discuten los **criterios de decisión** que pueden utilizarse para aceptar o rechazar proyectos de transporte. Aunque en muchos manuales esta discusión se aborda como una etapa final del proceso de evaluación, su estrecha relación con el marco institucional en el que se realiza la definición del proyecto nos permite sugerir la necesidad de que estos criterios se hagan explícitos desde el comienzo del proceso, distinguiendo claramente entre la evaluación económica (o socioeconómica)<sup>2</sup> y la evaluación financiera. Tradicionalmente, las decisiones se han basado en una comparación determinista entre los beneficios y costes que proporciona cada proyecto a lo largo del tiempo, incorporando en su caso algún tipo de análisis de sensibilidad o escenarios sobre los resultados para reflejar posibles cambios en las circunstancias generales del proyecto. Sin embargo, la experiencia demuestra que toda evaluación es una tarea compleja sometida a graves problemas de falta de información, ya sea por la incertidumbre asociada a realizaciones futuras de la demanda o los costes, al desconocimiento de determinados parámetros técnicos o económicos del proyecto por parte del evaluador o al comportamiento oportunista e impredecible de los agentes sociales participantes. Por estas razones, en este **MANUAL** se opta por incorporar la incertidumbre en el proceso de evaluación desde un principio, introduciéndola como elemento fundamental dentro de los criterios de decisión sobre proyectos de transporte.

Una vez definido el proyecto y la forma en la que se va a decidir sobre él, en la siguiente etapa (*Capítulo 4*) se abordan las implicaciones concretas que cada proyecto tiene sobre el bienestar de la sociedad. Para ello, se formulan dos aproximaciones metodológicas distintas para calcular el **cambio en el bienestar social** que se genera como resultado de cualquier intervención en los mercados de transporte. La primera aproximación consiste en realizar tal cálculo a partir del cambio que se produce en la *asignación* de los recursos productivos (y disposiciones a pagar) que los distintos agentes sociales aportan a las actividades económicas que tienen lugar en los mercados de transporte. La segunda implica analizar el cambio que se produce en los *excedentes* de dichos agentes como consecuencia de las modificaciones introducidas por el proyecto. Aunque distintas, ambas aproximaciones son equivalentes y deben conducir a la misma medición, ya que el equilibrio en cualquier mercado de transporte puede interpretarse siempre desde esa doble perspectiva.

---

<sup>2</sup> Ambos términos pueden utilizarse indistintamente, ya que lo que se comparan son beneficios y costes sociales.

Partiendo de estas dos aproximaciones metodológicas, el **Capítulo 5** aborda de forma más detallada la **identificación** de cada uno de los beneficios y costes sociales de un proyecto de transporte. En esta sección se realiza una enumeración de los beneficios y costes que, con mayor frecuencia, sería posible encontrar en cualquier proyecto de transporte, discutiéndose a continuación las principales características asociadas a cada uno de ellos, así como su incorporación a la evaluación. Entre los beneficios y costes sociales analizados se incluyen, además de los costes de inversión, los ahorros de tiempo de los usuarios existentes, los cambios en los costes de operación y mantenimiento de infraestructuras y servicios, los cambios en los costes y beneficios externos (incluyendo accidentes y efectos medioambientales), las mejoras en la calidad de los servicios prestados y el valor generado por el proyecto para los nuevos usuarios.

Cada uno de los elementos anteriores plantea a menudo problemas específicos de **cuantificación y valoración monetaria** que se abordan de manera detallada en el **Capítulo 6**. Este análisis afecta particularmente a los costes de los productores y usuarios, siendo indispensable distinguir las categorías en las que éstos se dividen para conocer las diferentes técnicas de valoración que pueden emplearse en cada caso. En algunas ocasiones resulta posible recurrir a valores de mercado, introduciendo en su caso elementos correctores que contribuyan a reflejar el impacto real del proyecto sobre el bienestar de la sociedad. En otros casos, en los bienes para los que no hay mercado (como ocurre con efectos externos, como la contaminación), el evaluador debe recurrir necesariamente a estimaciones alternativas. La transferencia de valores procedentes de otros estudios, o la realización de encuestas u otros estudios *ad hoc* se discuten también como posibilidades a considerar.

Tras la identificación, cuantificación y valoración de todos los beneficios y costes sociales del proyecto, el proceso formal de evaluación del mismo concluye con la aplicación de los criterios de decisión previamente acordados. El **Capítulo 7** se destina, por tanto, a una **reflexión final** sobre el procedimiento de evaluación, abordando, a modo de resumen, algunas cuestiones relacionadas con el marco institucional de la evaluación económica de proyectos, los posibles errores y sesgos que deberían evitarse y las recomendaciones generales y específicas para que este proceso resulte útil para el agente decisor y la sociedad en su conjunto.

Finalmente, existen algunos elementos adicionales en el proceso de evaluación económica de los proyectos de transporte que, a pesar de estar incluidos en las etapas anteriores, requieren una discusión algo más profunda y detallada que excedería de los objetivos generales del **MANUAL**. Por ello, además del material complementario y los documentos de trabajo que puede encontrarse en la página web [www.evaluaciondeproyectos.es](http://www.evaluaciondeproyectos.es), hemos optado por incluir en este **MANUAL** algunos anexos monográficos en los que se abordan específicamente las principales implicaciones de dichas cuestiones.

El **Anexo I** estudia el papel de la **predicción de la demanda** en la evaluación de proyectos. Debido a que la evidencia nos muestra errores de predicción significativos, en este apartado se ofrece una relación de los diversos elementos que debe considerar ésta con la finalidad de evitar dichos errores. En particular, partiendo de una discusión de los fundamentos del problema de

predicción de demanda, en este apartado se presentan las principales técnicas existentes para la predicción de tráfico, analizando las ventajas y desventajas de cada una de ellas en el contexto de la evaluación de proyectos.

Un segundo apartado monográfico (*Anexo II*) aborda de manera específica los procedimientos de **medición y valoración de los efectos externos**, positivos y negativos, asociados a los proyectos de transporte. A pesar de que estos efectos pueden generar variaciones notables en el bienestar, la dificultad de valorar elementos para los cuales no hay mercado (como la contaminación o el valor estadístico de la vida) puede llevar en ocasiones a la decisión de ignorarlos o estimarlos de forma incorrecta. El reto en este terreno es diferenciar los efectos que pueden razonablemente medirse y monetizarse de aquellos otros para los que una descripción cualitativa podría ser más útil que una medición poco fundamentada o una transferencia de valores obtenidos en contextos no comparables.

En el *Anexo III* se estudia de manera algo más detallada el **impacto de los proyectos de transporte sobre la equidad**, tanto referida a la distribución personal de la renta como a los efectos sobre el territorio. Hay proyectos cuyos costes y beneficios suelen repartirse entre todos los implicados sin originar problemas de equidad significativos, pero otros perjudican o benefician de manera asimétrica a distintos grupos de renta o zonas geográficas.

El último de los anexos (*Anexo IV*) incluye un análisis de dos elementos relacionados con el **diseño institucional** del proceso de evaluación que sólo se abordan de una manera muy general en las etapas anteriores. El primero, desde un punto de vista agregado, analiza la relación institucional existente entre distintos niveles de la administración pública y cómo afecta tal relación a la adecuada selección de los proyectos de transporte. El segundo, desde un punto de vista desagregado, estudia las relaciones contractuales que se establecen entre los distintos agentes que participan en un proyecto y de qué manera dichas relaciones determinan los incentivos de los agentes en su actuación con relación al proyecto. Así, el comportamiento de un concesionario de autopistas está determinado por las cláusulas relativas a ingresos y costes que aparezcan en su contrato, las cuales forman parte a su vez del proceso de evaluación.

Finalmente, debe subrayarse que el enfoque de este documento es de naturaleza económica y su objetivo último consiste en estimar el cambio en el bienestar social que se deriva de la ejecución de un proyecto. Debido a los problemas de información e incertidumbre de distinta naturaleza, la aspiración de este **MANUAL** es proporcionar al decisor de una herramienta que permita distinguir razonablemente entre los proyectos que son socialmente deseables de los que no lo son.



## 2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

### 2.1. ¿Qué es un proyecto de transporte?

Los **proyectos de transporte** afectan al funcionamiento de los mercados, bien mediante la creación o modificación de determinadas infraestructuras o bien mediante cambios en los servicios que se prestan sobre ellas. Así, la construcción de nuevas carreteras, las obras de mantenimiento o mejora de la red existente, la ampliación de puertos o aeropuertos, o la puesta en marcha de servicios de alta velocidad ferroviaria constituyen ejemplos tradicionales de proyectos de transporte. Sin embargo, también lo son – aunque sus características sean diferentes – los cambios en las políticas tarifarias o en cualquier otra condición de prestación de los servicios u operación de las infraestructuras.

---

Todo **proyecto de transporte** puede definirse como una **intervención** sobre un **mercado de transporte** que altera el equilibrio que se habría obtenido en dicho mercado y en el resto de la economía si no se hubiera producido tal intervención.

---

La evaluación de dicho proyecto consistirá entonces en un ejercicio de comparación de equilibrios a través del cual pueden valorarse los efectos del mismo para la sociedad. Evaluar es, por tanto, analizar el nivel de bienestar social que la sociedad alcanza *con* un proyecto de transporte – teniendo en cuenta todas sus implicaciones hasta el momento en que sus efectos desaparecen – en comparación con la situación *sin* proyecto, esto es, qué habría sucedido si el proyecto no se hubiese llevado a cabo.

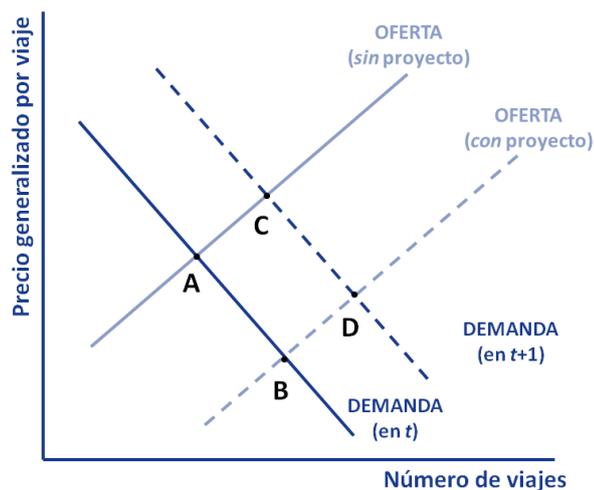
#### **Determinación de los efectos de un proyecto**

El *equilibrio* en cualquier mercado de transporte se expresa generalmente a través del número total de viajes realizados en un momento dado o la cantidad de viajeros o mercancías transportadas, así como los precios generalizados que *pagan* los usuarios y que incluyen, además de un componente monetario (precio, tasa, peaje, etc.), el tiempo de viaje y otros elemento de desutilidad como la incomodidad, el riesgo de pérdida de equipaje o de deterioro de la mercancía. La evaluación económica de ese proyecto consistirá en determinar cuáles son los efectos positivos (beneficios) y negativos (costes) de los cambios sobre el bienestar social.

Además, dado que la mayoría de las intervenciones en los mercados de transporte producen efectos **a lo largo de varios períodos de tiempo**, la comparación de equilibrios también debe realizarse en cada uno de ellos, teniendo en cuenta tanto los cambios producidos por el proyecto como los que ocurrirían en los mercados si éste no se llevara a cabo.

La evaluación económica de un proyecto de transporte debe realizarse **de manera incremental**, es decir, comparando el equilibrio alcanzado en los mercados de transporte *con proyecto* con la situación de partida en dichos mercados *sin proyecto*.

Figura 2.1: La evaluación como comparación de equilibrios



Estas ideas se ilustran en la *Figura 2.1*. Consideremos, por ejemplo, un mercado de transporte de viajeros entre dos ciudades. La demanda recoge la relación negativa que existe entre el número de viajes que los usuarios desean realizar y su precio generalizado (que incluye, entre otros componentes, las tarifas y el valor del tiempo empleado). Supondremos también que esta demanda crece a lo largo del tiempo en respuesta a cambios en factores exógenos a la misma como el aumento de la renta o el tamaño de la población. Por otro lado, consideramos que la función de oferta es creciente debido, por ejemplo, a la presencia de cierto grado de congestión que se traduce en un aumento del tiempo de viaje a medida que aumenta el número de viajes. El punto **A** refleja el equilibrio inicial (*sin proyecto*) en este mercado determinando el precio generalizado y número de viajes, producto de la intersección entre la función de demanda en el momento inicial (período  $t$ ) y la función de oferta inicial.

Supóngase ahora que en el periodo  $t$  se lleva a cabo un proyecto de transporte que permite incrementar la oferta de viajes en el mismo periodo. Gráficamente, esto implicaría en la figura anterior un desplazamiento hacia la derecha de la función de oferta inicial (oferta *con proyecto*) y un nuevo equilibrio en el mercado, definido por el punto **B**. Por tanto, los beneficios y costes sociales de este proyecto se obtendrían, para el momento  $t$ , comparando los equilibrios **A** y **B**.

Sin embargo, la medición de los efectos del proyecto no puede ignorar los cambios que se producirían en el mercado con independencia de que el proyecto se llevase a cabo. Por ejemplo, en

la figura anterior se ha representado también la función de demanda en un período posterior (en  $t + 1$ ), la cual se habría desplazado hacia la derecha. Como puede observarse, esta nueva función de demanda permite obtener en  $t + 1$  tanto un equilibrio del mercado *sin* proyecto (**C**) como un equilibrio *con* proyecto (**D**). La determinación de los efectos del proyecto en  $t + 1$  debe realizarse comparando precisamente estos dos últimos equilibrios, ya que son los que reflejan realmente las consecuencias que tiene sobre el mercado de transporte la intervención realizada en el momento  $t$ . El equilibrio representado por el punto **C** es lo que se denomina el *contrafactual*.

Este mismo procedimiento debería repetirse para determinar los efectos positivos y negativos del proyecto en cada uno de los períodos siguientes, mientras perduren las consecuencias de la intervención inicial en el mercado (hasta el último año de evaluación).

### **Efectos indirectos y efectos económicos adicionales**

Además de distribuirse a lo largo del tiempo, los efectos de un proyecto de transporte no se limitan necesariamente a los **mercados primarios** (en los que se produce la intervención) representados por la figura anterior, sino que a menudo repercuten también sobre otros mercados relacionados con el primario (**mercados secundarios**) y sobre la actividad económica global (**efectos económicos adicionales**).

---

En la determinación de los efectos de un proyecto de transporte suele distinguirse entre los **efectos directos**, los **efectos indirectos**, y los que suelen denominarse **efectos económicos adicionales**.

---

En principio, los **efectos directos** de un proyecto de transporte deben buscarse en el mercado donde se realiza la intervención, a partir de la identificación de todos los agentes afectados por ésta y, por tanto, vendrán determinados por la amplitud utilizada en la propia definición del proyecto de transporte.

Por su parte, los **efectos indirectos** aparecen en los mercados (secundarios) cuyos productos o servicios mantienen relaciones de complementariedad o sustituibilidad con los del mercado primario y en los que existe alguna distorsión que impide que el precio sea igual al coste marginal. En muchos proyectos de transporte es frecuente que cualquier intervención en un modo concreto afecte al reparto de tráfico entre los distintos modos u operadores existentes, produciendo así efectos relevantes en otros mercados de transporte en los que hay congestión, externalidades, etc., además de aquél en el que se realizó la intervención.

Además de los efectos anteriormente mencionados de *competencia* y *complementariedad intermodal* producidos en otros modos de transporte, también pueden existir efectos indirectos en otras actividades económicas que utilicen el transporte como parte de su cadena logística (por ejemplo, el turismo).

En muchos casos, los efectos indirectos pueden ignorarse si los mercados secundarios afectados son razonablemente competitivos, o existiendo distorsiones la magnitud de los efectos no es significativa. Como criterio general pueden **ignorarse los efectos indirectos siempre que en los mercados donde se producen no existan distorsiones significativas** a la libre interacción de la oferta y la demanda. El supuesto que subyace detrás de esta recomendación consiste en considerar que la contribución marginal de estos efectos al beneficio social es igual a su efecto marginal sobre el coste para la sociedad, lo cual tiende a ser correcto en la medida en que dichos mercados (de productos y factores) funcionen de manera competitiva (ausencia de distorsiones causadas por subvenciones o impuestos, inexistencia de barreras a la entrada o externalidades, etc.). Cuando esto no ocurra en algún mercado secundario en el que los efectos indirectos son significativos deberían medirse e incorporarse a la evaluación (por ejemplo, el impacto en una infraestructura aeroportuaria congestionada al construir una nueva línea ferroviaria que desvía tráfico aéreo).

Finalmente, en ocasiones también se discute si deben incluirse o no en la evaluación de un proyecto otros posibles efectos indirectos de carácter más agregado, que intentan capturar la repercusión del mismo sobre la actividad económica general, expresada en términos de “mejoras de competitividad”, “capacidad para atraer nuevas inversiones”, etc. Por el momento, no existe un criterio aceptado generalmente para el tratamiento de estos **efectos económicos adicionales**, que principalmente se asocian a factores tales como economías de escala o de aglomeración, o a las respuestas a largo plazo de los agentes sociales a las mejoras producidas en el sistema de transporte.

Resulta siempre difícil determinar *a priori* el signo y la magnitud de estos efectos, que además suelen diferir entre proyectos. Por ello, en los **proyectos pequeños** se considera preferible ignorarlos: aunque esto conlleva el riesgo de sesgar el resultado de la evaluación en el caso de que existan realmente estos efectos adicionales, hay amplio acuerdo sobre que este riesgo es compensado por la eliminación del riesgo (aún mayor) de doble contabilización y del coste del retraso en la evaluación del proyecto debido a su medición. Para grandes proyectos o para la evaluación de programas de inversión agregada puede estar justificado emprender análisis más sofisticados de carácter macroeconómico.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Esta cuestión se aborda con mayor detalle en el documento de trabajo *Efectos económicos indirectos y efectos económicos adicionales*.

- 
- Los **efectos directos** de un proyecto son los que afectan al equilibrio existente en el mercado primario y a los agentes económicos que actúan en el mismo.
  - Los **efectos indirectos** aparecen en mercados secundarios con relación de complementariedad o sustituibilidad con el mercado primario, y, generalmente, pueden ignorarse si no existen distorsiones significativas en dichos mercados.
  - Los **efectos económicos adicionales** tienen carácter agregado y su signo suele ser incierto y difícil de cuantificar con precisión, por lo que puede convenir ignorarlos en proyectos *pequeños*.
- 

Uno de los resultados más conocidos en la evaluación de proyectos de inversión en infraestructuras de transporte, es que si los efectos derivados de la mejora de los servicios de transporte repercuten en mercados de productos y servicios competitivos que utilizan dichos servicios como un *input*, podemos concentrar el esfuerzo de evaluación en el mercado de transporte afectado por el cambio, ignorando lo que ocurre en los mercados que utilizan dichos servicios.

Lo anterior no quiere decir que las empresas que utilizan los servicios de transporte en otros mercados no se beneficien del proyecto que reduce el coste de transporte, ni tampoco que los consumidores no se beneficien de precios más bajos; se trata simplemente de evitar contabilizar dos veces el mismo efecto, ya que los beneficios de la reducción de dicho coste han sido evaluados en el mercado primario de transporte.

Suponiendo que disponemos de información en ambos mercados, podemos medir el efecto en los mercados de bienes y servicios en los que se disfruta el beneficio o, alternativamente en el mercado de transporte, pero no sumar ambos (error por doble contabilización). En la práctica, es más sencillo medir el efecto en el mercado de transporte, ya que son muchas las empresas y mercados que utilizan el transporte dentro de sus propias actividades.

Evitar la doble contabilización de beneficios y costes debe ser una preocupación constante del evaluador. Esta última precaución resulta igualmente aplicable cuando se analizan los efectos de los proyectos de transporte sobre el mercado inmobiliario, ya que el valor de mercado de los terrenos, viviendas o locales comerciales se modifica cuando cambian las características de las infraestructuras y servicios de transporte que los rodean. Generalmente, estos cambios de valor tampoco deben incluirse en la evaluación de los proyectos, puesto que ya han sido medidos utilizando la demanda derivada de transporte. Su inclusión implicaría, de nuevo, incurrir en doble contabilización.

## 2.2. Elementos en la definición de un proyecto de transporte

Una vez establecidos los procedimientos que permiten determinar cuáles son los efectos directos e indirectos de un proyecto de transporte, el primer paso en su proceso de evaluación consiste en definir éste de la forma más precisa posible. Esta definición *particular* de un proyecto de transporte requiere completar al menos los cuatro elementos descritos en la *Figura 2.2*.

*Figura 2.2: Elementos en la definición de un proyecto de transporte*



### *Diagnóstico de la situación inicial*

Desde el punto de vista de la evaluación económica, se considera que la intervención en los mercados de transporte tiene su origen en el reconocimiento por parte de la sociedad de que el funcionamiento sin intervención de dichos mercados conduciría a resultados inferiores a los obtenidos con el proyecto. La mejora que supone el proyecto puede interpretarse en términos muy amplios, como la reducción de la congestión, del número y gravedad de los accidentes, etc.

Generalmente, la mayoría de las intervenciones suelen justificarse apelando a argumentos de *eficiencia*, considerando que la actual asignación de recursos es mejorable, en forma de menores precios generalizados y mejores niveles de servicio. En otras ocasiones – aunque resulte más difícil su evaluación – se aducen motivos de *equidad* para justificar los proyectos, considerando por ejemplo que es necesario proteger o favorecer a un determinado grupo social o territorio a través de unas condiciones de transporte particulares. Cualquiera que sea el motivo que se utilice para justificar el proyecto éste debe fundamentarse siempre en el diagnóstico previo de una situación de partida en la que se detectan explícitamente posibles mejoras a conseguir, ya que **un proyecto de transporte no debe constituir nunca un fin en sí mismo**, sino un medio para tratar de mejorar el bienestar de la sociedad.

Del diagnóstico anterior se deriva una restricción adicional para la definición de los proyectos de transporte: éstos deben perseguir **objetivos concretos relacionados con el funcionamiento de los mercados de transporte**, tales como la disminución de los tiempos de viaje, la reducción de los costes de transporte, o el incremento de frecuencias o capacidad ofertada. Un proyecto contribuye al bienestar social en la medida en que los beneficios que se generen al resolver un problema existente en dicho mercado superen los costes de la intervención. Si no existe el problema, difícilmente se podrán generar beneficios y la intervención representará únicamente un coste para la sociedad tanto a corto como a largo plazo, ya que ésta no sólo deberá hacer frente a los costes de inversión sino también a los de operación y mantenimiento a lo largo de su vida útil.

Por otra parte, si lo que se desea del proyecto es alcanzar objetivos en otros mercados distintos a los de transporte, es en éstos donde debería formularse la intervención, de manera que dichos resultados se alcanzasen mediante instrumentos más adecuados. En este sentido, los proyectos de transporte forman parte de la política económica sectorial y general de un país y están muy influenciados por el marco institucional en el que se desarrollan las relaciones entre los distintos agentes sociales. Esta vinculación es además necesaria, ya que **plantear un proyecto sin tener en cuenta su relación con el resto de planes y actuaciones del sector público y privado podría conducir a realizar intervenciones incompatibles con otras ya realizadas o programadas para el futuro.**

La planificación pública de las infraestructuras y servicios de transporte constituye – como representación de los deseos de la sociedad en cada momento – una herramienta fundamental para la definición de los proyectos de transporte, ya que generalmente se formula partiendo de un diagnóstico previo de los principales problemas existentes y establece, al mismo tiempo, unos objetivos generales de referencia que, cuando son seguidos de manera coherente, dotan a los proyectos de transporte de consistencia y efectividad.

---

La **definición de un proyecto** de transporte debe permitir identificar, de manera concreta, cuál es el **problema de transporte** que la sociedad pretende resolver con su ejecución y la alternativa elegida para dicho fin.

---

#### **Definición de alternativas relevantes**

Junto con la identificación de los mercados y agentes afectados por un proyecto y la discusión de los objetivos que éste pretende lograr, la definición debe contemplar las distintas alternativas disponibles para resolverlo. Si este proceso se realiza de una manera incorrecta o incompleta – ya sea considerando alternativas imposibles o irrelevantes, o ignorando la existencia de otras actuaciones que podrían lograr los mismos resultados – la evaluación económica podría no cumplir su función de identificar qué actuaciones contribuyen a mejorar el bienestar.

La posición del evaluador dentro del marco institucional en el que se realiza la evaluación y el grado de discrecionalidad que se le concede dentro de éste determina de forma relevante el alcance de las alternativas que debe considerar. Por ejemplo, cuando lo que se le pide es evaluar la construcción de una carretera determinada, la mayoría de las posibles alternativas estarán relacionadas con el trazado o los procedimientos técnicos de construcción; por el contrario, si al evaluador se le otorga mayor discrecionalidad, encargándole por ejemplo solucionar un problema de conexión entre dos ciudades, las alternativas a tener en cuenta serán más amplias e incluirán, además de la carretera, otras muchas opciones de política de transporte.

El propio diseño institucional del proceso de evaluación también puede generar ciertos incentivos perversos en relación al alcance de las alternativas propuestas. Tal como se discute con mayor detalle en el **Anexo IV**, cuando existe una separación entre quienes financian el proyecto y quienes

se benefician de éste, los segundos tienden a formular alternativas más ambiciosas, a menos que se introduzcan mecanismos de corresponsabilidad (por ejemplo, la co-financiación del proyecto) para reducir este problema de información asimétrica. Igualmente, cuando la financiación de un proyecto se desvincula de sus contenidos y objetivos y se decide a partir de otras razones, la definición de las alternativas raramente se realiza de una forma suficientemente exhaustiva, sino que se centra exclusivamente en el objetivo concreto perseguido, el cual no siempre constituye la resolución de un problema de transporte.

Con relación al papel que debe concederse a la tecnología en la definición de las alternativas de un proyecto, se trata de un ámbito multidisciplinar en el que siempre deben intervenir expertos sectoriales, con el fin de asegurar la identificación de todas las posibilidades técnicamente viables que deban ser consideradas. Aunque los beneficios del avance tecnológico son innegables, desde la perspectiva del análisis económico y a partir del concepto de coste de oportunidad, no siempre tiene sentido elegir la última tecnología ni la más cara. A veces, el adecuado mantenimiento o pequeñas mejoras de una tecnología existente pueden contribuir más al bienestar social que una opción tecnológicamente más avanzada: en la evaluación económica de un proyecto, el avance tecnológico es un medio, nunca un fin en sí mismo. De nuevo, el diseño institucional del proceso de evaluación puede generar ciertos incentivos perversos en relación a la elección de la tecnología a utilizar en un determinado proyecto de transporte: cuando existe una separación entre quienes financian el proyecto y quienes se benefician de éste, los segundos tienden a elegir, independientemente de su idoneidad, la tecnología más cara.

---

La discusión de las alternativas relevantes es una etapa crucial que está supeditada a la discrecionalidad que posea el evaluador. El alcance de las **alternativas de un proyecto** está condicionado por el **marco institucional** en el que se plantea el proceso de evaluación y la **tecnología disponible** en cada momento. Ignorar alternativas viables en la evaluación puede conducir a errores importantes.

---

### **La elección del caso base**

La evaluación del proyecto debe hacerse de una forma incremental, comparando cada solución propuesta (situación *con* proyecto) con un **caso base** o de referencia (situación *sin* proyecto) y evaluando la diferencia de los beneficios y costes entre las diferentes actuaciones posibles tal como se propuso en la *Figura 2.1*.

Dependiendo de cuál sea el tipo de proyecto considerado y de la información disponible, el caso base puede consistir en realizar “mínimas actuaciones” sobre la situación actual (por ejemplo, en proyectos de ampliación de capacidad) o incluso “no hacer nada nuevo” (en proyectos de mantenimiento). Como ya se ha indicado, la situación *sin* proyecto no consiste en considerar que las condiciones actuales permanecen constantes, sino en asumir que el equilibrio inicial se proyecta al futuro con los cambios correspondientes en la demanda y en la oferta.

---

El **caso base** es el punto de referencia que se utiliza para comparar qué habría pasado *sin* el proyecto, por tanto, no puede tener un carácter estático sino que debe incorporar cuál habría sido la evolución de los mercados afectados por el proyecto en el caso de que éste no se hubiese realizado.

---

Frente al caso base habrá que evaluar las diferentes alternativas relevantes para resolver el problema identificado en el diagnóstico inicial, ya que la no consideración de las alternativas relevantes podría llevarnos a invertir en un proyecto que arrojará una rentabilidad social positiva *ex ante* pero que no fuera la mejor solución al problema de transporte inicialmente planteado. Esto hace que la elección del caso base resulte crucial para la evaluación: dado que los beneficios se obtienen por comparación incremental con la referencia establecida en dicho caso, cuanto peor sea la referencia de comparación más atractivo parecerá el proyecto (y viceversa).

Todos los elementos que determinan la definición de un proyecto están finalmente condicionados por el momento en el que se realiza la evaluación. Cuando ésta tiene lugar antes de ejecutar el proyecto (evaluación *ex ante*), el rango de posibles alternativas suele ser muy amplio, si bien la información concreta para cada una de ellas suele estar limitada. El número de alternativas se reduce y la información aumenta cuando se realizan evaluaciones *in media res* (durante la ejecución del proyecto), mientras que la evaluación final (evaluación *ex post*) se centra en los resultados alcanzados por la alternativa ejecutada, con toda la información disponible.

### **Identificación de los agentes afectados**

Salvo excepciones (como los viajes de placer), los servicios que se ofrecen en los mercados de transporte no se demandan por sí mismos, sino para trasladar personas y mercancías entre distintos lugares con el fin de que éstas participen en otros mercados y actividades. Sin embargo, no resulta práctico ni viable supeditar el análisis del funcionamiento de los mercados de transporte a todos los mercados de los que se alimenta. Esto no quiere decir que los consumidores y productores en esos mercados no se beneficien de un proyecto que, por ejemplo, reduzca los costes de transporte y permita bajar los precios en dichos mercados. Al contrario, estos consumidores y productores son, en principio, los beneficiarios finales del proyecto, y puesto que el cambio que se produce en su bienestar social aparece reflejado en la demanda derivada de transporte, suele medirse a través de ésta.

De manera general, y aunque el grado de agregación pueda variar en cada proyecto, resulta importante considerar como punto de partida al menos los siguientes grupos de agentes:

- Los **usuarios de los servicios e infraestructuras de transporte**, como consumidores de dichos servicios e infraestructuras (en el transporte de viajeros) o como propietarios o depositarios de las mercancías que utilizan dichos servicios o infraestructuras (en el

transporte de carga). Puede tratarse de individuos, grupos sociales o incluso otras empresas, que están recogidos en la demanda derivada de transporte.

- Los **productores de servicios e infraestructuras de transporte**, generalmente empresas públicas o privadas que ponen a disposición de los usuarios dichos servicios o infraestructuras. En algunos casos, como ocurre con el transporte por cuenta propia, los productores son también usuarios, dado que se prestan servicios a sí mismos.

Debe señalarse que el término “productores” engloba a agentes económicos que hacen uso de recursos productivos que, o bien aportan ellos mismos o bien adquieren en los mercados de factores. En la medida en que la evaluación así lo requiera – y especialmente cuando sea preciso identificar a los destinatarios finales de los beneficios y costes de un proyecto por cuestiones relacionadas con la equidad o la financiación de los proyectos – puede resultar recomendable distinguir dentro de los productores entre los **propietarios del capital, del factor trabajo y del suelo**.<sup>4</sup>

- Los **contribuyentes**, en los casos en los que el proyecto produzca modificaciones de impuestos y subvenciones que alteren el saldo fiscal.
- El **resto de sociedad**, grupo que incluye los efectos externos no internalizados.

Los grupos de agentes no son mutuamente excluyentes. Un individuo podría pertenecer simultáneamente a varios de los grupos anteriores. Por ejemplo, podría tener acciones de una empresa beneficiada por la reducción de costes de transporte, ser consumidor de los productos transportados cuyo precio cambia con el proyecto y contribuir a través del pago de impuestos a la financiación del proyecto.

Es importante elegir razonablemente la **amplitud con la que se defina el ámbito del proyecto**. Si la definición es excesivamente amplia, una valoración global positiva podría ocultar proyectos que no serían socialmente aceptables si se evaluaran de manera separada. No es recomendable presentar un proyecto agregado que, en realidad, constituya la suma de distintos proyectos perfectamente separables; aunque tampoco conviene utilizar un grado de desagregación técnicamente inviable (separando por ejemplo un proyecto que no sería factible si no se ejecutaran también otros).

---

<sup>4</sup> Cuando este grado de desagregación no sea necesario, o bien cuando su uso induzca a confusión, conviene seguir empleando el concepto agregado de “productor”.

---

**El proyecto debe incluir** todos los elementos necesarios para su funcionamiento (p.ej. carretera de acceso en un puerto) y **excluir** elementos que son proyectos perfectamente separables y evaluables por separado. La exclusión de componentes necesarios puede elevar la rentabilidad de manera ficticia. La inclusión de proyectos separables ofrecer una rentabilidad media que oculte la rentabilidad de cada proyecto por separado.

---

Por otra parte, la identificación de los mercados obliga igualmente a definir, aunque sea de manera implícita, cuál es la *sociedad* que se ve afectada por el proyecto y cuyos beneficios y costes se van a considerar. No siempre la identificación de los mercados coincide con la identificación de los agentes. La regla general no consiste en analizar dónde se producen los efectos del proyecto, sino **quién aporta los recursos necesarios** para que éste se lleve a cabo. Por ejemplo, en proyectos de ámbito local o regional financiados con fondos nacionales es el bienestar de la sociedad del país en su conjunto el que debe tenerse en cuenta para la evaluación del proyecto. Esto se debe a que son dichos agentes quienes asumen el coste de oportunidad, en forma de alternativas perdidas, por llevar a cabo dicho proyecto.

Igualmente, en proyectos de ámbito y financiación nacional, por ejemplo, no suelen incluirse los excedentes obtenidos por agentes extranjeros. Por ejemplo, si la construcción de un puerto se realiza con fondos europeos, en su evaluación deben considerarse los beneficios y costes de los agentes de la Unión Europea (o con sede en ésta) afectados por el mismo, pero no los excedentes de navieras y otros operadores no comunitarios que pudieran utilizarlo.

Generalmente, los grupos sociales que deben incluirse en la evaluación de un proyecto son todos los afectados sin exclusión, como por ejemplo ocurre en la evaluación de una carretera que reduce el coste de viaje a millones de usuarios incluyendo extranjeros. En contraste, en infraestructuras utilizadas fundamentalmente por empresas extranjeras, como sucede por ejemplo en un puerto de trasbordo de contenedores, parece razonable no incluir el excedente de los operadores extranjeros, contabilizando como beneficio social el ingreso (menos los costes) para las autoridades portuarias y otros agentes y operadores nacionales.



### 3. CRITERIOS DE DECISIÓN

En esta sección se presentan los criterios de decisión para aprobar-rechazar, elegir entre alternativas mutuamente excluyentes o elegir entre un conjunto de proyectos dentro de un presupuesto limitado. El que esta sección aparezca después de la de definición del proyecto, determinación del caso base y análisis de las alternativas relevantes es exclusivamente expositiva. De hecho, los criterios se han decidido y son conocidos públicamente antes del proceso de elaboración del proyecto.

#### 3.1. Evaluación económica vs. evaluación financiera

La evaluación de un proyecto de transporte ayuda a adoptar decisiones sobre el mismo a partir de la comparación entre los beneficios y costes que dicho proyecto genera a lo largo del tiempo. Cuando estas decisiones se formulan desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto, la comparación debe incluir todos los **beneficios y costes sociales** de los agentes afectados por el proyecto, incluso aunque algunos de ellos no realicen directamente transacciones en el mercado de transporte. Sin embargo, cuando las decisiones se plantean únicamente desde el punto de vista de quien ejecuta el proyecto, lo relevante suelen ser sólo los **ingresos y costes** que genere el mismo para ellos, especialmente si además también son éstos quienes lo financian.

Resulta importante señalar que, en contraposición a los beneficios y costes sociales, estos ingresos y costes se denominan generalmente **beneficios y costes privados**. Sin embargo, este último adjetivo no debe asociarse al hecho de que el proyecto sea ejecutado por empresas privadas. De hecho, estos ingresos y costes del proyecto también resultan fundamentales desde la perspectiva de la financiación pública ya que cuanto más autosuficiente sea el proyecto, menor será la aportación de los contribuyentes.

En la mayoría de los proyectos de transporte los beneficios y costes sociales no se limitan a una mera contabilización de ingresos y costes. Por ejemplo, cuando se desea cuantificar cuánto aporta un servicio de transporte urbano de viajeros a la sociedad, sus beneficios brutos no pueden limitarse a los ingresos obtenidos por quienes los suministran a la ciudad, sino que deben incorporar la valoración total que realiza la sociedad, medida por su disposición total a pagar, incluidos los usuarios y los no usuarios que, por ejemplo, pueden circular con sus vehículos privados a mayor velocidad.

De igual forma, cuando los costes privados están valorados al coste de oportunidad social, los costes sociales se obtienen sumando a los costes privados todos los costes asociados a los efectos externos (por ejemplo, la contaminación atmosférica) que normalmente no son considerados explícitamente por quienes suministran los servicios, tanto si son empresas públicas como privadas. Este caso los costes sociales son mayores que los privados. En otras ocasiones (por ejemplo, cuando existe un nivel de desempleo elevado), el verdadero coste de oportunidad de los recursos utilizados es inferior al precio de mercado al que se valoran los costes privados, por lo que la ejecución del proyecto hace que los costes sociales sean inferiores a los privados.

---

La evaluación de un proyecto de transporte puede abordarse desde dos perspectivas distintas: **evaluación económica**, considerando los beneficios y costes que éste aporta a la sociedad en su conjunto, o **evaluación financiera**, centrada únicamente en los ingresos y costes generados por el proyecto.

---

En resumen, la **evaluación económica** se lleva a cabo comparando los costes y beneficios sociales de un proyecto de transporte, una vez homogeneizados temporalmente a través de su **valor actual neto social** ( $VAN_S$ ). Por su parte, la **evaluación financiera** compara solamente los ingresos y gastos monetarios asociados al proyecto, calculando su **valor actual neto financiero** ( $VAN_F$ ).

Ambas aproximaciones abordan dos preguntas distintas, aunque muy vinculadas entre sí. La evaluación económica intenta responder a la cuestión **¿debe realizarse el proyecto?**, formulada desde la perspectiva de la sociedad en su conjunto, representada por el sector público, y tomando como referencia la contribución del proyecto al bienestar social. La evaluación financiera se relaciona con la viabilidad del proyecto y con su capacidad para generar ingresos que permitan cubrir sus costes, por lo que implícitamente se está preguntando **¿es posible la participación privada?** La respuesta a esta segunda cuestión resulta fundamental para determinar el grado de interés y las formas de participación de los agentes privados interesados en el proyecto, cuyas decisiones se asumen guiadas por el objetivo de obtener el máximo beneficio (privado) posible. No obstante, tal como se ha indicado, la evaluación financiera es también crucial para conocer las posibles implicaciones del proyecto sobre las finanzas públicas y el efecto que éste podría tener sobre otros proyectos a financiar por el Estado. La **evaluación económica y la evaluación financiera** nunca pueden verse como compartimentos estancos, ya que ambas se encuentran vinculadas a través de la política de precios y en la construcción y operación de proyectos con participación privada.

Finalmente, existe una importante dimensión adicional que condiciona notablemente tanto la perspectiva social como la privada en la evaluación de proyectos. Se trata del hecho de que **cualquier decisión sobre un proyecto de transporte debe abordarse necesariamente bajo condiciones de incertidumbre** sobre los posibles resultados de éste. La evaluación de proyectos debe realizarse siempre con la mejor información disponible, pero incluso en el mejor de los casos ésta suele resultar insuficiente debido a nuestra incapacidad para predecir completamente el futuro en un contexto de racionalidad limitada.

La evaluación de proyectos desde la perspectiva privada incorpora el riesgo descontando con el coste del capital adecuado. Según el modelo *CAPM*<sup>5</sup> el costo de capital del proyecto es la tasa libre de riesgo corregido por una prima por riesgo que depende de cómo afecta el proyecto el riesgo sistemático de un portafolio diversificado de los activos de la economía. Por el contrario, en el sector público suele considerarse que el gobierno debe comportarse como neutro al riesgo ya

---

<sup>5</sup> Modelo de fijación de precios de Activos de Capital.

que la distribución de la carga financiera entre millones de contribuyentes hace que el coste del riesgo tienda a cero (en otras palabras, el valor esperado es igual al equivalente cierto). Aún así, el decisor público puede encontrar útil el conocer las probabilidades de los distintos valores del VAN y no sólo el VAN esperado, o bien porque el proyecto tiene un coste que haga que la contribución de los contribuyentes no sea insignificante o bien que el decisor considere que una probabilidad alta de VAN social negativo es un elemento a tener en cuenta junto a otras características del proyecto.

---

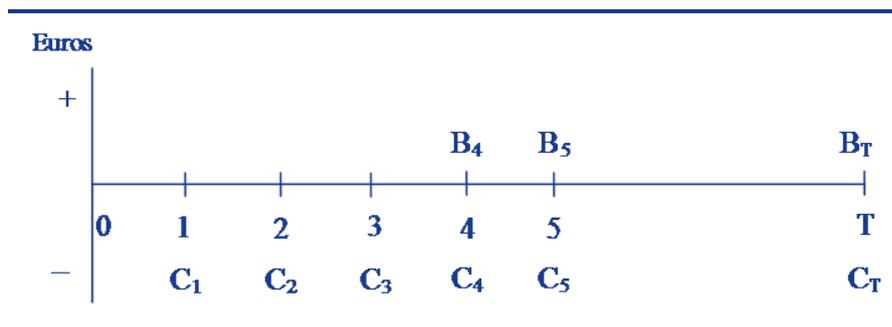
La **incertidumbre** asociada a un proyecto debe estar presente desde un comienzo en las **herramientas que se utilicen para fundamentar los criterios de decisión** que permiten llevar a cabo su evaluación. Junto al VAN esperado del proyecto, el decisor conocerá las distintas probabilidades asociadas a valores positivos y negativos.

---

### 3.2. Herramientas de decisión

Desde un punto de vista formal, cuando existe incertidumbre cualquier proyecto de transporte puede representarse como **un flujo de beneficios y costes aleatorios** que se realizan a lo largo de distintos momentos del tiempo, compuestos por elementos que pueden ser controlados y otros que resultan totalmente impredecibles. Así, denotando como  $t = 0$  al período en el que se produce la intervención inicial en el mercado de transporte y como  $t = T$  al último período en el que se manifiestan sus efectos, el perfil temporal de un proyecto podría resumirse gráficamente en la *Figura 3.1*, donde las diferencias entre los beneficios y costes sociales y los ingresos y costes privados están calculadas para cada alternativa del proyecto y siempre en comparación con el caso base.

*Figura 3.1: Perfil temporal de un proyecto de transporte*



Tal como ocurre en la mayoría de los proyectos de transporte consistentes en la construcción o ampliación de infraestructuras, la figura muestra que en los primeros años hay sólo costes (*período de construcción*), compensándose progresivamente esta diferencia a partir de la puesta en marcha del mismo (*período de operación*). El beneficio neto de cada año en la *Figura 3.1* puede

considerarse como el valor esperado de dadas los límites en los que cabe que se sitúen los beneficios y costes y las probabilidades asociadas.

Las principales **fuentes de incertidumbre** asociadas a la evaluación de proyectos de transporte son dos:

- a. La **incertidumbre del proyecto**, en sentido estricto, vinculada al hecho de que existan contingencias impredecibles cuya ocurrencia afecte al flujo de beneficios y costes. Así, por ejemplo, puede ocurrir que la demanda sea inferior a la predicha inicialmente (debido, por ejemplo, a una crisis económica) o que los precios de los *inputs* (petróleo, salarios, etc.) crezcan a una tasa diferente a la esperada. Esta incertidumbre puede ser *interna* al proyecto (al construir la infraestructura se presentan dificultades inesperadas en el terreno que encarecen la obra) o *externa* al mismo (una huelga general o una catástrofe natural). En ambos casos, esta fuente de incertidumbre resulta muy difícil de controlar.
- b. La **incertidumbre en la evaluación**, que está relacionada con la información disponible sobre determinados parámetros necesarios para realizar la evaluación (valor del tiempo, elasticidades, parámetros de demanda o costes, etc.) y que está presente incluso si no existe incertidumbre del proyecto.

Ambos tipos de incertidumbre pueden incorporarse a la evaluación a partir de la información disponible sobre el rango de valores y/o la distribución de probabilidad que pueden tomar esos parámetros. Cuando esto ocurre, dichas distribuciones de probabilidad se trasladan a los beneficios y costes, los cuales quedan transformados en variables aleatorias. Si no se dispone de más información que los valores máximos y mínimos, la distribución menos exigente es la **uniforme** (asigna la misma probabilidad de ocurrencia a cada uno de los posibles valores). A veces podemos tener cierta certeza sobre el valor más probable, en cuyo caso la **distribución triangular** es una buena opción. La **distribución normal** puede utilizarse si se conoce la media y la varianza. En otros casos pueden utilizarse distribuciones asimétricas o truncadas, o si existen datos históricos los histogramas que reflejen el comportamiento que se espera para las variables correspondientes.

---

La evaluación económica bajo incertidumbre requiere **modelizar el comportamiento de las variables** (aleatorias) que determinan los resultados del proyecto, y en lugar de obtener un valor determinista del VAN del proyecto, se obtiene una distribución de probabilidad del mismo (un rango de valores posibles y las probabilidades de que dichos valores ocurran).

---

### ***El valor actual neto***

Aunque existen diferentes herramientas que permiten la comparación de los flujos de (cambios en los) beneficios y costes (privados y sociales) de un proyecto de transporte, la más utilizada en el

análisis coste-beneficio es el **valor actual neto (VAN)**,<sup>6</sup> que consiste simplemente en descontar dichos flujos hasta un período común de referencia (normalmente, el comienzo del período inicial  $t = 0$ ).

De esta forma, las expresiones del VAN social ( $VAN_S$ ) y del VAN financiero ( $VAN_F$ ) que corresponderían, respectivamente, a las realizaciones de beneficios y costes de cualquier proyecto como, por ejemplo, el representado en la *Figura 3.1*, vendrían dadas por:

$$VAN_S = \sum_{t=0}^T \frac{\Delta BS_t}{(1+i)^t} \quad (3.1)$$

y

$$VAN_F = \sum_{t=0}^T \frac{\Delta BP_t}{(1+i)^t} \quad (3.2)$$

donde  $\Delta BS_t$  representa el cambio en el bienestar social (beneficios sociales menos costes sociales) en cada uno de los períodos con relación al caso base, mientras que  $\Delta BP_t$  es el cambio en los beneficios *privados* (diferencia entre ingresos y costes privados) en cada período  $t$ , y también en relación al caso base. El parámetro  $i$  es la **tasa de descuento**, que se asume generalmente constante e igual para todos los períodos.

El valor actual neto resume en un único valor numérico el flujo de beneficios y costes durante toda la vida del proyecto, permitiendo una comparación sencilla de dichos beneficios y costes correspondientes a distintos momentos del tiempo. Lógicamente, cuando esos flujos de beneficios y costes son variables aleatorias, el VAN es también una variable aleatoria, cuyos valores se corresponden con cada realización concreta del proyecto.

---

A través del valor actual neto los beneficios y costes de un proyecto de transporte se homogenizan y comparan en un **punto de referencia** determinado por el evaluador, normalmente en el período inicial  $t = 0$ . Esta comparación es de carácter **interpersonal** (agregación de los distintos agentes afectados por el proyecto) e **intertemporal** (agregación de los resultados obtenidos en diferentes momentos del tiempo).

---

<sup>6</sup> La alternativa más habitual es la **Tasa Interna de Retorno (TIR)**, que consiste en determinar el valor de la tasa de descuento ( $i$ ) que iguala a cero el valor actual neto de un proyecto. También pueden utilizarse distintos ratios entre los rendimientos del proyecto y la inversión inicial, relacionados indirectamente con el plazo de recuperación de esta última, o entre beneficios y costes ( $B/C$ ), reflejando una medida bruta de rentabilidad. Estos criterios no serán considerados en este **MANUAL**.

### Comparación interpersonal

Generalmente, los efectos positivos y negativos de los proyectos de transporte se distribuyen a largo plazo sobre la sociedad en su conjunto. Sin embargo, en la mayoría de los casos, un proyecto concreto afecta a grupos sociales y áreas geográficas concretas. Esto hace que las decisiones que se toman sobre la mayoría de proyectos estén influenciadas, de manera inevitable, por la distribución esperada de los efectos positivos y negativos. A los responsables de tomar la decisión no sólo les importa la magnitud de los beneficios y costes, sino también (y a veces especialmente), quiénes ganan y quiénes pierden con cada proyecto, así como el peso asignado a cada uno de estos grupos sociales.

Aunque estudiar las implicaciones de los problemas de equidad asociados a la evaluación de proyectos de transporte requiere un análisis específico que se aborda con mayor profundidad en el *Anexo III*, es inmediato subrayar la dificultad de identificar a los ganadores y perdedores finales. Por ejemplo, cuando se realizan inversiones en la red de carreteras y se reduce el tiempo de viaje, aparentemente se beneficia a las empresas de transporte por carretera (cuyos costes disminuyen). Sin embargo, es muy posible que la naturaleza competitiva de esta industria acabe trasladando estos beneficios a las empresas que producen y comercializan los productos transportados y, dependiendo del grado de competitividad en los mercados de productos, a los consumidores finales. Esta no es la única línea de distribución de beneficios ya que si existe algún factor fijo, por ejemplo, el suelo, los beneficiarios últimos sean los propietarios de dicho factor fijo.

La posición del evaluador en relación a esta comparación interpersonal entre grupos y territorios queda incorporada a la elección de la herramienta que se utilice para la comparación de los beneficios y costes del proyecto. Así, cuando se calcula el valor actual neto de acuerdo a la expresión (3.1), es decir, sumando *sin ponderar* todos los beneficios y costes, se está utilizando implícitamente una valoración basada en el denominado **criterio de compensación potencial (o de Kaldor-Hicks)**, por el que se le da el mismo valor a una unidad monetaria con independencia de quién la recibe. Si un proyecto pasa el criterio de compensación potencial, los ganadores podrían compensar (al menos de manera hipotética) a los perdedores y todavía seguir ganando. Este criterio puede ser bastante razonable cuando existen muchos proyectos que acaban a medio plazo beneficiando al conjunto de la población.

Esta aproximación equivale a considerar que los diferentes grupos sociales y/o territorios cuyos beneficios se comparan a través del VAN tienen el mismo peso desde el punto de vista de quien realiza la evaluación, por lo que se ignoran no sólo los aspectos de equidad, sino también las diferencias en los cambios de bienestar individual que se producen con aumentos idénticos de renta cuando los individuos que los reciben parten de dotaciones de renta diferentes.

Proceder ignorando los aspectos de distribución puede ser razonable si los efectos redistributivos del proyecto no son significativos, son difíciles de identificar o medir, o incluso siendo posible medirlos no compensa su coste. Un argumento adicional en contra de utilizar ponderaciones distributivas en el cálculo del VAN se basa en que su utilización introduce confusión y se presta a

la manipulación de las cifras que reflejan los efectos económicos del proyecto. Finalmente, puede argumentarse que si se realizan muchos proyectos en el largo plazo la mayoría de individuos acabará beneficiándose. En cualquier caso, el criterio de compensación de Kaldor-Hicks no es incompatible con que el gobierno establezca las medidas de compensación reales (aunque incompletas) que estime oportunas (por ejemplo, las compensaciones por expropiación forzosa).

---

Los principales problemas a los que nos enfrentamos en la consideración de los efectos distributivos son su identificación y medición. Generalmente el criterio de valoración que se adopta en la evaluación de proyectos es el de criterio de compensación potencial.

---

### *Comparación intertemporal*

Tanto en el VAN social como en el VAN financiero los beneficios y costes del proyecto están expresados en unidades monetarias correspondientes a diferentes momentos del tiempo. Por esta razón, cuando la expresión monetaria del flujo de costes y beneficios cambia como consecuencia de la inflación, una primera cuestión que puede plantearse en relación a la comparación intertemporal de beneficios y costes es si conviene realizar la evaluación del proyecto en términos nominales o en términos reales.

Teniendo en cuenta que el objetivo de la evaluación no es otro que comparar cambios en el bienestar social (o privado), la evolución de los valores nominales no es relevante: lo importante es la utilización de recursos y la generación de beneficios asociados al proyecto. Por ello, es posible ignorar los cambios puramente monetarios que no afecten a valores reales durante la vida del proyecto.

No obstante, aunque resulte indiferente trabajar con valores constantes o corrientes, en ocasiones puede ser recomendable trabajar con datos expresados en **unidades monetarias corrientes** ya que, además de que puede resultar más sencillo (ya que así están expresados generalmente los datos), porque la dimensión financiera del proyecto así lo exige como ocurre, por ejemplo, en obras de infraestructura en las que los usuarios pagan por el uso (peajes o tasas) y en las que el sector privado participa como gestor o como concesionario. Sea cual fuere la causa por la que se utilizan las series en términos reales o nominales, la evaluación debe ser consistente. Si los datos están expresados en unidades monetarias de cada año, habrá que utilizar una tasa de descuento nominal ( $i_n$ ). Si los datos están expresados en unidades monetarias del año base, la tasa de descuento debe ser la real ( $i$ ). Si  $\varphi$  representa la tasa de inflación, ambas expresiones estarían relacionadas por:

$$i = \frac{i_n - \varphi}{(1 + \varphi)}$$

---

La consideración o no de la **inflación** no afecta a los resultados de la evaluación económica de un proyecto. Ésta puede realizarse tanto en términos nominales como reales, ajustando en cada caso la valoración de todas las magnitudes monetarias implicadas y la tasa de descuento correspondiente.

---

Una segunda cuestión en relación a la comparación intertemporal de beneficios y costes tiene que ver con la **elección de la tasa de descuento**, cuya función es reflejar el grado de preferencia por el presente frente al futuro que se adopta en la evaluación. La decisión no es neutral, ya que dependiendo de la estructura temporal del proyecto, el valor de la tasa de descuento condiciona de una forma u otra la decisión sobre el mismo. Así, cuando la mayoría de los costes tienen lugar al principio del proyecto, obteniéndose los beneficios posteriormente, tasas de descuento más elevadas generan menores valores de VAN. Por el contrario, la aceptación de proyectos donde los principales costes se produzcan al final se verá favorecida por tasas de descuento superiores.

Esta forma de homogeneización temporal, a través del descuento exponencial, es la adecuada para proyectos que afectan a los mismos individuos en diferentes periodos de tiempo durante un horizonte temporal razonable (generalmente, entre 20 ó 30 años, dependiendo del proyecto). Su utilidad es más cuestionable cuando los proyectos de transporte (por ejemplo, la construcción de algunas infraestructuras o las políticas que afecten al *stock* de recursos naturales) tienen efectos que repercuten en el bienestar de las generaciones futuras.

Alternativamente, se podría argumentar en contra que el crecimiento económico permite que las generaciones futuras sean más ricas que las que tienen que hacer el sacrificio hoy en consumo presente, lo que justificaría el descuento exponencial (siempre y cuando no se tratase de daños irreversibles).<sup>7</sup> Al estar esta cuestión de nuevo relacionada con aspectos de equidad, se aborda en el *Anexo III*.

Cualquiera que sea la tasa de descuento utilizada, es corriente situar el flujo de costes y beneficios al final de cada periodo analizado (normalmente, “años”) aunque en realidad los beneficios de todos los proyectos de transporte se produzcan de manera continua. Esta convención se deriva del hecho de que, generalmente, la información es obtenida a final de año, aunque el evaluador podría decidir situar los datos para el cálculo del VAN, por ejemplo, a mitad de año. Si los beneficios y costes comienzan a aparecer desde principios de año, puede resultar razonable situar en promedio todos los flujos en la mitad del año, lo que equivaldría a tratarlos como si se produjeran diariamente o de manera casi continua, pero aplicando una tasa de descuento anual. En la mayoría de los proyectos esto no cambia significativamente el resultado de la evaluación.

---

<sup>7</sup> Por ejemplo, se suele considerar que en el caso de ciertos beneficios (como los derivados de la reducción de muertes o lesiones por accidentes de tráfico) la tasa de descuento no tiene por qué coincidir con la utilizada para descontar otro tipo de beneficios.

### La elección de la tasa social de descuento

En la evaluación financiera de un proyecto de transporte, la tasa (privada) de descuento que se utiliza más habitualmente coincide con el tipo de interés vigente en el mercado. Sin embargo, para la elección de la tasa social de descuento en la evaluación económica de proyectos se plantean generalmente tres posibilidades:

- el **tipo de interés de mercado**,
- la **tasa marginal de preferencia temporal**, o
- la **tasa marginal de productividad del capital**.

Estas tres tasas coinciden cuando los mercados de capitales son *perfectos*, es decir, cuando no hay restricciones sobre los mercados financieros, ni impuestos, ni otras distorsiones sobre la producción o el consumo. Desafortunadamente, esto no sucede así en la realidad: por ejemplo, en un mercado de capitales con impuestos, la tasa marginal de productividad del capital es mayor que el tipo de interés debido a la menor rentabilidad de la inversión, ya que habrá que pagar impuestos sobre los dividendos; de igual manera, la tasa marginal de preferencia temporal será inferior al tipo de interés, ya que el agente ahorra con remuneraciones netas de impuestos inferiores a dicho tipo.

Por ello conviene diferenciar dos situaciones: si el sector público compite con el privado por la realización del proyecto, la tasa de descuento a utilizar será la tasa marginal de productividad del capital. Pero si por el contrario se trata de evaluar proyectos dentro del sector público, obteniendo financiación de varias fuentes, puede actuarse de dos maneras:

- a. La primera consiste en utilizar una media ponderada entre la tasa marginal de preferencia temporal y la tasa marginal de productividad del capital, según sea el origen de los fondos que se utilizan en el proyecto.
- b. La segunda consiste en descontar los flujos de beneficios y costes utilizando como tasa social de descuento la tasa marginal de preferencia temporal, pero habiendo convertido previamente los beneficios netos en flujos de consumo mediante un **precio sombra** del capital. Este método requiere mayor información, ya que se necesita conocer el destino de los beneficios que se obtienen a lo largo de la vida del proyecto.

---

La **tasa social de descuento** a utilizar en la evaluación económica de un proyecto debe reflejar el **coste de oportunidad** de los recursos utilizados en dicho proyecto a lo largo del tiempo.

---

En la práctica la tasa de descuento viene determinada por el Ministerio de Economía. En general, una buena opción es utilizar la tasa marginal social de preferencia temporal, tasa utilizada en los manuales de evaluación de la Comisión Europea, Francia y el Reino Unido.

### 3.3. Adopción de decisiones

Tras la homogeneización y comparación de los flujos de beneficios y costes de un proyecto de transporte, el proceso de evaluación económica permite finalmente establecer criterios para la adopción de decisiones basadas en ellos. Entre otros factores, estas decisiones suelen estar condicionadas por dos elementos: el número de alternativas consideradas por el evaluador y la manera en la que éste decide internalizar la incertidumbre asociada al proceso de evaluación.

#### *Tipos de decisiones y procedimientos de decisión*

En los proyectos consistentes en la evaluación económica de una única alternativa *ex ante*, la única decisión relevante es la de **aceptar o rechazar** el proyecto, esto es, decidir si el proyecto – en las condiciones planteadas – debe ser acometido o no por la sociedad. Incluso en el caso en el que el VAN del proyecto sea positivo, se plantea el problema del momento óptimo de su puesta en marcha, tema que se aborda al final de esta sección.

En otros casos la decisión a tomar consiste en la **comparación de dos o más proyectos** que compiten por la misma financiación.

Aunque el tipo de decisión a tomar depende de las circunstancias del proceso de evaluación y de las características de los proyectos, corresponde al evaluador determinar explícitamente **la manera en la que desea internalizar la incertidumbre** asociada a la evaluación dentro de los criterios de decisión. En general, dispone de tres posibilidades:

1. **Ignorar completamente la existencia de incertidumbre.** En este caso, debe formular *criterios de decisión sin incertidumbre* basados en valores deterministas del VAN social y VAN financiero que le permitan adoptar las decisiones solicitadas. Esta aproximación – tradicional en el análisis coste-beneficio – puede ser razonable en proyectos donde la magnitud de la incertidumbre sea reducida, o bien el riesgo de equivocarse sea mínimo o tenga un coste bajo para el evaluador.
2. **Incorporar la incertidumbre mediante análisis de sensibilidad.** Se trata de una opción intermedia, en la que la decisión se toma con criterios deterministas, pero se considera la posibilidad de que los resultados de la evaluación varíen al modificarse determinados parámetros de la misma. El evaluador repite su análisis con los distintos valores posibles de dichos parámetros (incluso definiendo escenarios alternativos donde varían múltiples parámetros), considerando únicamente cambios parciales en los mismos. Aunque la riqueza de la información obtenida así es mayor, podría conducir a una falsa sensación de certeza, ya que el procedimiento ignora la posibilidad de que muchos de los cambios sucedan de manera simultánea y correlacionada.
3. **Incorporar la incertidumbre en las herramientas de decisión.** En este caso, debe formular *criterios de decisión con incertidumbre*. Esta tercera posibilidad es la más completa pero también la que requiere mayor información. Se trata de considerar, tal

como se ha presentado, que el *VAN social* y el *VAN financiero* consisten en realidad en distribuciones de probabilidad sobre dichos valores, por lo que la decisión debe tomarse en función de las propiedades de dichas distribuciones.

Esta incorporación de la incertidumbre a las herramientas de decisión en la evaluación de proyectos de transporte se hace a través de cuatro etapas:

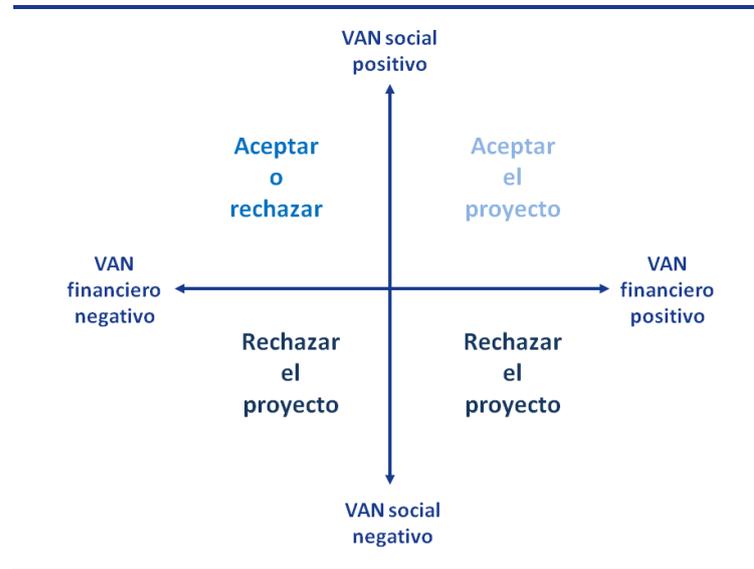


1. En primer lugar, es necesario **identificar las variables** en las que el evaluador sitúa la incertidumbre (sea ésta propia del proyecto o externa al mismo). La lista puede ser amplia: tasas de crecimiento de la demanda, valores de costes, parámetros del modelo, etc.
2. A continuación, el evaluador debe – con la mejor información disponible y la consulta a técnicos y especialistas – determinar los valores extremos de dichas variables (máximos, mínimos) y caracterizar en lo posible sus distribuciones de probabilidad (media, moda, varianza). Un elemento adicional importante es determinar el grado de correlación existente entre las variables, el cual debe basarse en criterios técnicos y económicos (por ejemplo, la correlación entre la renta y el tráfico). Si se elige un valor para cada variable independientemente del valor que se haya elegido para las otras, esto puede conducir a resultados inconsistentes. Cuando algunas variables varían de manera conjunta, dicha relación debe incluirse siempre en el modelo para evitar escenarios poco probables.
3. El tercer paso consiste en el cálculo de la distribución de probabilidad del *VAN*, a partir de la extracción de un número suficientemente elevado de posibles valores de cada una de las variables aleatorias que lo integran y de la posterior aplicación de las expresiones (3.1) y (3.2), convenientemente desarrolladas para incluir distribuciones de probabilidad.
4. Finalmente, una vez cumplidos los pasos anteriores, puede procederse a adoptar la decisión.

#### **Criterios de decisión sin incertidumbre**

La *Figura 3.2* muestra el caso más sencillo consistente en **aceptar-rechazar** un proyecto.

Figura 3.2: Criterios de decisión sin incertidumbre



- **Aceptar el proyecto ( $VAN_S > 0$ ,  $VAN_F > 0$ ).** Todo proyecto de transporte que genere un VAN social positivo y un VAN financiero positivo debe llevarse a cabo, ya que no sólo incrementa el bienestar de la sociedad, sino que además genera fondos suficientes como para hacer rentable una posible participación del sector privado en el mismo o no requerir del Estado desembolsos adicionales.
- **Rechazar el proyecto ( $VAN_S < 0$ ).** Un proyecto de transporte cuyo VAN social sea negativo no debería llevarse a cabo en las condiciones planteadas, ya que la suma actualizada de sus beneficios sociales no resulta suficiente para compensar la suma descontada de sus costes sociales, independientemente del signo del VAN financiero.
- **Aceptar o rechazar en función de la existencia de restricciones presupuestarias ( $VAN_S > 0$ ,  $VAN_F < 0$ ).** Cuando un proyecto es socialmente deseable (VAN social positivo) pero no genera fondos suficientes para atraer al sector privado (VAN financiero negativo) la sociedad debe llevarlo a cabo sólo si no existen restricciones presupuestarias relevantes por parte del gobierno. En el caso de que existieran tales restricciones, la sociedad podría tener que rechazar este tipo de proyectos.

Cuando la decisión que se plantea consiste en **elegir entre distintos proyectos**, los criterios a utilizar deben basarse en los principios anteriores. La sociedad debe priorizar los proyectos con mayores valores de VAN social y siempre retrasar o rechazar aquéllos cuya contribución al bienestar social sea menor, teniendo en cuenta en todo caso la existencia o no de restricciones presupuestarias.

La principal **ventaja** de la adopción de decisiones utilizando criterios sin incertidumbre radica en su facilidad de interpretación y limitado coste de cálculo. La **desventaja** es que la posibilidad de adoptar una decisión incorrecta es mayor. Estos dos elementos deben ser siempre ponderados por

quien toma la decisión. Una forma de complementar este proceso, habitualmente utilizada en las técnicas convencionales de coste-beneficio, consiste simplemente en incorporar un análisis de sensibilidad (o de escenarios) sobre los principales valores del modelo, viendo cuánto y cómo cambian los valores del VAN al modificarse cierto(s) parámetro(s).

---

La adopción de decisiones en ausencia de incertidumbre se limita a determinar **qué valores del VAN social y del VAN financiero** (definidos de manera determinista) deben conducir a **aceptar o rechazar** un proyecto de transporte o a **elegir** entre varios proyectos disponibles.

---

### *Criterios de decisión bajo incertidumbre*

Cuando la incertidumbre se incorpora en la evaluación, mediante el análisis de riesgo, además del VAN esperado el decisor cuenta con la distribución de probabilidad del VAN. Esta información es para el sector privado, en muchos casos averso al riesgo, muy útil porque no considera el VAN esperado como un equivalente cierto para tomar la decisión de invertir. Por otra parte, mediante la diversificación del riesgo, es posible acercar el equivalente cierto al valor esperado. En el caso del Análisis Coste-Beneficio la cuestión previa es si el sector público debe comportarse como neutro ante el riesgo o no.

La posición más general, basada en el **Teorema de Arrow-Lind**, consiste no tanto en la diversificación del riesgo, basada en la realización de muchos proyectos que por la ley de los grandes números acabarán haciendo que el VAN esperado coincida con el VAN realmente obtenido por el sector público, sino en el reparto del riesgo entre un número muy alto de personas que hacen que el coste del riesgo tienda a cero.

La idea es la siguiente. Al repartirse el riesgo de un proyecto de inversión pública entre un gran número de contribuyentes, se puede argumentar que, incluso en el caso de proyectos singulares, el coste del riesgo tiende a cero al aportar cada contribuyente una pequeña cantidad para la financiación del proyecto. En estas condiciones tiene sentido trabajar con valores esperados.

Las distribuciones de probabilidad que produce la evaluación que incorpora el análisis de riesgo proporcionan el VAN esperado y por tanto la información necesaria para que el sector público actúe como neutral ante el riesgo. Sin embargo, el análisis de riesgo proporciona mucha más información. Además del VAN esperado, el decisor cuenta ahora con el rango de valores actuales netos posibles y sus probabilidades correspondientes. Esto es, no sólo sabremos que el VAN esperado alcanza, por ejemplo, 100 millones de euros sino que, además, la probabilidad de que una vez realizado el proyecto el VAN sea negativo alcanza, por ejemplo, el 30 por ciento.

Puede haber al menos dos razones por la que el decisor esté interesado en utilizar esta información. La primera, porque muchos proyectos de transporte representan una inversión de tal envergadura

que la distribución del coste entre los contribuyentes afectados hace que la contribución individual sea significativa. En estos casos, el teorema de Arrow-Lind no se cumple, por lo que sí resulta necesario considerar el coste del riesgo. La segunda, que el decisor sea averso al riesgo y por tanto esté interesado en conocer las probabilidades asociadas a los diferentes resultados posibles.

---

La adopción de decisiones bajo condiciones de incertidumbre requiere considerar de manera explícita el efecto de ésta sobre los posibles valores del VAN, el cual pasa a ser también una **variable aleatoria**. Ahora, el decisor conoce el VAN esperado y los distintos valores que puede alcanzar con su probabilidad de ocurrencia.

---

En todo caso, analicemos de nuevo estas decisiones distinguiendo algunas posibilidades, entre otras, que pueden plantearse:

*Aceptar o rechazar un proyecto (sin restricciones presupuestarias)*

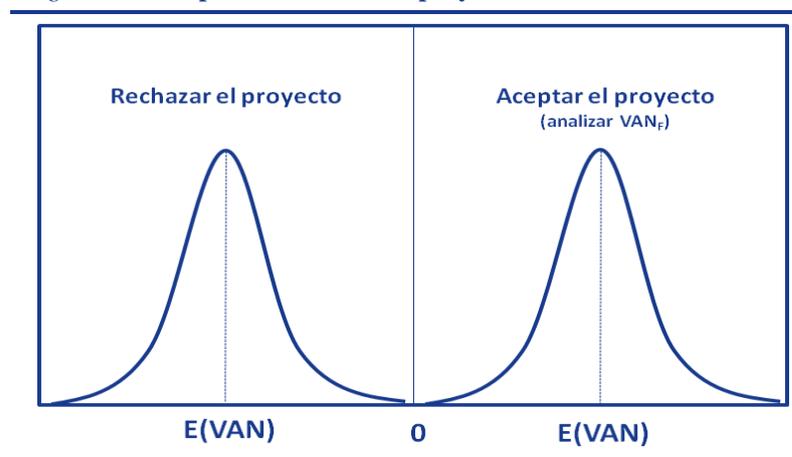
En principio, cuando la distribución de probabilidad del VAN social no presenta ningún valor positivo, el criterio de decisión es idéntico al planteado en el caso de una evaluación determinista en la que el  $VAN_s < 0$ : el proyecto debe rechazarse. Por el contrario, si todos los valores que toma la distribución de probabilidad del VAN social son positivos entonces el proyecto debe ser aceptado. Cuando esta distribución implica valores positivos y negativos, debe acudir al valor esperado, aceptando aquellos proyectos donde

$$E(VAN_s) \geq 0,$$

donde  $E(VAN_s)$  denota el valor esperado del  $VAN_s$ .

Lo cual incluye a los dos casos extremos anteriores. Este criterio resulta adecuado en los casos en los que no existen restricciones presupuestarias y el agente decisor es neutral ante el riesgo.

**Figura 3.3: Aceptar o rechazar un proyecto**

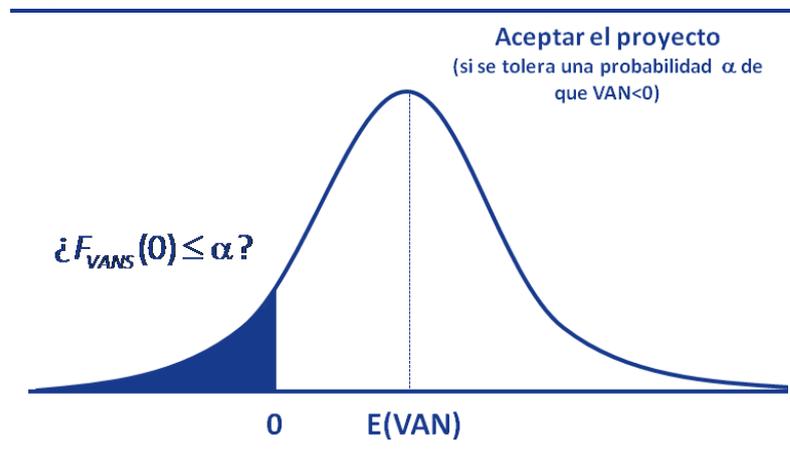


Sin embargo, cuando el riesgo asociado a la probabilidad de obtener valores negativos del VAN social sí resulta relevante para el agente decisor – por cualquiera de las razones discutidas anteriormente –, éste debe incorporar a la decisión toda la información proporcionada por la distribución de probabilidad y la decisión de aceptar o no el proyecto dependerá del umbral de riesgo que éste esté dispuesto a aceptar. Este umbral puede medirse, por ejemplo, en términos del nivel de tolerancia a los resultados negativos (una probabilidad  $\alpha$ ). Así,  $F_{VAN_S}$  representa la función de probabilidad acumulada del VAN social (función de distribución), y  $F_{VAN_S}(0)$  la probabilidad de que el VAN social sea negativo. Por tanto, el proyecto debe ser aceptado sólo si

$$F_{VAN_S}(0) \leq \alpha,$$

tal como se refleja en la siguiente figura, donde se considera que el valor crítico  $\alpha$  debe ser fijado exógenamente y antes de llevar a cabo la evaluación.

Figura 3.4: Función de distribución del VAN



En los casos en los que el agente decisor no sólo esté interesado en la probabilidad de que se generen pérdidas sino además en la posible *magnitud* de las mismas, los dos criterios anteriores podrían resultar insuficientes y deberían complementarse con alguna medida adicional que, en términos relativos, indicase la importancia de obtener valores negativos del VAN social.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Aunque existen otras alternativas, una posibilidad consistiría en calcular el valor absoluto del ratio:

$$\frac{E(VAN_s)}{E(VAN_s | VAN_s \leq 0)}$$

en cuyo denominador figura el valor esperado de la distribución de pérdidas. Un mayor valor de este ratio favorecería al proyecto, siendo rechazable cuanto menor resultase el cociente.

*Aceptar o rechazar un proyecto (con restricciones presupuestarias)*

Cuando existen restricciones presupuestarias todos los criterios anteriores deben supeditarse a obtener un *VAN* financiero (esperado) positivo o, a un nivel de pérdidas tolerables, determinado por el Gobierno.

En aquellos casos en el resultado financiero no sea asumible, junto a la posibilidad de rechazar el proyecto, debería contemplarse la posibilidad de modificar los ingresos y costes privados, por ejemplo mediante políticas de precios, con el fin de incrementar la probabilidad de que los valores del *VAN* financiero fuesen mayores, aun a costa de reducir el *VAN* social (siempre y cuando éste no sea negativo).

*Elegir entre dos (o más) proyectos*

Cuando la decisión que se plantea es la de comparar dos (o más) proyectos alternativos, la decisión debe formularse en términos de distintos “filtros” que permitan ir descartando a los peores proyectos. En el caso de que no existieran restricciones presupuestarias estos filtros vendrían determinados por los criterios anteriores, de manera que:

1. En primer lugar deben descartarse aquellos proyectos que no generen, en términos esperados, un *VAN* social positivo.
2. Posteriormente, deben descartarse los proyectos que, aun obteniendo  $E(VAN_S) > 0$  tengan una probabilidad acumulada de incurrir en beneficios sociales negativos superior a una probabilidad umbral  $\alpha$  establecida por el decisor.
3. Finalmente, en tercer lugar se descartarían proyectos que, cumpliendo el segundo requisito, presentasen valores muy elevados de pérdidas sociales esperadas en el caso de que el proyecto tuviera valores negativos del *VAN*<sub>S</sub>.

Si existieran restricciones presupuestarias deberían añadirse los dos criterios adicionales establecidos con anterioridad para el caso de aceptar o rechazar un proyecto:

4. Descartar los proyectos que generasen un *VAN*<sub>F</sub> inferior al preestablecido.
5. Descartar también aquéllos con *VAN*<sub>F</sub> esperado positivo pero cuya probabilidad de incurrir en pérdidas no fuese asumible por el agente decisor.

Una vez superados todos los filtros en el caso de que no haya restricción presupuestaria (filtros 1, 2 y 3) o en el caso de que exista una restricción presupuestaria (filtros 1, 2, 3, 4 y 5) se elegirá el proyecto que posea mayor *VAN* social en términos esperados.

*La decisión de retrasar un proyecto*

Cuando el *VAN* del proyecto evaluado es positivo, sabemos que el proyecto es socialmente deseable; sin embargo, afirmar que el proyecto es rentable en el año base, al que se han descontado

los flujos de beneficios netos, no equivale a decir que se deba comenzar con el proyecto en dicho año. Es posible que el VAN sea mayor retrasando el comienzo del proyecto.

Incluso con un VAN social y financiero positivos, es posible que sea socialmente rentable esperar, ya que podría ocurrir que esperando mejore el resultado porque los beneficios están creciendo y en los primeros años los beneficios son relativamente bajos, o bien que se revele información no disponible en el presente, sobre la demanda o la tecnología, que cambia la rentabilidad esperada del proyecto en el año cero. Consideremos las dos posibilidades.

#### *Cuando no se revela información adicional por el hecho de esperar*

A veces, la comparación entre proyectos consiste en ver si es más rentable comenzar hoy o esperar al año próximo. Pueden existir múltiples circunstancias que hagan rentable posponer el proyecto, cuando esto es técnicamente factible. Quizá la demanda está creciendo y el beneficio social derivado de atender la demanda del primer año no compensa el coste de oportunidad de los fondos a invertir. Supongamos que el proyecto supone una inversión inicial igual a  $I$  y beneficios netos anuales  $B_t$ . Es rentable retrasar un año si  $B_1 < i \cdot I$ , en cuyo caso el beneficio de posponer el proyecto un año es inferior al rendimiento de la inversión en la mejor alternativa disponible.

#### *Cuando al retrasar el proyecto se revela información adicional*

Cuando la inversión es irreversible, existe incertidumbre sobre los beneficios sociales que generará el proyecto durante su vida útil y es posible posponer el comienzo del proyecto, la alternativa de retrasar su ejecución no puede ignorarse sin que el VAN estándar se resienta como criterio de decisión.

Si el retrasar el proyecto revela información valiosa sobre los beneficios netos anuales, el valor monetario de dicha información se pierde cuando se realiza la inversión en el presente. En las condiciones señaladas de irreversibilidad, incertidumbre y posibilidad de retrasar, existe un coste de oportunidad de realizar la inversión en el presente. El invertir hoy supone perder el valor económico de dicha información, que se revela esperando y, por tanto, debe incluirse como coste en el cálculo del VAN. La regla de  $VAN > 0$  para aprobar un proyecto sigue siendo válida siempre que se incluya en los costes el coste de oportunidad que supone invertir en el presente cuando posponer la inversión revela información con valor económico.

El razonamiento anterior para calcular el coste de no esperar, puede presentarse eligiendo entre dos proyectos mutuamente excluyentes: uno consistente en invertir en el presente y otro retrasando la inversión. Calculamos alternativamente el VAN de ambos proyectos y se elige el que tenga un VAN mayor.



## 4. MÉTODOS DE CÁLCULO DE LOS CAMBIOS EN EL BIENESTAR SOCIAL

Todo mercado de transporte en equilibrio puede interpretarse de dos formas distintas, aunque equivalentes. Por un lado, puede verse como una asignación concreta de recursos productivos asociada a la actividad económica realizada por los agentes sociales participantes en dicho mercado – *productores, usuarios, contribuyentes y resto de sociedad* – proporcionando a la sociedad unos resultados concretos, en términos de precio, cantidad y calidad de transporte. Por otro lado, el reparto de estos resultados implica siempre unas determinadas ganancias o pérdidas para cada grupo de agentes, las cuales pueden medirse en términos de excedentes netos para cada uno de ellos. Puesto que los proyectos de transporte alteran los resultados alcanzados en equilibrio en los mercados de transporte y también modifican su reparto entre los agentes implicados, el cálculo de los cambios en el bienestar social producidos por un proyecto de transporte puede abordarse entonces desde esas dos perspectivas.

---

La medición de los **cambios en el bienestar social** producidos por un proyecto de transporte requiere considerar los efectos de dicho proyecto sobre el equilibrio de los mercados afectados por el mismo, bien examinando el cambio en los **excedentes**, o bien mediante el cambio en la **asignación de recursos y la disposición a pagar**.

---

La primera de ellas tiene por objeto medir los **cambios netos en la utilización de los recursos productivos aportados por la sociedad y en la disposición a pagar de los usuarios** que se producen como consecuencia de la realización de un proyecto de transporte. Se trata de comparar los equilibrios *con* y *sin* proyecto, y cuantificar el cambio en los recursos productivos y en la disposición a pagar como consecuencia de la ejecución del proyecto, ignorando las transferencias que puedan producirse entre los agentes participantes.

Por el contrario, la segunda perspectiva consiste en calcular las **variaciones en los excedentes de los diferentes agentes** al pasar del equilibrio *sin* proyecto al equilibrio *con* proyecto. En esta sección se analizan con detalle ambos enfoques, mostrando finalmente que se trata de procedimientos equivalentes que conducen al mismo resultado y cuya elección dependerá en gran medida de la información disponible.

### 4.1. El enfoque de los recursos productivos

La disponibilidad de datos nos lleva en un gran número de ocasiones a analizar los proyectos en función del cambio en los recursos productivos, siendo necesario entender cuál es el papel de cada uno de ellos.

De esta forma, desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto, la producción de infraestructuras y servicios en cualquier mercado de transporte requeriría la utilización de tres clases de recursos productivos, distinguiéndose en razón a su origen entre:

- los aportados por los **productores** a la función de producción (capital ( $K$ ), trabajo ( $L$ ), equipo móvil ( $E$ ), energía y repuestos ( $R$ ), incluyendo dentro del capital la utilización de las infraestructuras en la prestación de los servicios y el resto de activos con excepción de los vehículos),
- el tiempo de viaje, como recurso aportado por los **usuarios** y,
- finalmente, el conjunto de recursos – naturales o no – aportados por el **resto de sociedad**.

#### *Los costes sociales del transporte*

El uso de dichos factores supone un coste de oportunidad social por la renuncia de aplicar los mismos en otros usos alternativos.

Así, dependiendo de quién aporta los recursos (y soporta, por tanto, dicho coste) puede distinguirse entre: **costes de los productores** ( $C_P$ ), **costes de los usuarios** ( $C_U$ ) y **costes del resto de sociedad** ( $C_{RS}$ ). La suma de estas tres partidas proporciona el **coste social** ( $C_S$ ) de cualquier actividad de transporte,

$$C_S = C_P + C_U + C_{RS}, \quad (4.1)$$

el cual representa el coste que supone para la sociedad en su conjunto la asignación concreta de recursos que debe hacer para disponer de una determinada infraestructura y de servicios de transporte a partir de ésta. En términos más intuitivos, este coste social representa todos los otros bienes y servicios que la sociedad deja de percibir por destinar los *inputs* y recursos al proyecto en cuestión. Veamos cada uno de sus componentes con mayor detalle.

#### *Costes de los productores*

Desde una perspectiva integrada, los costes de los productores en un mercado de transporte se corresponden con la utilización de los factores productivos aportados por las empresas que llevan a cabo la provisión de infraestructuras y servicios de transporte en un determinado mercado.

Así, las partidas principales de costes serían las asociadas al factor capital (incluyendo infraestructuras), los costes laborales, los costes asociados al equipo móvil, y los de energía y repuestos:

$$C_P = p_K K + p_L L + p_E E + p_R R, \quad (4.2)$$

donde  $p_K, p_L, p_E, p_R$  representan los correspondientes precios unitarios de cada *input* valorados a su coste de oportunidad social.

Si nos aproximamos a esta función desde el punto de vista de un análisis económico de corto plazo en el que alguno de los factores es fijo, normalmente  $K$ ,  $E$ , o ambos, entonces implícitamente las capacidades máximas de la infraestructura o de los servicios de transporte están fijadas ( $\bar{q}_I, \bar{q}_S$ ), lo que nos permite reformular la función de costes del productor.

$$C(\bar{q}_I; \bar{q}_S; q) = a\bar{q}_I + b\bar{q}_S + cq = F + cq, \quad (4.3)$$

donde  $q$  es el nivel de utilización real de la capacidad de transporte, determinado por la demanda, y  $a$ ,  $b$ ,  $c$  son los respectivos costes unitarios (no necesariamente constantes) asociados a incrementar en una unidad la capacidad de la infraestructura, a incrementar en una unidad la capacidad de los vehículos o a atender un viajero adicional, respectivamente. En el largo plazo todos los costes en (4.3) son variables, mientras que en el corto plazo alguno de los dos sumandos iniciales (o ambos) constituye un coste fijo ( $F$ ), ya que no varía con  $q$ .

#### Costes de los usuarios

Los usuarios aportan el tiempo de viaje ( $\tau$ ) para la provisión de servicios de transporte y su coste viene determinado por la *desutilidad* que generalmente les proporciona a los individuos el tiempo de viaje. Esta desutilidad tiene un valor monetario por unidad de tiempo ( $v$ ), dado que los usuarios estarían dispuestos a pagar si mejoran las condiciones de viaje y llegan (ellos o sus mercancías) a su destino en menor tiempo. Por tanto,  $v\tau$  representaría el coste de oportunidad de dicho tiempo. En otros casos, no resulta posible establecer una relación tan directa, por lo que conviene considerar de manera separada la valoración de la incomodidad y otros elementos de desutilidad que puede expresarse como  $\theta$ .<sup>9</sup>

De esta forma, y suponiendo para simplificar que, para el individuo medio,  $v$  es el valor monetario del tiempo y  $\theta$  es el valor monetario atribuido a la desutilidad de los servicios. El coste total soportado por los usuarios ( $q$ ) será por tanto:

$$C_U = C_U(q, \tau) = (v\tau + \theta)q, \quad (4.4)$$

siendo el coste unitario (o medio) por usuario igual a:

$$c_U = \frac{C_U}{q} = v\tau + \theta. \quad (4.5)$$

<sup>9</sup> El parámetro  $\theta$  es una medida de desutilidad que puede ser interpretada como el “valor monetario atribuido por los usuarios a la desutilidad de los servicios de transporte”. Puede incluir, además de la incomodidad, aspectos como la valoración del riesgo de accidente asociado a utilizar un determinado modo de transporte o, en el caso de las mercancías, cuestiones relativas a la fiabilidad de las entregas, riesgo de roturas o robos, etc. En ocasiones, simplemente se incluye dentro del valor del tiempo.

### Costes del resto de sociedad

La determinación de los costes que soporta el resto de sociedad asociados a la producción de infraestructuras y servicios de transporte requiere valorar el coste de oportunidad de los recursos naturales, en un sentido amplio, aportados a dicha producción por agentes externos a la actividad de transporte, es decir, aquellos que no son ni productores ni usuarios directos de la misma, debiéndose utilizar para su cuantificación alguna función de valoración  $\varepsilon(\cdot)$  adecuada:

$$C_{RS} = \varepsilon(N) . \quad (4.6)$$

De forma general, cuando  $N$  se interpreta como “recursos naturales” esta expresión permitiría valorar los daños causados por la contaminación, intrusión visual, ruido, efectos barrera, residuos y cualquier otro impacto sobre el medio ambiente.<sup>10</sup>

Identificar y medir los costes del resto de sociedad no siempre resulta sencillo, particularmente en lo que se refiere a su relación con las *externalidades*. El término externalidad (o coste externo) se utiliza habitualmente para referirse a todos los efectos (tanto negativos como positivos) causados por la actividad de transporte a quienes no participan directamente en ella. Esta definición no genera excesivas dificultades con respecto a los daños medioambientales del transporte: se trata principalmente de efectos causados sobre terceros (“resto de sociedad”), aunque también afectan al grupo de los productores y usuarios del transporte en el caso de que estén internalizadas como ocurre con los impuestos pigouvianos. En cualquier caso hay que evitar la doble contabilización.

En lo referente a los accidentes, una parte del coste es soportado por los usuarios y productores del transporte, mientras que otra la afronta el grupo “resto de sociedad”. Los usuarios internalizan la parte de coste que les corresponde, por ejemplo, al pagar un seguro o al valorar el riesgo de accidente como una dimensión adicional de desutilidad (en  $\theta$ ), mientras que las acciones que realizan los productores para reducir dicho riesgo se reflejan en los costes del productor. El resto de costes (accidentes sufridos por peatones, por ejemplo) se computan en “resto de sociedad” (*Anexo III*).

En relación a la congestión, desde el punto de vista del análisis coste-beneficio la distinción fundamental es si ésta se produce dentro del mercado primario o en un mercado secundario. Si el proyecto supone una reducción de la congestión en el mercado primario, dicho efecto está medido en el nuevo tiempo de viaje de los usuarios *con* proyecto frente a la situación *sin* proyecto, dentro del propio mercado de transporte. Cuando el cambio de equilibrio en el mercado primario afecta a

---

<sup>10</sup> Si en  $N$  se consideran otros recursos aportados por la sociedad a la producción de infraestructuras y servicios de transporte – en particular, servicios públicos como la policía o el sistema público sanitario – la expresión (4.6) reflejaría el coste de oportunidad de estos recursos que resulta imputable a la actividad de transporte, aunque indistintamente pueden estos costes incluirse en el grupo contribuyentes o incluso en el grupo productores públicos, cuyo saldo neto negativo acabaría finalmente en contribuyentes. Lo importante es contabilizar todos los recursos que se utilizan o se ahorran con el proyecto y evitar la doble contabilización.

un mercado secundario en el que existe congestión, el efecto sigue el mismo tratamiento que cualquier otro efecto indirecto, y deberá incluirse o no en el cómputo de beneficios y costes del proyecto dependiendo de si existe o no diferencia entre el precio y el coste marginal en dicho mercado (tasa óptima de congestión en este caso).

### **La disposición a pagar de los usuarios**

Generalmente, los principales beneficios de un proyecto de transporte pueden considerarse reducciones en los costes generalizados de los usuarios existentes (ahorros de tiempo, aumentos de calidad, etc.) y la disposición a pagar de los nuevos usuarios. Idealmente, en ambos casos, habría que calcular el impacto de los cambios producidos por el proyecto sobre el bienestar o utilidad de los individuos. Sin embargo, la utilidad no es medible, por lo que una alternativa utilizada por los economistas consiste en utilizar una valoración monetaria de dichos beneficios.

Tanto para el tiempo ahorrado en el tráfico ya existente como para el valor social del nuevo tráfico (generado o desviado de otros modos), se utiliza el concepto de **disposición a pagar** (*DAP*) como aproximación monetaria de los cambios en el bienestar individual. Estas mediciones monetarias de los cambios reales en la utilidad sólo son comparables si una unidad monetaria tiene el mismo efecto sobre el bienestar social con independencia de quién es el individuo y su nivel de renta. En adelante, supondremos que una unidad monetaria tiene un mismo efecto sobre el bienestar con independencia del beneficiario.<sup>11</sup>

Los fundamentos de la disposición a pagar se encuentran asentados en la **teoría del comportamiento del consumidor**, particularmente reflejadas en el concepto de **variación compensatoria y equivalente**, de donde se obtiene la demanda de transporte como resultado de un proceso de elección racional en el que un usuario (un pasajero o dueño de mercancías) elige la *cantidad* de transporte que desea consumir teniendo en cuenta el *precio* total que debe pagar por ella. De esta forma, la demanda de transporte (por ejemplo, en términos de viajes diarios en un determinado modo de transporte) está relacionada de manera inversa con el **precio generalizado** de cada viaje  $g$ , donde  $g$  puede definirse como:

$$g = p + v\tau + \theta, \quad (4.7)$$

siendo  $p$  el importe pagado por el usuario por cada viaje a un transportista en forma de billete, peaje, flete, etc. Este importe no forma parte del coste del usuario definido en (4.5) desde la perspectiva del coste social excluyendo las transferencias de renta, ya que no se trata de un recurso aportado por la sociedad a la producción de transporte, sino de una mera transferencia de dinero que no se contabiliza bajo el enfoque de los recursos, adoptado en esta sección.

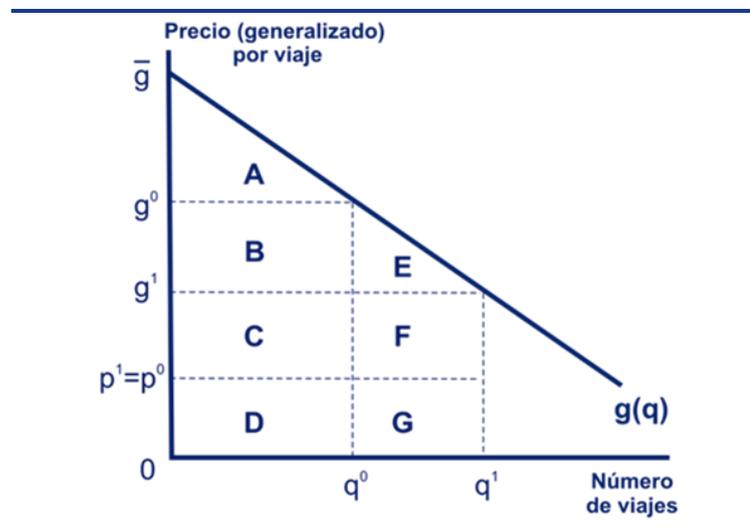
<sup>11</sup> En las ponderaciones por razones de equidad (la utilidad social marginal de la renta) incluyen tanto el efecto sobre la utilidad individual de un aumento de renta (utilidad marginal de la renta) como el efecto del cambio de la utilidad individual sobre el bienestar social (utilidad marginal social).

Como puede observarse, la expresión anterior se refiere al precio generalizado en el transporte por cuenta ajena. En el caso del transporte por cuenta propia, donde el usuario coincide con el productor, el precio también incluye el coste (medio por viaje) de operación y mantenimiento del vehículo propio ( $z$ ), añadiendo en su caso el resto de costes en los que deba incurrir el usuario-productor para prestarse a sí mismo el servicio (por ejemplo, peajes,  $p$ ). También cabría incluir en (4.7) los impuestos y subvenciones unitarias (denotados por  $\zeta$ ) que afectasen al precio generalizado, por lo que la expresión anterior se extendería finalmente a:

$$g = p + z + \zeta + v\tau + \theta. \quad (4.8)$$

La función de demanda (derivada) de transporte  $g(q)$  representada en la *Figura 4.1* permite analizar con mayor detalle cuál es el valor real que los usuarios atribuyen a la cantidad demandada de transporte. Inicialmente, cuando el precio generalizado es  $g^0$ , el número de viajes que se realizarían, por ejemplo, anualmente, en un mercado de transporte viene dado por  $q^0$ . Esto equivale a considerar que  $g^0$  es precisamente el máximo precio (generalizado) que el último usuario está dispuesto a pagar por realizar el viaje  $q^0$ , y lo mismo sucedería con cada uno de los viajes situados entre 0 y  $q^0$  si medimos la distancia entre el eje horizontal y la curva de demanda. Por tanto, la función de demanda refleja, de izquierda a derecha, una ordenación decreciente de valoraciones individuales del transporte, haciendo que la valoración social de  $q^0$  viajes o **disposición a pagar de los usuarios** por dichos viajes sea igual al área total situada por debajo de la función  $g(q)$ , es decir, a la suma **A + B + C + D**.

*Figura 4.1: Precio generalizado y disposición a pagar*



Una simplificación habitual en este tipo de análisis consiste en considerar que el valor monetario atribuido a la calidad de los servicios ( $\theta$ ), y que forma parte del coste (unitario) del usuario definido en (4.5), ya está incluido en el valor monetario del tiempo de viaje ( $v$ ) y que éste no varía con el proyecto ( $v = v^0 = v^1$ ), de forma que dicho coste del usuario puede simplificarse a  $c_U = v\tau$ . Asimismo, en la figura anterior también supondremos para simplificar que  $p^0 = p^1$ , y también que  $z$

$= \zeta = 0$ . De esta forma, la distancia vertical entre  $g^0$  y  $p^0$  es igual a  $v\tau^0$ , de acuerdo con (4.8), y el área **B + C** (es decir,  $v\tau^0 q^0$ ) representaría el valor monetario total del tiempo de viaje invertido por los usuarios en este mercado antes de la intervención.

Sin embargo, la definición de un proyecto de transporte como una actuación pública que altera el equilibrio existente inicialmente en los mercados de transporte hace que el cálculo de la disposición a pagar en términos absolutos, tal como se ha presentado, no sea necesario. Por el contrario, sólo necesitamos el **cambio en los recursos aportados por los usuarios** y el **cambio en la disposición a pagar** originada por la incorporación de nuevos usuarios como consecuencia del proyecto, lo cual implica comparar un nuevo equilibrio ( $g^1, q^1$ ) con el equilibrio inicial ( $g^0, q^0$ ).<sup>12</sup>

En la *Figura 4.1* se ha considerado por tanto que el único efecto del proyecto de transporte es una disminución del tiempo de viaje ( $\tau^1 < \tau^0$ ), lo cual conduce a un nuevo equilibrio donde el número de viajes realizados diariamente aumenta hasta  $q^1$ , con  $g^1 < g^0$ . De acuerdo con el análisis anterior, la disposición total a pagar por este número de viajes es de nuevo igual al área situada por debajo de la función de demanda entre 0 y  $q^1$ , y el ahorro de recursos es igual al área **B**, a lo que hay que añadir el cambio en la disposición total a pagar por la incorporación de nuevos usuarios (área **E + F + G**). El **beneficio monetario bruto** que atribuyen los usuarios al proyecto viene dado por el área **B + E + F + G**.

#### *La determinación del cambio en el bienestar social*

La medición del cambio en el bienestar social ( $\Delta BS$ ) que se produce como consecuencia de la realización de un proyecto de transporte consiste en determinar qué recursos (de los aportados actualmente) se ahorra la sociedad como consecuencia de dicho proyecto, determinar qué nuevos recursos productivos resulta necesario aportar, valorar dichos recursos a su coste de oportunidad *social*, y añadir el valor social del nuevo tráfico generado y, en su caso, los efectos indirectos y otros efectos económicos adicionales.

Con relación a los primeros y de manera agregada, el valor de los recursos ahorrados por la sociedad puede aproximarse a partir de la diferencia entre el coste social de la actividad de transporte *con* y *sin* proyecto. Tal como fue definido en (4.1), este coste ( $C_s$ ) incluye el coste de los productores, el coste de los usuarios y los costes externos, definidos todos como el valor de los recursos aportados por cada uno de ellos a la producción.

Así, el **ahorro de recursos** que debe computarse para el cálculo del cambio en el bienestar que se produce como consecuencia de un proyecto de transporte incluiría los siguientes tres elementos:

<sup>12</sup> La decisión sobre si un beneficio es un cambio en los recursos o en la disposición a pagar es de alguna manera arbitraria. Por ejemplo, una reducción de tiempo en el tráfico existente es considerada en el **MANUAL** como un ahorro de recursos, aunque podría haberse tratado indistintamente como un aumento de la disposición a pagar de los usuarios existentes. Lo importante es ser consistente y no incurrir en doble contabilización.

1. El valor monetario de la utilización neta de los recursos productivos aportados por los productores (públicos o privados), medidos a través de los cambios producidos en sus costes ( $C^0 - C^1$ ), siendo  $C^1$  los costes *con proyecto* (incluyendo los costes de la inversión) y  $C^0$  los costes *sin proyecto*, valorados en ambos casos como coste de oportunidad *social*, no representados en la *Figura 4.1*
2. El valor monetario del ahorro de tiempo de los usuarios iniciales,  $(v\tau^0 - v\tau^1)q^0$  (incluyendo también posibles mejoras en la calidad, dentro de  $v$ ) representado por el área **B** en la *Figura 4.1*.
3. El valor monetario del cambio en los recursos aportados por el resto de sociedad. Esto incluye, entre otros, aspectos tales como la valoración monetaria del cambio producido en las externalidades generalmente negativos ocasionadas por el proyecto. Estos efectos no son necesariamente proporcionales a la cantidad producida, por lo que podrían denotarse por  $(E^1 - E^0)$  recogiendo el cambio con proyecto con respecto a las externalidades sin proyecto.

Por otra parte, además de producir un ahorro de recursos para los  $q^0$  usuarios iniciales (equivalente al área **B**), la disminución del precio generalizado de  $g^0$  a  $g^1$  en la *Figura 4.1* produce un aumento de la demanda de viajes diarios igual a  $q^1 - q^0$ . Al tratarse de nuevos viajes que se realizan en este mercado como consecuencia del proyecto, éstos deben incorporarse a la medición de los cambios en el bienestar social.<sup>13</sup>

Por lo tanto, debe añadirse la **disposición a pagar de los nuevos usuarios** definida formalmente por la suma de las áreas **E + F + G**, esto es,

$$\frac{1}{2}(g^0 + g^1)(q^1 - q^0),$$

pero también debe sustraerse los recursos aportados por los nuevos usuarios. En este caso, se trata del valor del tiempo invertido por éstos (área **F**),  $v\tau^1(q^1 - q^0)$ .

La suma de los elementos anteriores resume la totalidad de efectos directos del proyecto, es decir, aquellos que tienen lugar a través de cambios en los equilibrios en el mercado de transporte sobre el que se realiza la intervención (mercado  $j$ ).

Los efectos indirectos son los inducidos por el proyecto más allá del mercado primario; son los cambios que se producen en el resto de la economía, incluidos otros mercados de transporte sobre los que el proyecto no actúa directamente pero que se ven afectados por el cambio que ocurre en el

<sup>13</sup> El aumento de viajes ( $q^1 - q^0$ ) puede ser de nueva generación o desviados de otros modos de transporte. Su tratamiento es idéntico. Lo que ocurra en el mercado secundario de donde proceda la demanda desviada es otra cuestión. Los usuarios de dichos mercados pueden ver afectado su equilibrio por el hecho de la reducción de viajes en dichos mercados. La medición específica de este efecto intermodal es idéntica a la medición de los efectos indirectos en cualquier otro mercado.

mercado directamente afectado por el proyecto (los denominados *efectos intermodales*). En general puede afirmarse – y esto simplifica de manera notable la evaluación – que los efectos indirectos pueden ignorarse siempre que, en los mercados donde se producen, el beneficio social marginal sea igual al coste social marginal. Cuando esto no ocurre, el efecto indirecto es la diferencia del beneficio social marginal y el coste social marginal (expresada como distorsión unitaria  $D_i$ ) multiplicada por el cambio en la cantidad producida, tal como recoge la expresión

$$\sum_{i \neq j} D_i (q_i^1 - q_i^0),$$

donde el subíndice  $i$  hace referencia a todos los mercados con excepción del mercado primario de transporte ( $j$ ).

Dentro de los efectos de los proyectos que reducen el coste de transporte están, como ya se ha discutido, los denominados *wider economic benefits*. Aunque estos efectos económicos adicionales existan, aún no se ha traducido en criterios claros para la práctica de la evaluación económica de proyectos. De hecho, el riesgo de doble contabilización es tan alto que lo más razonable es no incluir beneficios adicionales en los proyectos pequeños concentrando el esfuerzo en los efectos directos, invirtiendo recursos para estudios específicos sólo en el caso de los grandes proyectos o planes de inversión.

Finalmente, reordenado todas las expresiones anteriores, el **cambio en el bienestar social anual** asociado a un proyecto de transporte calculado **bajo el enfoque de los recursos** vendría dado por:

$$\begin{aligned} & (v^0 \tau^0 - v^1 \tau^1) q^0 + \frac{1}{2} (g^0 + g^1) (q^1 - q^0) - v^1 \tau^1 (q^1 - q^0) + \\ & - (C^1 - C^0) - (E^1 - E^0) + \sum_{i \neq j} D_i (q_i^1 - q_i^0) \end{aligned}$$

Esta expresión corresponde a la comparación de los correspondientes equilibrios *con* y *sin* proyecto para uno de los períodos durante los cuales el proyecto tenga efectos, tal como fue analizado a partir de la *Figura 2.1*, además de los efectos indirectos producidos en otros mercados.

De forma más general, para un proyecto cuyos efectos tienen lugar entre los períodos  $t = 0$  y  $t = T$ , el cambio total en el bienestar social se obtendría finalmente como:

---


$$\begin{aligned} \Delta BS = \sum_{t=0}^T \delta^t & \left[ (v_t^0 \tau_t^0 - v_t^1 \tau_t^1) q_t^0 + \frac{1}{2} (g_t^0 + g_t^1) (q_t^1 - q_t^0) - v_t^1 \tau_t^1 (q_t^1 - q_t^0) + \right. \\ & \left. - (C^1 - C^0) - (E^1 - E^0) + \sum_{i \neq j} D_{it} (q_{it}^1 - q_{it}^0) \right], \end{aligned} \tag{4.9}$$


---

donde  $\delta^t$  representa el factor de descuento.

## 4.2. El enfoque del cambio en los excedentes

Frente a la aproximación de los recursos descrita hasta ahora, una forma alternativa de medir los costes y beneficios consiste en calcular el cambio en los excedentes de los distintos agentes sociales como consecuencia del proyecto. El enfoque del cambio en los excedentes permite conocer quién gana y quién pierde con un proyecto, que en ocasiones resulta fundamental para anticipar el grado de aceptación o rechazo que éste tendrá, para hacer consideraciones desde el punto de vista de la equidad o también para facilitar la financiación del proyecto. En este caso los pagos o transferencias que se realizan los agentes unos a otros sí resultan relevantes ya que determinan el tamaño final de la renta percibida por cada uno de ellos.

El excedente social ( $ES$ ) que se produce en cualquier mercado se reparte entre los cuatro grupos anteriores:

$$ES = EC + EP + EG + ERS, \quad (4.10)$$

por lo que está integrado por *el excedente de los usuarios* ( $EC$ ), *el excedente de los productores* ( $EP$ ), *el excedente de los contribuyentes* ( $EG$ ) y *el excedente* que hemos denominado “resto de sociedad” ( $ERS$ ). Veamos cada uno de estos elementos con mayor detalle.

### *El excedente de los usuarios*

El excedente de los usuarios es una medida monetaria del cambio en el bienestar de este grupo social que está relacionado con el concepto de disposición a pagar presentado anteriormente en la *Figura 4.1*. Formalmente se define como la diferencia entre la valoración total de la cantidad de transporte que demandan los usuarios del mismo y el precio generalizado que esta cantidad supone realmente para ellos. Así, en el equilibrio inicial ( $g^0, q^0$ ), este excedente de los usuarios viene dado por el área **A**, es decir:

$$EC^0 = \frac{1}{2}(\bar{g} - g^0)q^0,$$

mientras que en el nuevo equilibrio ( $g^1, q^1$ ) sería igual a la suma de las áreas **A + B + E**:

$$EC^1 = \frac{1}{2}(\bar{g} - g^1)q^1.$$

En la evaluación de un proyecto no buscamos el excedente total sino el cambio que se produce en el mismo como consecuencia del proyecto; y esto simplifica notablemente el trabajo. En la *Figura 4.1* dicho **cambio en el excedente de los usuarios** viene definido por la diferencia entre las dos expresiones anteriores, y equivaldría a **B + E**. Este excedente se explica por dos factores: el efecto de la reducción del precio sobre los usuarios iniciales (área **B**) y el excedente de los nuevos usuarios que se incorporan al mercado (área **E**). Formalmente, el cambio puede expresarse como la suma de ambas áreas

$$\Delta EC = (g^0 - g^1)q^0 + \frac{1}{2}(g^0 - g^1)(q^1 - q^0),$$

lo que es igual a la denominada *regla de la mitad*:

$$\Delta EC = \frac{1}{2}(g^0 - g^1)(q^0 + q^1). \quad (4.11)$$

#### **El excedente de los productores**

El **excedente de los productores** (*EP*) se define como la diferencia entre los ingresos totales y los costes variables de todas las empresas (públicas y privadas) que llevan a cabo la construcción y explotación de infraestructuras y servicios de transporte en un mercado, aunque suponiendo, por simplicidad, un solo productor:

$$EP = pq - C. \quad (4.12)$$

En el caso del transporte por cuenta propia, el agente actúa a la vez como productor y usuario de sus propios servicios de transporte, lo que nos obligaría a incluir como costes todos aquellos gastos asociados a la operación y mantenimiento de los vehículos, pero también los ingresos en contraprestación de los servicios prestados a sí mismo. Por tanto, no existe ningún efecto sobre el excedente real, por lo que se excluyen del cálculo del excedente de los usuarios.

El **cambio en el excedente de los productores** como consecuencia de un proyecto de transporte viene dado, a partir de (4.12), por la diferencia entre la situación *con* y *sin* proyecto,  $EP^1 - EP^0$ , es decir:

$$\Delta EP = (p^1 q^1 - p^0 q^0) - (C^1 - C^0), \quad (4.13)$$

y su signo y cuantía depende de cómo afecte el proyecto a los ingresos y costes de las empresas.<sup>14</sup>

#### **El excedente de los contribuyentes y del resto de sociedad**

En general, el excedente de los contribuyentes viene dado por la diferencia entre los ingresos que obtiene mediante la recaudación de impuestos y los gastos que realiza mediante el pago de subvenciones.<sup>15</sup> Si consideramos para simplificar que tales impuestos y subvenciones pueden expresarse a través de un impuesto neto unitario por cada viaje realizado y denotado por  $\zeta$ , el

<sup>14</sup> Tal como se ha indicado anteriormente, los costes de inversión están incluidos en los costes *con* proyecto ( $C^1$ ). En el cálculo del excedente social, los costes deberán estar valorados al coste de oportunidad social.

<sup>15</sup> También por ingresos en las privatizaciones o por ingresos cobrados por el uso de las infraestructuras (estos podrían aparecer en el excedente del productor de las empresas públicas si así lo hemos definido). Como siempre, lo relevante es evitar doble contabilización.

**cambio en el excedente de los contribuyentes** como consecuencia de un proyecto de transporte vendría dado simplemente por:

$$\Delta EG = \zeta^1 q^1 - \zeta^0 q^0, \quad (4.14)$$

donde  $\zeta q$  representa la recaudación fiscal (neta de subvenciones).<sup>16</sup>

La medición del **cambio en el excedente del resto de sociedad** como consecuencia de un proyecto de transporte resulta mucho más difícil de precisar, ya que en muchas ocasiones los recursos que se intercambian son de propiedad común y/o corresponden a bienes para los que no hay mercado. En el caso de los muertos y heridos en las carreteras o en el caso de los impactos medioambientales hay distintas aproximaciones metodológicas para estimar su valor monetario (el de una reducción de muertos y heridos, o el de un aumento del ruido).

Teniendo en cuenta que la mayoría de las externalidades del transporte son negativas (otros efectos positivos que podrían denominarse externalidades se recogen en los efectos indirectos) podemos reflejar el beneficio o el daño del proyecto definiendo la externalidad como un coste (E), no necesariamente lineal con el volumen de producción, como por ejemplo ocurre con el efecto barrera. Así, el cambio en el excedente del resto de sociedad puede expresarse como:

$$\Delta ERS = -(E^1 q^1 - E^0 q^0). \quad (4.15)$$

En otros casos, la determinación del cambio en los excedentes del resto de sociedad requiere una discusión más detallada tanto del origen de dicho excedente como de hasta qué punto está relacionado con el proyecto de transporte. En los accidentes, por ejemplo, las primas de seguros pagadas por los usuarios y productores del transporte reducen sus respectivos excedentes, aumentando los de las compañías aseguradoras, las cuales deben considerarse en el cómputo del excedente social. En el grupo resto de sociedad sólo se contabilizarían los efectos de los accidentes que no han sido internalizados.

Los efectos indirectos en el resto de mercados ( $i \neq j$ ) pueden representarse como cambios en sus correspondientes equilibrios ( $q_i^1 - q_i^0$ , con y sin proyecto, respectivamente) denotándose como  $D_i$  el grado de distorsión en dichos mercados, medido como la diferencia entre el precio y el coste marginal en cada uno de ellos. Así, el conjunto de efectos indirectos vendría dado por:

$$\sum_{i \neq j} D_i (q_i^1 - q_i^0),$$

cuyo signo global puede ser positivo, negativo o cero.

<sup>16</sup> Suponemos que los impuestos son recaudatorios y no está destinados a internalizar una externalidad. Si el impuesto está destinado a internalizar una externalidad el ingreso de los contribuyentes aparecerá con signo menos en el saldo de los productores, o usuarios, y en el “resto de la sociedad”, por lo que el efecto neto en el excedente social es el valor negativo de la externalidad.

### La determinación del cambio en el bienestar social

Al igual que se hizo mediante la aproximación de los recursos, una vez definidos y calculados los excedentes de los distintos agentes que participan en cualquier mercado de transporte, y añadidos los efectos indirectos relevantes, es posible determinar el **cambio en el bienestar social** asociado a un proyecto que modifica los excedentes de los distintos agentes sociales en el equilibrio *sin* proyecto de dicho mercado.

Bajo el supuesto de que una unidad monetaria tiene el mismo valor social con independencia de qué agente social la recibe o la pierde, y que los precios de los factores reflejan su coste de oportunidad social, se trata de sumar los cambios que se producen en los excedentes de cada uno de los agentes afectados:

$$\Delta BS = \Delta EC + \Delta EP + \Delta EG + \Delta ERS. \quad (4.16)$$

Es decir, de acuerdo con las expresiones anteriores y añadiendo ahora los efectos indirectos, el cambio en el bienestar social es ahora igual a:

$$\frac{1}{2}(g^0 - g^1)(q^0 + q^1) + (p^1 q^1 - p^0 q^0) - (C^1 - C^0) + (\zeta^1 q^1 - \zeta^0 q^0) - (E^1 - E^0) + \sum_{i \neq j} D_i (q_i^1 - q_i^0),$$

donde de nuevo, para la evaluación de un proyecto deberá calcularse esta suma en cada uno de los períodos ( $\Delta BS_t$ ) durante los cuales el proyecto genere efectos comparando los correspondientes equilibrios *con* y *sin* proyecto.

La expresión equivalente a (4.9) para medir el **cambio total en el bienestar social bajo el enfoque de los excedentes** cuyos efectos tienen lugar entre  $t = 0$  y  $t = T$  es:

$$\Delta BS = \sum_{t=1}^T \delta^t \left[ \frac{1}{2}(g_t^0 - g_t^1)(q_t^0 + q_t^1) + (p_t^1 q_t^1 - p_t^0 q_t^0) - (C_t^1 - C_t^0) + (\zeta_t^1 q_t^1 - \zeta_t^0 q_t^0) - (E^1 - E^0) + \sum_{i \neq j} D_{ii} (q_{ii}^1 - q_{ii}^0) \right], \quad (4.17)$$

donde  $\delta^t$  representa el factor de descuento.

Obsérvese finalmente que esta expresión realiza una mera agregación de los excedentes de cada agente sin introducir ningún tipo de ponderación entre ellos, lo que equivale implícitamente a atribuirles el mismo peso dentro del cómputo del bienestar social. Además, los efectos indirectos aparecen agregados sin que sepamos su reparto entre los diferentes individuos afectados. A continuación analizamos con más detalle el problema de equidad asociado a los proyectos y políticas públicas.

### 4.3. Eficiencia y equidad en la evaluación de proyectos

La mayoría de los proyectos de inversión pública provocan impactos redistributivos que afectan al conjunto de agentes que componen la sociedad. Existen muchos proyectos cuyos costes son soportados íntegramente por los contribuyentes, mientras que los beneficios se concentran en un grupo determinado de la sociedad. Otros proyectos benefician a grupos más amplios pero concentran sus efectos negativos sobre un grupo social. A veces, los efectos desbordan los límites del grupo objetivo, repercutiendo sobre el bienestar de una población más amplia. Otras veces, el beneficiario final de la política es difícil de determinar *ex ante*.

La *equidad distributiva* hace referencia al impacto del proyecto sobre la renta neta disponible y el valor en términos reales del patrimonio de los agentes. Además, en el caso particular de los proyectos de inversión en infraestructuras de transporte es habitual que se produzcan efectos territoriales heterogéneos que favorezcan en distinta medida unas zonas territoriales respecto a otras. Este último caso lo referiremos como impactos sobre la localización de la actividad económica.

El uso y disfrute de recursos no renovables por parte de la generación actual puede afectar positiva o negativamente el potencial correspondiente a las generaciones futuras. Este efecto es más intenso en función de la vida útil de la inversión, el uso de recursos no renovables, y la existencia de impactos perjudiciales e irreversibles sobre el medioambiente. Una forma de tener en cuenta este impacto sobre la *equidad intergeneracional* es a través del tipo de descuento.

En cada sociedad, es posible que distintos grupos socioeconómicos tengan marcadas preferencias por distintos modos de transporte. Un estudio sencillo de demanda de transporte identificaría a los distintos grupos de usuarios y los beneficios potenciales que dicha inversión les podría acarrear. En este sentido, la inversión destinada a un determinado modo de transporte provoca cambios en el bienestar de los agentes económicos. La decisión de inversión en infraestructuras de transporte suele consistir en un compromiso entre eficiencia y equidad. En aquellos casos en los que la aplicación de los criterios de eficiencia y las consideraciones de equidad entran en conflicto, la decisión depende de las preferencias del decisor público. Dado el carácter eminentemente subjetivo de los aspectos redistributivos, las herramientas diseñadas para asistir en el proceso de decisión no pueden ofrecer soluciones únicas. En cambio, se trata de ofrecer mecanismos que permitan orientar al decisor en su toma de decisión, pero sin entrar a juzgar cuál o en qué medida unos proyectos son preferibles a otros.<sup>17</sup>

En la práctica del análisis coste-beneficio no suele emplearse la ponderación por razones de equidad y, por tanto, de manera implícita, se les concede el mismo peso a todos los individuos. En

---

<sup>17</sup> Una descripción más detallada de estos recursos se puede encontrar en el *Anexo III* y en el documento *Los impactos sobre la equidad distributiva y espacial de los proyectos de infraestructura de transporte*.

cambio, los economistas consideran, en general, que el valor social de un euro adicional obtenido por un individuo con renta alta tiene una menor repercusión sobre el bienestar social que cuando lo recibe un individuo con renta baja. De acuerdo con este criterio, los individuos con rentas inferiores deberían tener un mayor peso en el modelo de análisis coste-beneficio que el que se les aplica a los individuos con mayor renta.

Sin embargo, esta práctica ha sido cuestionada desde el punto de vista teórico y desde el punto de vista empírico (entre otros, por ejemplo, por el Banco Mundial), recomendando no usar ningún tipo de peso o ponderación en el análisis coste-beneficio. La principal causa teórica se basa en el riesgo de aceptar la implementación de proyectos ineficientes, ya no tanto por la utilidad que aporta el proyecto en sí mismo, sino para satisfacer el criterio de desigualdad entre los distintos grupos de renta. Este último caso sería poco deseable, porque el proyecto lograría una redistribución de la renta que tal vez, a través del uso de otros mecanismos fiscales, se lograría de igual forma y a un menor coste. En la práctica, el uso de pesos distribucionales es subjetivo y los evaluadores no suelen sentirse cómodos en el momento de decidir entre una función de pesos u otra. Otro inconveniente es el enorme esfuerzo en tiempo que supone identificar los beneficios para cada uno de los grupos. Estos dos motivos junto al de ineficiencia ya mencionado ponen en tela de juicio el empleo de los pesos distribucionales.

Es frecuente que gran parte del beneficio del proyecto se capitalice en el valor del suelo o en activos inmobiliarios. De igual manera que el ruido afecta negativamente al valor de las viviendas cercanas a un aeropuerto, el valor de las viviendas y de los negocios sube cuando un proyecto aumenta la accesibilidad a la zona donde están situados. De este hecho se deduce que es a veces irrelevante asignar los beneficios por grupos de afectados inmediatos si, posteriormente, los propietarios de factores fijos acaban capturando los beneficios generados por el proyecto. Al mismo tiempo, este hecho permite identificar a los agentes que pueden contribuir financieramente a la construcción del proyecto, resolviendo en cierta medida el problema de equidad, además de hacer viables proyectos en situaciones de restricción presupuestaria.

Por otro lado, en relación a la equidad espacial, la elección sobre la localización y recorrido de la infraestructura de transporte determina qué áreas geográficas se verán beneficiadas por la inversión y cuáles no. Una vez más, los criterios de eficiencia y equidad pueden no ser compatibles; sin embargo, en este caso, las consecuencias sobre el bienestar social no son tan intuitivas como en el caso de la equidad distributiva. En este sentido, la estrategia de inversión nacional para incrementar la eficiencia o la equidad no es obvia.

Uno de los métodos para intentar comprender mejor este dilema es emplear modelos de economía geográfica. Las implicaciones de la inversión en infraestructura de transporte, traducidas en una reducción en el coste de transporte, dependen de la movilidad en el mercado laboral, la regulación de los salarios, la estructura del mercado, el grado de especialización de la producción y las diferencias de desarrollo entre las regiones, así como del tipo de infraestructura que se desee implantar. El resultado de esta política puede afectar a la localización de las empresas y trabajadores y por tanto al crecimiento o decrecimiento de determinadas áreas geográficas.

Aunque una nueva o mejor conexión de transporte entre una región desarrollada con otra menos desarrollada puede resultar beneficioso para ambas, también es posible que esta última región necesite experimentar un proceso de adaptación a un nuevo entorno más competitivo. Unos costes de transporte elevados suponen una barrera natural al comercio, que pueden beneficiar el sostenimiento de la industria local. La capacidad y necesidad de esta región de adaptarse al nuevo entorno y de encontrar nuevas alternativas donde reconducir de forma más eficiente su sector productivo serán la clave para esperar si la inversión en infraestructura de transporte será beneficiosa para esta región o no (véase *Anexo III*).

## 5. IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS Y COSTES SOCIALES

La evaluación económica de cualquier proyecto de transporte, definido – como hemos visto – en términos de una intervención sobre uno o más mercados de transporte, conlleva la necesidad de identificar de una manera precisa los distintos tipos de efectos que dicho proyecto genera para la sociedad en su conjunto, independientemente del método elegido para el cálculo de los cambios en el bienestar social.

A lo largo de este capítulo se analizan los costes de inversión, los costes de los productores, los costes de los usuarios y los cambios en los efectos externos así como sus correspondientes subcategorías.

### 5.1. Los costes de inversión

Tradicionalmente, los **costes de inversión** en un proyecto de transporte están asociados al proceso de construcción de una nueva infraestructura (por ejemplo, construir una nueva terminal portuaria), de reforma o modificación de una infraestructura ya existente (ampliación de un aeropuerto) o a la adquisición de activos necesarios para la puesta en marcha de nuevos servicios o la modificación de los existentes (por ejemplo, la adquisición de vehículos para ampliar o renovar una flota de autobuses con el objeto de ofertar nuevas rutas o mejorar la calidad en las rutas actuales).

Siguiendo un criterio cronológico, suelen distinguirse **cuatro subcategorías principales de costes de inversión**,<sup>18</sup> aunque no todas ellas están presentes en todos los proyectos:

- **Costes de planificación**, asociados a la realización de estudios técnicos y económicos previos al comienzo del proyecto. Estos costes son mayores cuanto mayor sea la complejidad del proyecto, cuanto mayor sea el número de alternativas a considerar y el número de agentes afectados y cuanto más complejo sea el contexto institucional en el que se desarrolle el proyecto de transporte.
- **Costes de adquisición y preparación de los terrenos**. La mayoría de las infraestructuras de transporte suelen requerir grandes extensiones de suelo, ya sea concentradas en un área determinada (para construir un aeropuerto) o a lo largo de muchos kilómetros (carreteras o ferrocarriles). En ocasiones también se necesita reservar espacio marítimo y/o aéreo para que otras actividades no interfieran con el normal funcionamiento de la infraestructura. En todos los casos, los costes de adquisición se relacionan con el proceso de compra de los terrenos, lo cual conlleva a veces procedimientos expropiatorios. Los gastos de demolición de estructuras pre-existentes y

---

<sup>18</sup> Estas categorías son las propuestas por **Bickel et al. (2006)**.

los movimientos de tierra previos al comienzo de las obras pueden incluirse dentro de esta subcategoría o en la siguiente.

- **Costes de construcción, propiamente dichos.** Son aquellos vinculados a la edificación de las infraestructuras y/o adquisición de activos que serán utilizados durante la vida del proyecto. Además del consumo de materiales, se incluyen los costes de mano de obra, energía, tasas profesionales y otras contingencias siempre que no estén contabilizadas bajo otra categoría. Dichos costes serán los de oportunidad desde el punto de vista de la sociedad: por ejemplo, en el caso del factor trabajo, tal como se muestra más abajo existen estimaciones del **salario-sombra** para la mayoría de las regiones europeas.<sup>19</sup>
- **Costes de interrupción.** Están asociados al conjunto de alteraciones que la construcción de una determinada infraestructura genera a los usuarios del transporte y a la sociedad en su conjunto en forma de ruidos, molestias, congestión, cambios provisionales en otros modos, etc. Algunos de estos costes se incluyen dentro de los efectos externos, si bien no siempre ocurre así, ya que se trata de elementos transitorios que finalizan cuando concluye el período de inversión.

La evidencia empírica ha demostrado estadísticamente que la mayoría de los proyectos incurren en sobrecostes con respecto a lo inicialmente presupuestado.<sup>20</sup> En ocasiones, la desviación es admitida y tolerada legalmente, estableciéndose algunos márgenes de referencia. En la evaluación *ex ante*, es preferible dotar a esta desviación de naturaleza aleatoria y modelizarla de acuerdo con alguna distribución de probabilidad. En el *Anexo IV* se argumenta que algunos mecanismos de financiación y/o tipos de contrato favorecen los sobrecostes de inversión, por lo que si la evaluación se realiza *ex ante* debería tenerse en cuenta esta información a la hora de estimar los posibles sobrecostes.

Por otra parte, y tal como se aborda de manera práctica en el siguiente capítulo, en la evaluación de proyectos es necesario valorar los *inputs*<sup>21</sup> empleados para acometer la inversión a su coste de oportunidad social. En general, el uso de los precios de mercado correspondientes a cada uno de los activos del proyecto puede ser una buena aproximación. Sin embargo, cuando existen distorsiones significativas en los mercados de factores es necesaria la utilización de precios sombra que reflejen realmente el coste de oportunidad de dichos *inputs*.

La justificación económica utilizada para el empleo del precio de mercado bajo entornos competitivos como medida del coste de oportunidad es que, en equilibrio, el coste marginal y el precio coinciden y que, además, éstos se corresponden con el valor de la productividad marginal

<sup>19</sup> Véase [Del Bo et al. \(2009\)](#).

<sup>20</sup> Para un análisis detallado, ver [Flyvbjerg et al. \(2004\)](#).

<sup>21</sup> A veces estos *inputs* no serán factores de producción en sentido estricto sino *outputs* de otras industrias. Este hecho no cambia el criterio de valoración: calcular el coste de oportunidad social del output utilizado en el proyecto.

de la última unidad en el caso de los factores productivos y del valor para la sociedad en el caso de la producción. Sin embargo, la mera existencia de impuestos o subvenciones supone la violación del principio anterior.

La valoración económica del factor trabajo constituye un claro ejemplo del uso de los precios sombra. Dependiendo de la naturaleza de dicho trabajo y de dónde estaba empleado anteriormente, el salario bruto puede ser una buena aproximación o bien puede que sea necesaria la utilización de correcciones. Por ejemplo, en el caso de que nos encontremos con una situación de desempleo voluntario, el coste de contratar a un trabajador desempleado se contabilizará por el salario neto de impuestos.

Otro ejemplo viene dado por el uso del suelo. En este caso, el registro contable o valor catastral de los terrenos no tiene por qué representar el coste de oportunidad del factor. Éste está caracterizado por el beneficio perdido en el mejor uso posible de dicho suelo, es decir, si éste estaba empleado en la agricultura, el coste de oportunidad será el valor de la producción agrícola durante el horizonte temporal de utilización de dicho factor. Un problema adicional en relación a la utilización de suelo es la existencia de movimientos especulativos y de externalidades en los terrenos cercanos. Esto es, la construcción de infraestructuras puede generar capitalizaciones que sean anticipadas por los agentes económicos. Además, en ocasiones es posible que se utilicen terrenos que no estén sujetos al mercado libre como los parajes naturales por lo que la valoración es más compleja que para otros factores que no son fijos.

### ***El valor terminal de un proyecto de inversión***

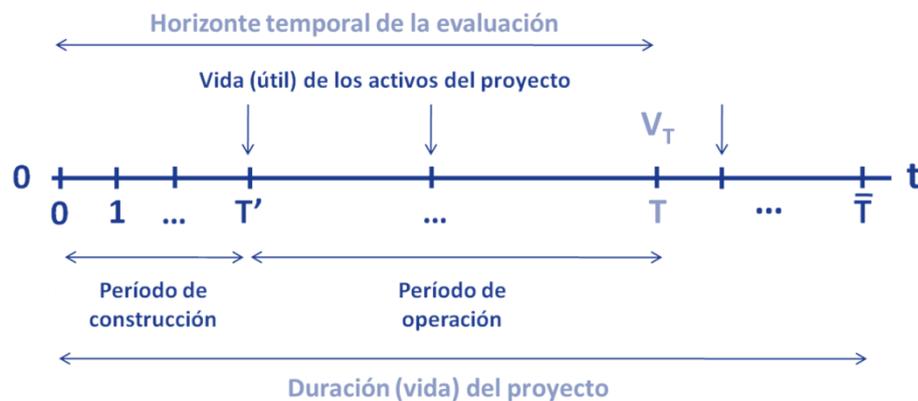
Los **costes de inversión** de un proyecto se expresan por el valor monetario de los recursos que la sociedad aporta para que dicho proyecto se lleve a cabo y genere beneficios y costes a la misma durante un determinado período de tiempo, el cual constituye la **duración o vida del proyecto**. Cuando la vida del proyecto coincide exactamente con el **horizonte temporal de la evaluación** (esto es, el período considerado por el evaluador durante el cual se computan los beneficios y costes sociales para calcular el *VAM*), el proyecto deja de existir al finalizar ambos y no resulta necesario realizar ningún cálculo adicional. Sin embargo, normalmente no ocurre así. En la mayoría de los proyectos de transporte la vida del proyecto se extiende más allá del horizonte de evaluación del mismo, surgiendo así el concepto de **valor terminal del proyecto**.

---

El valor terminal de un proyecto ( $V_T$ ) representa lo que éste aporta a la sociedad más allá del horizonte de evaluación.

---

Figura 5.1: El valor terminal de un proyecto de transporte



En la *Figura 5.1* los efectos del proyecto considerado se producen durante  $\bar{T}$  períodos (años), durante los cuales se manifiestan los efectos de la inversión inicial (realizada entre 0 y  $T'$ ). Este valor depende principalmente del tipo de proyecto, de la tecnología utilizada y de su evolución (progreso técnico de la sociedad y grado de obsolescencia de los activos implicados).

Por otra parte, el **horizonte de evaluación** (desde 0 hasta  $T$ ) suele venir fijado exógenamente para el evaluador y generalmente se vincula de forma indirecta con la vida útil de los activos del proyecto y con el hecho de que extender la evaluación a un período excesivamente largo puede dar lugar a problemas de información severos sobre las variables de estudio. En la mayoría de las obras de infraestructura, una evaluación a 30 años puede resultar razonable, aunque este plazo debe extenderse o reducirse de nuevo según la vida útil de la mayoría de los activos implicados.

---

En el cálculo del VAN, el valor terminal de un proyecto ( $V_T$ ) (debidamente actualizado) debe incluirse en el flujo de beneficios y costes del proyecto.

---

La determinación del valor terminal ( $V_T$ ) de un proyecto implica calcular un valor muy lejano en el tiempo y sobre el cual pueden influir numerosas variables, generando así una dosis notable de incertidumbre. Existen dos métodos principales:

- **Obtención del valor terminal a partir de la inversión inicial.** En este caso el valor de  $V_T$  se obtiene como una función (generalmente, cierto porcentaje) de la inversión inicial. A pesar de la evidente simplicidad de esta técnica y de su posible justificación apelando a la idea de la depreciación de los activos utilizados en el proyecto, las desventajas son también notables: lo que se obtiene por este procedimiento es un **valor residual** de la inversión, que no se encuentra necesariamente vinculado a los beneficios y costes sociales del proyecto, sino a la vida útil (promedio) de los activos del proyecto.

- **Obtención del valor terminal a partir del valor actualizado de beneficios y costes posteriores al horizonte de evaluación.** En este caso se considera de manera explícita que la vida del proyecto se extiende más allá del horizonte temporal de la evaluación, y esto se incorpora de manera endógena haciendo coincidir  $V_T$  con el valor actualizado en  $T$  del flujo de beneficios y costes sociales que el proyecto aporta entre  $T$  y  $\bar{T}$ . A pesar de su mayor consistencia, la principal dificultad de este método es que exige un mayor volumen de cálculo: en realidad equivale a prolongar el horizonte de evaluación hasta hacerlo coincidir con la vida del proyecto, o con una fecha suficientemente próxima a ésta.

## 5.2. Cambios en los costes de los productores

La segunda categoría a considerar en la identificación de los beneficios y costes de un proyecto de transporte está integrada por los cambios que dicho proyecto genera sobre los costes de los productores, siendo éstos los agentes que operan las infraestructuras o los servicios de transporte.<sup>22</sup> Por esta razón consideramos específicamente como costes del productor los costes de mantenimiento y operación de infraestructuras, vehículos y otros activos utilizados en los mercados de transporte. Cuando se dispone de información de los efectos sobre las empresas participantes en el mercado se trata de uno de los elementos más sencillos de computar y menos controvertidos, mientras que si es limitada o está incompleta puede recurrirse a su modelización a través de distribuciones de probabilidad, en la forma que ya se ha explicado en secciones anteriores de este **MANUAL**.

Los **costes de mantenimiento** son los necesarios para que las infraestructuras, vehículos y resto de activos se encuentren en condiciones apropiadas de operación durante toda la vida del proyecto. Su cuantía varía con cada tipo de activo y sus características técnicas. Las decisiones sobre costes de mantenimiento se reflejan en la vida útil de los activos y, en general, en sus condiciones de funcionamiento.

Los **costes de operación** están relacionados con el funcionamiento habitual de las infraestructuras, vehículos y otros activos dentro de los mercados de transporte. Aunque también pueden tener componentes fijos, una parte de los costes de operación es proporcional a la demanda y, al contrario de lo que ocurre con los costes de inversión, se realiza a lo largo de toda la vida del proyecto al igual que ocurre con los de mantenimiento. Desde el punto de vista de su origen y posible asignación tanto para los costes de operación como para los de mantenimiento, puede resultar conveniente distinguir tres subcategorías:

---

<sup>22</sup> Los costes de inversión pueden incluirse dentro de esta definición, ya que también se trata de costes de los productores. No obstante, su especial relevancia y características particulares han hecho que los abordemos de forma separada, tal como se ha visto en el apartado anterior.

- **Costes relativos a los vehículos o activos en general.** En este apartado se incluyen principalmente los gastos de mantenimiento y la reparación de dichos activos, así como los costes relativos al personal que los opera y a los suministros esenciales para su funcionamiento. La depreciación anual que sufren los activos, reflejada contablemente en forma de amortización, no debe incluirse como un coste, ya que el valor total de los activos se computa en el momento de la inversión en los mismos.
- **Costes relacionados con el tiempo de uso,** es decir, dependen del número de horas en las que los vehículos están en servicio. En este caso, se caracterizan principalmente por el uso de personal requerido para los servicios a pasajeros y carga.
- **Costes relativos a las distancias recorridas,** en el que el principal elemento suele ser el coste de combustible.

Es importante reseñar que estas subcategorías variarán en función del modo de transporte específico, e incluso, dentro de un mismo modo variarán en función de la tecnología y del tipo de tráfico considerado.

### 5.3. Cambios en los costes de los usuarios

De manera análoga al cálculo realizado con respecto a los cambios que un proyecto de transporte introduce en los costes de los productores, debe realizarse el mismo procedimiento con respecto a los costes de los usuarios. Partiendo de la definición de precio generalizado realizada en el capítulo anterior, los principales cambios están relacionados con dos elementos fundamentales: los ahorros de tiempo que obtienen los usuarios existentes y desviados y la disposición a pagar de los nuevos usuarios.

#### *Ahorros de tiempo y disposición a pagar*

La evaluación de un proyecto de transporte consiste en comparar la situación que se produce en el mercado *con* proyecto con lo que hubiera ocurrido *sin* proyecto, para lo cual se compara la demanda en ambas situaciones. Para ello debe distinguirse entre tráfico existente y tráfico inducido por el proyecto, el cual se compone a su vez de tráfico desviado y tráfico generado:

- La demanda o tráfico existente está formada por aquellos usuarios que ya estaban en el mercado de transporte analizado antes del proyecto y que habrían seguido en él incluso si éste no se hubiera llevado a cabo.
- El tráfico desviado es el que, como consecuencia de la mejora introducida por el proyecto, abandona otra infraestructura o modo de transporte para beneficiarse de la reducción en el precio generalizado en el mercado primario.
- Finalmente el tráfico generado sería aquel que no existía sin el proyecto y que puede ser realizado por los mismos usuarios que aumentan el número de viajes o por nuevos

usuarios cuyo beneficio marginal de realizar los viajes era inferior al precio generalizado vigente sin proyecto.

El origen del tráfico desviado puede ser de otra ruta, de otra hora o de modo de transporte, aunque para la evaluación la cuestión primordial es precisar cuáles son los ahorros que se producen. Los ahorros de tiempo se multiplican directamente por el número de usuarios en el tráfico existente, mientras que en el desviado y en el generado se calcula el beneficio como la mitad del ahorro de tiempo para incorporar el hecho de que los usuarios en esta categoría tienen distintas disposiciones a pagar.

### ***El problema de capacidad***

La medición de los ahorros de tiempo está relacionada con los problemas de capacidad. Las infraestructuras de transporte presentan características altamente diferenciadas entre los distintos modos de transporte en cuanto a sus aspectos tecnológicos. Así, por ejemplo, poco tienen que ver entre sí una carretera y un aeropuerto en cuanto a la interrelación con (y entre) los vehículos que utilizan cada infraestructura. Mientras en el caso de la carretera hay miles de decisiones individuales sobre el momento temporal de entrar a usar la infraestructura, y cada usuario tiene un tipo de vehículo diferente y circula a distinta velocidad, en el caso de un aeropuerto el número de aviones que usa la infraestructura durante un día está planificado de antemano, es más homogéneo entre sí en cuanto a las características técnicas y la utilización del aeropuerto está altamente coordinada por razones de seguridad operativa. Incluso si descendemos dentro de cada modo de transporte, se encuentran también diferencias importantes entre tipos de infraestructura.

Cada tipo de infraestructura (y no cada modo de transporte) tiene sus propias características tecnológicas que vienen marcadas por cuál es su funcionalidad dentro de un sistema de transporte, por el tipo de vehículos y por la operación de los mismos. Sin embargo, pese a las diferencias tecnológicas entre tipos de infraestructuras de transporte, todas ellas comparten una característica común que las define y que desde un punto de vista conceptual constituye la definición de capacidad: flujo máximo de vehículos por unidad de tiempo (coches, aviones, trenes o buques), o bien de usuarios finales (pasajeros, mercancías), con unos niveles determinados de calidad y seguridad.

Elegir cuál de estas dos posibilidades, vehículos o usuarios, es más relevante en la evaluación de proyectos depende del tipo de infraestructura que estemos evaluando. Como veremos más adelante, en cada modo de transporte y tipo de infraestructura, los factores para determinar la capacidad son distintos, y por ello, en cada caso optaremos por aquella medida de capacidad que sea más útil a la hora de la determinación de la relación entre la demanda y la capacidad.

Igualmente, las medidas de capacidad de infraestructuras requieren disponer de una referencia temporal que se recoge en la definición: los flujos son por unidad de tiempo. Cuál debe ser esta unidad de referencia varía según los casos. Generalmente, la utilización de flujos por hora va a ser la medida más común, si bien en otros casos para el cálculo de tiempos puede que sea suficiente

utilizar referencias temporales más amplias como el año. En todo caso, al medir la capacidad máxima de una infraestructura es importante distinguir dos conceptos distintos:

- **Capacidad máxima teórica:** viene determinada por el diseño de la infraestructura (características físicas, dimensiones, equipamientos complementarios, etc.) y atienden a unos determinados niveles de calidad y seguridad.
- **Capacidad máxima operativa:** generalmente es superior a la capacidad teórica, ya que normalmente siempre es posible acomodar flujos superiores a los flujos máximos de referencia, aunque inevitablemente empeorando las condiciones de calidad para los usuarios.

Estos dos conceptos de capacidad dependen de una serie de características físicas y operativas que difieren entre distintos modos de transporte. También hay que considerar que la capacidad de una infraestructura de transporte varía en función de la composición del tráfico que la utiliza. Así, por ejemplo, el porcentaje de vehículos pesados en una carretera, el *mix* de tipos de aeronaves en un aeropuerto, de tipos de trenes en las vías y de buques en los puertos, siendo todos ellos factores relevantes a la hora de medir la capacidad. Igualmente, si descendemos al nivel de los usuarios finales, la composición de los tipos de viajeros y los tipos de mercancías también pueden afectar a los flujos máximos que admite una infraestructura de transporte.

**Cuadro 5.1: Factores determinantes de capacidad de la infraestructura por modo de transporte**

	<b>Características principales</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Consideraciones adicionales</b>
<b>Carretera</b>	Número de carriles y anchura de la carretera. Carreteras de alta capacidad	Vehículos/hora	Porcentaje de tráfico de vehículos pesados
<b>Aeropuertos</b>	Número de pistas y longitud. Gran cantidad de servicios adicionales	Número de operaciones/hora	Existencia de sistemas de ayuda en vuelo, ...
<b>Puertos</b>	Existencia de terminal de contenedores, tipología de servicios adicionales	TEUs/metro lineal de muelle/año (para mercancías contenerizadas) y toneladas/día (para graneles y otras mercancías)	Características de los buques que atracan
<b>Ferrocarril</b>	Electrificación de la línea, existencia de doble vía	Movimientos/día	Sistemas de señalización y número de vías, estaciones.

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Mejoras en la calidad de los servicios existentes**

Las mejoras en la calidad de los servicios existentes (particularmente, los relacionados con la comodidad y fiabilidad de los servicios) pueden constituir otro de los posibles beneficios en la evaluación de proyectos de transporte. Estos cambios en la calidad son valorados por los consumidores que están dispuestos a pagar por mejoras en su nivel de confort o en las prestaciones ofrecidas por un determinado producto.

Los cambios en la calidad se reflejan por el precio generalizado que incorpora no sólo el precio monetario pagado por el servicio y el valor del tiempo, sino todos los cambios asociados a la comodidad y el confort del viaje. La principal dificultad en la evaluación de cambios en la calidad es que, a diferencia del precio pagado por el servicio, la calidad no es un bien directamente intercambiable en un mercado por lo que no existe una valoración única y objetiva del mismo. Éste dependerá, en gran medida, de los niveles de calidad previos, de las preferencias de los consumidores, de la existencia de alternativas y del contexto en que se produzca.

Los cambios en la calidad son, generalmente, evaluados con el uso de la metodología aplicada para los bienes para los que no hay mercado. Estas herramientas permiten conocer la disposición a pagar de los individuos por cambios en la calidad y en los niveles de confort y, por tanto, permiten aproximarnos a los cambios en los excedentes de los consumidores o en los recursos que han de ser incorporados para el cálculo del VAN.

### **5.4. Cambios en los efectos externos**

Cuando la producción o el consumo de bienes provocan efectos sobre terceros estamos en presencia de una externalidad (por ejemplo, contaminación o el ruido que sufren los habitantes de una zona por la que pasa un medio de transporte que no utilizan). Tanto si la externalidad se internaliza (impuestos pigouvianos) como si no, el coste social que supone hay que contabilizarlo.

Aunque las externalidades pueden ser positivas o negativas, nos referimos aquí a las negativas. Las positivas son tratadas en los efectos económicos adicionales, por ejemplo las economías de aglomeración, o en el caso del **efecto Mohring**, a efectos de evaluación, estará incluido en los efectos directos para el tráfico existente y desviado, y en los indirectos para los pasajeros que permanecen en otros modos de transporte de mercados secundarios en los que existen externalidades positivas caracterizadas como **efecto Mohring**.

#### **Externalidades negativas**

La lista de efectos externos negativos que se derivan de los proyectos de transporte es larga, debido a los numerosos impactos que esta industria genera. Los problemas más evidentes son la contaminación atmosférica (tanto a nivel local o regional, como los efectos que se causan a nivel global, como el denominado “efecto invernadero”) que producen todos los tipos de vehículos al quemar combustibles, y el ruido generado por los mismos. Pero también las infraestructuras

necesarias para el desarrollo de las actividades de transporte tienen un impacto sobre el medioambiente y sobre el bienestar de agentes que no son usuarios de dichas infraestructuras. De manera general, las principales externalidades negativas asociadas a los proyectos de transporte pueden resumirse en el cuadro siguiente:

**Cuadro 5.2: Principales externalidades negativas por modos de transporte**

	<b>Ferrocarril</b>	<b>Carretera</b>	<b>Aéreo</b>	<b>Marítimo y fluvial</b>
<b>Atmósfera</b>	Contaminación en generación electricidad	Emisión contaminantes locales y globales	Contaminación zonas aeropuertos y polución global en atmósfera	Contaminación global quema combustibles fósiles
<b>Utilización del territorio</b>	Efectos barrera para la fauna	Efectos barrera y movimiento tierras para construcción	Efectos barrera de aeropuertos para la fauna	Modificación costas y cauces fluviales
<b>Residuos sólidos</b>	Cierre líneas, equipos obsoletos	Desguace vehículos viejos. Aceites usados. Materiales construcción carreteras	Aeronaves obsoletas	Buques obsoletos
<b>Agua</b>	Desvío de cursos naturales para construcción de infraestructuras	Contaminación aguas superficiales y subterráneas por residuos	Desvío de cursos naturales para construcción infraestructuras. Drenaje pistas	Desvío de cursos naturales para construcción de canales. Efecto barrera en costas y modificación playas
<b>Ruido</b>	Problemas en entornos de estaciones y vías	Problemas en grandes ciudades y entornos de carreteras	Problemas en entornos de aeropuertos y zonas de aproximación de aeronaves	–
<b>Accidentes</b>	Descarrilamientos y choques. Posibilidad de vertidos de sustancias contaminantes	Elevado número de víctimas mortales y heridos. Vertidos de sustancias contaminantes	Accidentes de elevada gravedad en términos de víctimas mortales	Vertidos de sustancias contaminantes y accidentes con víctimas
<b>Otros impactos</b>	–	Congestión en vías urbanas o tramos determinados de carreteras	Congestión en aeropuertos. Retrasos para viajeros y costes para compañías	–

Fuente: OCDE (1988).

Con la excepción de los accidentes y la congestión, la mayoría de estas externalidades son de tipo medioambiental, en el sentido que cumplen tres condiciones importantes desde el punto de vista de su identificación: su origen está en una actividad productora o de consumo directamente ligada al transporte, la actividad económica asociada comporta un impacto medioambiental; y éste causa la variación en el bienestar de terceras personas no relacionadas directamente con el origen de la misma.

Las externalidades, es decir, el valor de la variación de bienestar del resto de sociedad, no tiene porqué ser constante a lo largo del tiempo, lo cual comporta una dificultad adicional a efectos de su cuantificación para el análisis coste-beneficio. Puede que la externalidad aumente en determinados años y disminuya en otros.

Por otra parte, muy a menudo, los impactos medioambientales tienen **carácter no rival**. Es decir, afectan a varias personas a la vez sin que por ello varíe el valor individual de la afectación. La circulación de un tren puede provocar vibraciones en el suelo y éstas pueden notarse en todo un núcleo de población. Si el hecho de que haya más residentes o menos no modifica la incomodidad que perciben con las vibraciones los que están ahí, entonces éstas constituyen un bien (o un mal, en este caso) no rival. La implicación más significativa de los bienes no rivales para el análisis coste-beneficio es que los costes externos de cada residente se suman para obtener su pérdida o ganancia global de bienestar. Al valorar externalidades medioambientales se suele obtener un valor medio por persona, que luego se multiplica por el número de personas afectadas. Si la externalidad es positiva para parte de la población y negativa para otros, la agregación de los valores individuales indicará si la externalidad es de saldo positivo o negativo para el resto de sociedad. Este saldo es el que se incorpora en el análisis coste-beneficio correspondiente.

Una forma de identificar primero y luego valorar (véase el **Capítulo 6**) las externalidades para su incorporación en el análisis coste-beneficio es mediante las **funciones dosis-respuesta**. En términos del análisis anterior, la actividad de transporte constituiría la dosis, mientras que la respuesta sería el impacto o cambio ambiental. Finalmente, se trataría de medir la externalidad asociada a este cambio. Por ejemplo, el incremento de  $k$  kilómetros/año en el total de circulación de automóviles (la dosis) resulta en un impacto adicional de  $z$  partes por millón en la concentración de partículas de un determinado tamaño en la atmósfera que influye sobre el deterioro de la salud, de la visibilidad o de la conservación de los materiales (la respuesta), lo cual a su vez se traduce en  $m$  euros equivalentes a la pérdida de bienestar del resto de sociedad (la externalidad).

Por tanto, y de acuerdo con este razonamiento, las principales externalidades asociadas a los proyectos de transporte pueden identificarse según el tipo de impacto ambiental que se produce. A su vez, las externalidades varían según el tipo de transporte o infraestructura, según se esté en la fase de construcción o de operación de la misma, y de cómo se traduce el efecto último fundamentalmente sobre las personas, que puede ser de distinta naturaleza. De esta manera, tendríamos:

- **Ruido.** Es más probable que afecte a actividades de consumo que de producción. También afecta a la salud. Principalmente relevante para transporte aéreo y por carretera en la fase de operación de las infraestructuras y el ferrocarril cerca de zonas densamente pobladas.
- **Paisaje.** En principio, afecta a prácticamente todas las infraestructuras. Suele implicar una pérdida de valor recreativo o estético.
- **Contaminación del aire.** Algunos medios de transporte, como los que usan electricidad (ferrocarriles, tranvías, etc.) no suelen generar contaminación ambiental *in situ*, sino desde el lugar de producción energética. La contaminación afecta a actividades de consumo y también de producción, a la salud humana, a la conservación de materiales, a la visibilidad y al cambio climático, que a su vez tiene una gran variedad de efectos.

- **Contaminación del suelo.** Producida principalmente por el transporte por carretera, sus efectos pueden notarse en el mismo lugar o en otras zonas cercanas. Sus efectos sobre la producción, el consumo o la salud humana pueden diferirse en el tiempo.
- **Contaminación del agua.** De forma más directa, generada por el transporte marítimo y fluvial, o por los residuos de otros modos, puede afectar tanto a actividades de consumo como de producción. Los impactos sobre las especies pueden a su vez ser percibidos negativamente por las personas.
- **Cambio climático.** Los gases de efecto invernadero derivados del transporte tienen efectos globales más a largo plazo de diversa naturaleza y muy compleja cuantificación.
- **Vibraciones.** Principalmente provenientes del transporte por ferrocarril y el transporte aéreo, pueden interferir con determinadas actividades productivas y de consumo.

#### *La congestión como externalidad*

En relación con la **congestión**, ésta surge, tal como se ha indicado, por un desajuste entre la demanda o número de usuarios que desean utilizar una infraestructura o servicio en un momento dado y la oferta o capacidad de la misma para acomodar puntualmente a dichos usuarios. Ésta es una característica particular de los mercados de transporte, ya que en casi todos los modos la demanda raramente es constante a lo largo del tiempo. Por ello, las infraestructuras y servicios se diseñan con una capacidad determinada que, si bien puede ser modificada a largo plazo, en el corto plazo es fija.

La congestión puede considerarse como una externalidad en el sentido de que se genera por parte de unos agentes que no tienen en cuenta los costes que están imponiendo al resto de usuarios de la infraestructura. Pero ésta es una externalidad que puede definirse como “interna” al mercado de transporte (dado que todos los usuarios que se ven afectados por un problema de congestión son a la vez causantes y sufren los costes asociados a la saturación de la infraestructura).

Debido a este carácter interno a la industria del transporte, los costes de congestión muchas veces son excluidos al realizar una cuantificación de las externalidades negativas generadas por el transporte. Si bien esta metodología puede ser apropiada cuando se elaboran cuentas sociales de la industria del transporte en su conjunto, la magnitud de estos costes hace que este efecto difícilmente pueda ser ignorado y que el análisis de los problemas de congestión sea altamente relevante. Igualmente, la búsqueda de soluciones para reducir los costes de congestión suele ser una de las principales preocupaciones de las autoridades responsables del transporte. Desde el punto de vista práctico en la evaluación económica de proyectos, el nivel de congestión (o su cambio, tanto positivo como negativo) se refleja generalmente en la variación de los tiempos de viaje, tal como fue analizado anteriormente.

### **El coste de los accidentes**

Por su propia naturaleza, todas las actividades de transporte conllevan un riesgo de sufrir algún tipo de accidente (numerosos vehículos moviéndose a una velocidad elevada y utilizando una infraestructura común). Ya sea por fallos mecánicos o, más frecuentemente, por la influencia del error humano, los accidentes sufridos por los vehículos son un suceso que se da en todos los modos de transporte. Sin embargo, no existe un consenso para realizar una evaluación sobre cuál es el modo de transporte con una menor probabilidad de accidente. Esto es así porque, por motivos tecnológicos, los distintos modos de transporte no son fácilmente comparables, lo cual hace que sea complejo tratar de buscar una variable de exposición común a todos ellos que refleje de forma adecuada sus características.

En cualquier caso, y desde el punto de vista de la identificación y de los cambios en los costes de los accidentes en relación a la evaluación de proyectos de transporte, resulta evidente que el análisis de cómo los individuos toman sus decisiones de transporte en un escenario en que existen probabilidades conocidas y objetivas de sufrir un accidente, genera un problema que es muy similar en su raíz al descrito anteriormente para las externalidades medioambientales. Los usuarios de transporte que utilizan su propio vehículo para desplazarse tienen en cuenta algunos de los costes asociados a la posibilidad de tener un accidente, pero no todos, ya que en caso de que suceda, parte de dichos costes son trasladados al conjunto de la sociedad y a otros individuos. En consecuencia, la utilización del vehículo privado puede resultar excesiva desde un punto de vista social, al estar basada en señales de precios que no reflejan para el usuario todos los costes.

Para estudiar los costes asociados con los accidentes, suelen distinguirse tres categorías principales:

1. **Costes derivados de la pérdida de la vida**, denominado genéricamente **valor de una vida estadística**, más los costes directos (gastos de traslados, funerarios, etc.) que deben asumir los familiares de la víctima.
2. **Pérdida de bienestar para familiares y amigos**, asociados a la pena, sufrimiento,...
3. **Otros costes** (costes de hospitalización, costes administrativos, gastos policiales, judiciales, etc.), y daños materiales a activos físicos.

La primera de las categorías anteriores, cuya cuantificación se aborda en el capítulo siguiente, ha sido generalmente la que mayor atracción ha generado desde el punto de vista del análisis coste-beneficio. La segunda categoría se ha estimado a partir de distintos trabajos basados en métodos de preferencias declaradas de disponibilidad a pagar por evitar el riesgo de accidente de una persona cercana, y los valores obtenidos están alrededor del 40-50% de la categoría anterior. Por último, la tercera categoría de costes, que son en su mayoría los que asume la sociedad en su conjunto, presenta un orden de magnitud muy inferior al de las dos anteriores, entre un 5-7% del valor de los costes derivados de la pérdida de la vida y los costes directos, si bien pueden no ser cantidades despreciables (De Rus *et al.*, 2003).



## 6. CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE BENEFICIOS Y COSTES SOCIALES

### 6.1. Métodos y criterios generales de valoración

Una vez identificados los distintos componentes de beneficios y costes asociados a una determinada intervención pública, el último paso para concluir la evaluación económica de un proyecto de transporte determinado consiste en cuantificar numéricamente dichos impactos y asignarles un valor monetario. Por ejemplo, si se trata de un proyecto que ahorra tiempo a los usuarios del modo de transporte, se calculará el tiempo ahorrado y seguidamente se valorará mediante la aplicación del valor de los ahorros de tiempo que se considere más apropiado; estos ahorros de tiempo pueden, a su vez, implicar ahorros de costes operativos que tendrán igualmente que ser cuantificados y valorados.

El ejemplo anterior plantea dos situaciones bien diferentes en lo que a valoración se refiere: la valoración de los ahorros de tiempo se hace aplicando un valor que se obtiene de manera indirecta a partir de estudios empíricos; por el contrario, para el coste de materiales y repuestos, o el del combustible, tenemos un punto de partida en sus precios de mercado. En resumen, en el apartado de valoración habrán de considerarse bienes para los que hay mercado, y cuya valoración, por tanto, resulta relativamente más sencilla (corregidos para obtener los precios sombra), y bienes para los que no hay mercado, cuyo valor habrá que estimar para el proyecto o transferir desde otros estudios existentes.

En general, cualquier proceso de cuantificación y valoración económica de los beneficios y costes asociados a los proyectos de transporte es siempre complejo debido a la coexistencia de diversos factores que no pueden excluirse del análisis:

1. En primer lugar, y tal como se ha discutido en capítulos anteriores, puede existir incertidumbre con respecto al consumo de factores en términos físicos. Esta incertidumbre se refiere tanto a la situación con proyecto, es decir, a la evolución futura del mercado de transporte tras la intervención, como al caso base de comparación –la situación sin proyecto– que refleja de manera contra factual qué habría sucedido en el mercado si la intervención no se hubiese realizado. Tanto en un caso como en otro, el principal problema consiste en estimar el consumo de factores productivos que se producirá en el mercado de transporte a lo largo del período de vida útil del proyecto. En muchos casos esta incertidumbre de costes está estrechamente relacionada con la incertidumbre de demanda, ya que una parte de los primeros – los costes variables – depende de la cantidad de usuarios e intensidad de uso de las infraestructuras y servicios de transporte.

No existe una única manera de abordar este problema en el marco de la evaluación socioeconómica de proyectos de transporte. En la medida de lo posible, y siempre que se trate de procesos sometidos a leyes físicas relativamente sencillas, debería recurrirse a fórmulas o expresiones matemáticas extraídas del campo de la ingeniería del transporte

que vinculasen aspectos tales como el consumo de combustible o desgaste de neumáticos con la velocidad del vehículo, el consumo eléctrico en terminales con el volumen de pasajeros, etc. Los cálculos técnicos asociados a la construcción de infraestructuras y a la realización de algunas operaciones de transporte permiten a veces la utilización de esta aproximación, si bien se requiere en general de un elevado grado de colaboración entre ingenieros y economistas con el objeto de identificar el verdadero coste de oportunidad.

Otras veces resulta posible la utilización de la contabilidad analítica de las empresas para obtener información sobre el consumo y coste de determinados factores. No obstante, los criterios de valoración contable no siempre responden al principio del coste de oportunidad y pueden estar distorsionados por condicionantes legales o fiscales. Además, en muchos casos, el grado de agregación no es el adecuado, ya que la información se presenta a nivel de empresa, en lugar de al nivel de agregación requerida por el proyecto (por ejemplo, para una ruta concreta o parte de la infraestructura).

Cuando los costes objeto de estudio no permiten la utilización de expresiones formales o la información contable no puede usarse directamente, puede resultar factible recurrir a simulaciones estadísticas o estimaciones econométricas a partir de datos o valores extraídos de otros proyectos. El principal riesgo aquí es el de la validez de los resultados, que está condicionada por la concurrencia de circunstancias y patrones comunes en los elementos que se comparan.

2. Por otra parte, incluso en los casos en los que la incertidumbre asociada al consumo físico de factores productivos pueda ser abordada de manera razonable por los procedimientos descritos, existe un segundo problema muy importante en la medición de los costes asociados a un proyecto de transporte. Se trata de determinar cuál es la valoración monetaria adecuada de dicho consumo, es decir, el valor unitario o precio que refleje adecuadamente el coste de oportunidad de los recursos desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto.

En ausencia de distorsiones significativas sobre el funcionamiento de la economía, los precios de mercado constituyen una buena aproximación al coste de oportunidad social de los bienes y servicios que adquieren los consumidores o usuarios de los mismos. Cuando la oferta refleja adecuadamente los planes de los productores y la demanda los deseos de los consumidores, los precios tienden a igualarse a los costes marginales que, en esencia, representan el coste que supone para la sociedad – en términos de recursos consumidos – la producción de la última unidad de producto o servicio. Por el contrario, si los mercados no cumplen esta función de asignación eficiente de los recursos resulta necesario ajustar los precios, obteniendo así los precios sombra.

## 6.2. Valoración y cuantificación de los costes de inversión

Existe una amplia experiencia documentada que demuestra que la mayoría de las intervenciones en materia de transporte, particularmente en los proyectos de construcción de infraestructuras, presentan un sesgo optimista hacia la subestimación de los costes. Estas desviaciones además se mantienen para períodos de tiempo largos, con lo que se puede afirmar que se trata de un sesgo sistemático. Este resultado refuerza la idea – ya presentada en el *Capítulo 3* de este **MANUAL** – de la necesidad de incorporar la incertidumbre al proceso de evaluación desde un principio, utilizando distribuciones de probabilidad para modelizar posibles desviaciones al alza en los costes de la inversión inicial en relación a las cifras inicialmente presupuestadas.

Una de las formas de abordar de manera práctica esta cuestión consiste en utilizar el procedimiento denominado *Reference Class Forecasting*, que consta principalmente de tres etapas: en primer lugar, la identificación de un número suficiente de proyectos pasados con características similares al proyecto evaluado.<sup>23</sup> Esta selección ha de ser estadísticamente significativa. En segundo lugar y considerando la base de datos obtenida se estiman las distribuciones de probabilidad de costes para la clase de referencia que, a su vez, estará determinada por el tipo de proyecto. Finalmente, se compara el proyecto con la distribución obtenida anteriormente.

La parte más complicada de este procedimiento se refiere a la recopilación de las bases de datos necesarias para establecer las referencias. Aplicando esta aproximación podría proponerse aumentar los costes de capital en un porcentaje determinado, recogido en el *Cuadro 6.1*. Estos porcentajes proporcionan valores de referencia para la modelización del comportamiento de la variable aleatoria “desviación de la inversión”.

## 6.3. Los ahorros de tiempo y las disposiciones a pagar

Para determinar cómo valorar los ahorros de tiempo, el evaluador de un proyecto tiene las opciones siguientes:<sup>24</sup>

1. Realizar **un estudio específico** para los usuarios del caso particular evaluado, basado en una metodología teóricamente sólida y contrastada empíricamente a nivel internacional. Ésta es la mejor opción siempre que se disponga de recursos financieros y tiempo suficiente.
2. Cuando lo anterior no es posible, se pueden **aplicar los valores recomendados** a nivel nacional o internacional para la evaluación social de proyectos de transporte.

---

<sup>23</sup> Véase **Flyvbjerg (2008)**.

<sup>24</sup> Esta es la aproximación que se propone en **BID (2006)**.

Cuadro 6.1: Aumento medio del coste de inversión por categoría y tipo de proyecto

Categoría	Tipos de proyectos	Aumento
<b>Carreteras</b>	Autopistas Carreteras principales Carreteras locales Carriles bicicleta Instalaciones para peatones Esquemas <i>Park and Ride</i> Carriles sólo bus Autobuses guiados sobre ruedas	22%*
<b>Ferrocarril</b>	Metro Metros ligeros Autobuses guiados sobre vías Tren convencional Tren de alta velocidad	34%*
<b>Conexiones fijas</b>	Puentes Túneles	43%*
<b>Proyectos de construcción</b>	Estaciones Terminales	25%**
<b>Proyectos de Tecnología de la Información (TI)</b>	Desarrollo de sistemas de TI	100%**

\* Basado en datos para el promedio de aumento de costes en Europa de acuerdo con Flyvbjerg *et al.* (2004).

\*\* Estimación pragmática basada en un rango de acuerdo con MacDonald (2002).

Fuente: Bickel *et al.* (2006) elaborado con datos de diversas fuentes.

- Finalmente, si no existen tales recomendaciones, se puede intentar **transferir datos de otros estudios** o de países similares, realizando los ajustes que se consideren pertinentes. El problema de la transferencia de valores entre países puede suavizarse de varias maneras, aunque una de las opciones más utilizadas consiste en ajustar de acuerdo con los niveles de renta *per cápita* reales expresados en paridad de poder adquisitivo (PPA).<sup>25</sup>

Existen varias consideraciones adicionales que pueden ser útiles en la práctica de la evaluación. En primer lugar, en relación al **crecimiento de los valores a lo largo del tiempo**, lo más frecuente es asumir que crecen al mismo ritmo que la renta real *per cápita*, es decir, se supone una

<sup>25</sup> En esta misma línea se puede optar por estimar distribuciones de probabilidad para los valores de ahorro de tiempo teniendo en cuenta datos de estudios previos (véase documento de trabajo **Predicción meta-analítica a la bayesiana para la valoración de bienes que no tienen mercado**), por lo que es meta-analítica, y la obtención de distribuciones de probabilidad para los valores obtenidos, vía predicción a la bayesiana.

elasticidad-renta unitaria. Otros estudios recomiendan realizar un análisis de sensibilidad con elasticidades-renta que varían entre 0,7 y 1.<sup>26</sup>

Por otro lado, también es posible considerar **distintos tiempos de viaje atendiendo a las condiciones del mismo**. Así, es frecuente que se recomiende utilizar valores de tiempo de espera y caminando superiores al valor del tiempo en el interior del vehículo, incrementados en un factor de entre 2,5 y 2, respectivamente. Para los retrasos (congestión), la recomendación es la de multiplicar el tiempo de viaje en el vehículo por un factor de 1,5. Algunos estudios han considerado cómo cambian los valores del tiempo teniendo en cuenta otros factores de calidad como el confort, la conveniencia, la fiabilidad o la seguridad y aunque se reconoce que los valores tienden a ser mayores en condiciones poco confortables, inseguras, estresantes o inciertas, no existen recomendaciones generales a este respecto, sino que varían por modo de transporte y las características específicas de los mismos.

Finalmente, en cuanto a los **pequeños ahorros de tiempo** la práctica más extendida en cuanto a su valoración consiste en suponer que el valor del tiempo crece de manera lineal con el tamaño de los ahorros, por lo que suelen aplicarse los mismos valores utilizados para valorar ahorros de mayor magnitud.

En los *Cuadros 6.2, 6.3 y 6.4* se ofrecen, a modo de referencia, valores para España recogidos en el proyecto europeo HEATCO. A falta de estudios específicos o recomendaciones nacionales, esta es, por el momento, la referencia más amplia y reciente. En este mismo estudio se recopilan los valores a aplicar en el resto de países de la UE, aunque destaca la inexistencia de valores para el modo marítimo por la escasez de evidencia empírica.

*Cuadro 6.2: Valor de los ahorros de tiempo en tiempo de trabajo en España para pasajeros\**

	Avión		Autobús		Automóvil/Tren	
	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25
€ <sub>2002</sub> por hora	30,77	32,80	17,93	19,11	22,34	23,82
€ <sub>2002</sub> por hora ajustado por PPA	35,74	32,80	20,83	19,11	25,95	23,82

\* A coste de factores.

Fuente: Bickel *et al.* (2006).

<sup>26</sup> Véase el documento de trabajo **Estimación de los costes del productor y del usuario en la evaluación de proyectos de transporte**.

Cuadro 6.3: Valor de los ahorros de tiempo en tiempo de ocio en España para pasajeros

	Commuter corta distancia						Commuter larga distancia					
	Avión		Autobús		Autom./Tren		Avión		Autobús		Autom./Tren	
	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25
€ <sub>2002</sub> por hora	12,72	12,65	6,12	6,10	8,52	8,48	16,33	16,25	7,87	7,83	10,94	10,89
€ <sub>2002</sub> por hora ajustado por PPA	14,77	12,65	7,11	6,10	9,90	8,48	18,96	16,25	9,14	7,83	12,71	10,89
	Otro corta distancia						Otro larga distancia					
	Avión		Autobús		Autom./Tren		Avión		Autobús		Autom./Tren	
	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25
€ <sub>2002</sub> por hora	10,66	10,61	5,13	5,11	7,15	7,11	13,69	13,62	6,59	6,56	9,18	9,13
€ <sub>2002</sub> por hora ajustado por PPA	12,38	10,61	5,96	5,11	8,30	7,11	15,90	13,62	7,66	6,56	10,66	9,13

\* A coste de los factores.

Fuente: Bickel *et al.* (2006).

Cuadro 6.4: Valor de los ahorros de tiempo en España para mercancías \*

	Carretera		Ferrocarril	
	España	UE 25	España	UE 25
€ <sub>2002</sub> por hora y tonelada	2,84	2,98	1,17	1,22
€ <sub>2002</sub> por hora y tonelada ajustado por PPA	3,30	2,98	1,36	1,22

\* A coste de factores.

Fuente: Bickel *et al.* (2006).

#### Ahorros de tiempo y problemas de capacidad

Tal como fue analizado en el *Capítulo 5*, uno de los elementos más importantes a la hora de valorar y cuantificar los cambios en el tiempo de los usuarios con y sin proyecto viene determinado por las restricciones de capacidad existentes. En este sentido, conviene señalar que medir de forma exacta la capacidad de una infraestructura es un tema complejo que conlleva un análisis técnico detallado de cada proyecto de transporte.

En el *Cuadro 6.5* se presenta, a modo de resumen, cuáles son las unidades de medida para cada modo de transporte y se ofrecen algunos valores indicativos para la capacidad máxima de cada tipo de infraestructura.

Cuadro 6.5: Unidades de medida y capacidad por modos

Modo de transporte	Tipo de infraestructura	Unidad de medida de la capacidad	Valores de referencia para la capacidad máxima
Carreteras	Convencionales	Vehículos/hora	1.200 – 1.500 Veh/hora
	Alta capacidad (autovías y autopistas)	Diferentes tipos de vehículos se transforman en su equivalente en vehículos ligeros. ( <i>pcu = passenger car units</i> )	2.000 – 2.400 Veh/hora/carril
Aeropuertos	Una única pista de aterrizaje, longitud 1.200 m, ayudas IFR	Operaciones / hora Aterrizajes+despegues, incluyendo un mix de aeronaves de diferentes tamaños	35-40 Op./hora
	Dos pistas de aterrizaje paralelas, long. > 1.300 m ayudas IFR		75-80 Op./hora
Puertos	Terminal de contenedores, con equipamiento óptimo, usuarios: buques portacontenedores última generación	TEUs/metro lineal de muelle/año TEU = 20 feet equivalent unit (medida-tipo, se transforman todos los contenedores en su nº equivalente de 20')	1.500-1.700 TEUs/m/año
	Terminal de graneles sólidos, usuarios: grandes buques	Toneladas/día	15.000-18.000 Ton/día
Ferrocarriles	Línea electrificada, doble vía, usuarios: <i>mix</i> de trenes de pasajeros y mercancías	Movimientos/día volumen de operaciones en cada sentido de la circulación	140-150 Trenes/día/sentido

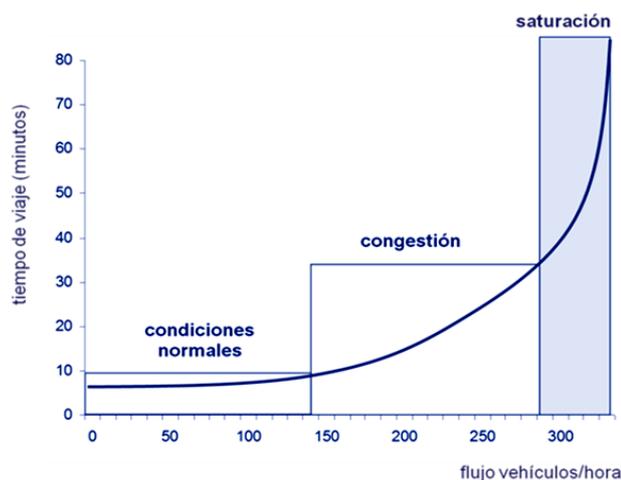
Fuente: UIC (2004).

A partir del cuadro anterior puede tenerse en cuenta que una característica común a todos los modos de transporte es la existencia de especificaciones funcionales de tipo exponencial que relacionan el grado de utilización de la capacidad con los tiempos invertidos por los vehículos o los usuarios finales (pasajeros/mercancías).

Es posible describir este tipo de relaciones entre el grado de uso de la capacidad y los tiempos, pudiéndose dividir los flujos de vehículos o usuarios en tres rangos o fases: una primera en la que se dan las condiciones normales de uso (la interacción entre vehículos o usuarios es mínima), una segunda fase en la que surgen problemas de congestión y los tiempos comienzan a elevarse, y finalmente una tercera fase de saturación, de forma que cuando los flujos sobrepasan un determinado rango los tiempos se disparan. Este tipo de relaciones funcionales pueden

representarse por especificaciones de carácter exponencial como la representada en el siguiente gráfico.

*Figura 6.1: Condiciones de utilización de las infraestructuras*



La existencia de este tipo de relación de dependencia entre el flujo de vehículos/hora y los tiempos de viaje de los usuarios resulta de gran utilidad para la evaluación de proyectos de transporte en los cuales se consigue una ampliación significativa de la capacidad.

Para abordar el análisis coste-beneficio de un proyecto de transporte, resulta necesario cuantificar los tiempos empleados por los usuarios para diferentes niveles de demanda en relación con la capacidad disponible. Por ello, estas relaciones funcionales sencillas entre uso de capacidad y tiempos nos permiten obtener información para diferentes escenarios que nos señalan el grado de saturación que puede alcanzar una infraestructura a medio y largo plazo. A efectos de planificación, algunas de estas relaciones funcionales del tipo  $t_{viaje} = f(\text{flujo vehículos})$  son las siguientes, donde  $t$  representa el tiempo y  $Q$  el número de usuarios:<sup>27</sup>

#### CARRETERA CONVENCIONAL

Ecuación:  $t = f(\text{veh/hora})$

$$t_{viaje} = 6,6315 + 0,0046 Q - 7 \cdot 10^{-6} Q^2 + 4,242 \cdot 10^{-9} Q^3$$

(36,197)    (4,477)    (-4,520)    (6,635)    (t - ratios)

$$R^2 = 0,923 \quad F = 311.33$$

<sup>27</sup> Véase el documento de trabajo [Modelos de capacidad de infraestructuras de transporte](#).

**CARRETERA ALTA CAPACIDAD (ATOVÍAS Y AUTOPISTAS)**Ecuación:  $t = f(\text{veh/hora/carril})$ 

$$t_{\text{viaje}} = 5,7336 + 0,0005 Q - 8,46 \cdot 10^{-7} Q^2 + 6,61 \cdot 10^{-10} Q^3$$

(43,332)   (0,804)   (-1,317)   (3,228)   (t - ratios)

$R^2 = 0,832$     $F = 205,11$

**AEROPUERTO CON UNA ÚNICA PISTA**Ecuación:  $t_{\text{retraso}} = f(\text{operaciones/día})$ 

$$\ln t_{\text{retraso}} = -3,955 + 0,0134 Q$$

(-11,646)   (31,833)   (t - ratios)

$R^2 = 0,986$     $F = 505,26$

**TERMINAL DE CONTENEDORES**Ecuación:  $t_{\text{servicio}} = f(\text{utilización de capacidad})$ 

$$t_{\text{servicio}} = t_{\text{ff}} \left( 1 + 0,15 \left( \frac{Q_t}{K_t} \right)^4 \right),$$

siendo  $t_{\text{servicio}}$  en este caso, el tiempo medio de atraque de buques portacontenedores en la terminal (medido en días),  $t_{\text{ff}}$  el tiempo de servicio en condiciones normales sin congestión (*free-flow*),  $K_t$  la capacidad portuaria en el año  $t$  (medida en TEUs/año), y  $Q_t$  la demanda efectiva (TEUs/año).

**FERROCARRILES**

Al contrario que en los otros modos, no existen suficientes trabajos empíricos sobre el sector del ferrocarril que describan funciones del tipo exponencial (u otras especificaciones de naturaleza similar) como las que proponemos en otros modos como marco de referencia para relacionar capacidad y tiempos. Probablemente, este hueco en la literatura sobre la capacidad ferroviaria se deba a la naturaleza de este modo de transporte, en el cual la necesidad de una elevada coordinación entre los trenes que comparten una misma línea por razones de seguridad hace que el problema de congestión por la saturación de la capacidad sea de menor importancia en comparación con otros modos de transporte. No obstante, la aproximación basada en una función de tipo exponencial se considera igualmente válida para este modo de transporte, y a la hora de evaluar un proyecto concreto pueden simularse diferentes escenarios de uso de la capacidad para tratar de relacionarlos con tiempos de viaje de los trenes.

## 6.4. Los costes de operación y mantenimiento

En la literatura sobre evaluación es frecuente encontrar fórmulas que permiten estimar los valores de costes de operación y mantenimiento de modo aproximado. En otras ocasiones están disponibles valores concretos para casos específicos con distintas referencias como costes medios por kilómetro o por tipo de vehículo. Tanto las fórmulas como los valores de costes constituyen una referencia útil y necesaria en un contexto de análisis coste-beneficio en condiciones de incertidumbre. Evidentemente, si se dispone de información específica de costes para el caso evaluado, es ésta la que habrá de utilizarse. En caso contrario la información proporcionada por las fórmulas y valores debería considerarse como punto de partida en relación a la definición de variables aleatorias y los márgenes entre los que las mismas pueden variar.<sup>28</sup>

Cabe destacar que es para la modalidad de transporte por carretera para la que se dispone de un mayor número de estudios, y consecuentemente de valores y fórmulas de referencia tanto para el mantenimiento y operación de la infraestructura como en el caso de los vehículos. A continuación, y a modo de ejemplo, se recogen algunas de estas fórmulas y valores para dicho modo.

En el caso español<sup>29</sup> se ha sugerido la aplicación de las siguientes fórmulas para estimar los diversos componentes del coste de los vehículos. En tramos interurbanos se recomienda utilizar las siguientes ecuaciones que vinculan el consumo de combustible con la inclinación de la carretera y la velocidad del vehículo:

- **Turismos en rampa o llano:**

$$C = 117,58 - 1,76V + 1,21 \cdot 10^{-2}V^2 + 24,09p - 0,47Vp + 4,74 \cdot 10^{-3}V^2p.$$

- **Turismos en pendiente:**

$$C = 92,76 - 1,3V + 10^{-2}V^2 - 6,77p + 0,33pV - 2,45 \cdot 10^{-3}V^2p.$$

- **Camiones en rampa o llano (a media carga):**

$$C = 388,18 - 7,32V + 7 \cdot 10^{-2}V^2 + p[101,28 + 1,99 \cdot 10^{-2}V + 7,85 \cdot 10^{-3}V^2].$$

- **Camiones en pendiente (a media carga):**

$$C = 213,31 - 6,15V + 7,42 \cdot 10^{-2}V^2 + p[6,08 + 3,82 \cdot 10^{-2}V + 7,27 \cdot 10^{-4}V^2].$$

<sup>28</sup> En el documento de trabajo **Estimación de los costes del productor y del usuario en la evaluación de proyectos de transporte** se realiza una revisión de estos componentes de coste con una perspectiva modal.

<sup>29</sup> Véase **Ministerio de Fomento (1993)**.

Donde:

$C$  = consumo de combustible en  $\text{cm}^3$  por kilómetro.

$V$  = velocidad en kilómetros por hora.

$P$  = inclinación en porcentaje.

También para España, es posible obtener valores de costes totales y kilométricos unitarios de acuerdo con la clasificación recogida en el *Cuadro 6.6*. De este modo, en el *Cuadro 6.7* se presentan los costes totales y kilométricos unitarios para el caso de los autocares y en el *Cuadro 6.8* se muestran los valores de costes directos y kilométricos unitarios para el caso del transporte de mercancías.

**Cuadro 6.6: Categorías de costes para autocares y vehículos de carga**

<b>Costes directos</b>	Costes por tiempo	Amortización del vehículo Financiación del vehículo Personal de conducción Seguros Costes fiscales Dietas
	Costes kilométricos	Combustible Neumáticos Mantenimiento Reparaciones
<b>Costes indirectos*</b>	Costes de estructura, comercialización y otros	

\* Estos costes no se mencionan como tales en el caso de los vehículos de carga.

Fuente: Ministerio de Fomento (2008a y 2008b).

**Cuadro 6.7: Costes totales (directos e indirectos) y kilométricos para autocares en España\***

Tipo de Autocar	Coste total/Km.	Coste kilométrico/Km.
Más de 55 plazas	1,51	0,56
De 39 a 55 plazas	1,36	0,48
De 26 a 38 plazas	1,21	0,38
De 10 a 25 plazas	1,07	0,34

\* Euros 2008.

Fuente: Ministerio de Fomento (2008a) y elaboración propia.

Cuadro 6.8: Costes directos y kilométricos para el transporte de mercancías en España \*

Tipo de Vehículo	Coste Directo		Coste Kilométrico	
	€ por Km. recorrido	€ por Km. cargado	€ por Km. recorrido	€ por Km. cargado
Articulado de carga general	1,07	1,26	0,52	0,62
De 3 ejes de carga general	0,97	1,14	0,41	0,48
De 2 ejes de carga general	0,87	1,02	0,34	0,40
Frigorífico articulado	1,16	1,36	0,59	0,69
Frigorífico de 2 ejes	1,09	1,45	0,43	0,57
Cisterna de mercancías peligrosas (químicos)	1,16	1,66	0,50	0,72
Cisterna de mercancías peligrosas (gases)	1,18	2,35	0,50	1,01
Cisterna de productos de alimentación	1,05	1,57	0,50	0,75
Cisterna de productos pulverulentos	1,11	1,55	0,53	0,73
Porta vehículos (tren de carretera)	1,05	1,30	0,54	0,67
Tren de carretera	1,03	1,21	0,54	0,63
Articulado porta contenedores	1,11	1,30	0,53	0,63
Volquete articulado de graneles	1,06	1,32	0,53	0,66
Furgoneta	0,91	-	0,17	-

\* Euros 2008

Fuente: Ministerio de Fomento (2008b) y elaboración propia.

### 6.5. El valor de una vida estadística

Un efecto habitual de los proyectos de transporte es el cambio en la probabilidad del número y gravedad de los accidentes. Por ejemplo, la eliminación de puntos de alta siniestralidad en una carretera supone que los conductores puedan realizar el recorrido con un menor riesgo de accidente, lo que se traduce en un menor número de heridos o víctimas mortales. Estos cambios en el nivel de riesgo traen consigo un cambio en el bienestar de los individuos que ha de ser incorporada en la evaluación de proyectos de transporte.

La valoración monetaria de estas variaciones en el nivel de riesgo suele realizarse analizando los intercambios que los individuos hacen entre pequeñas modificaciones en el nivel de riesgo y su disposición a pagar o a ser compensados, ya sea en mercados reales (el más habitual el mercado de

trabajo, donde los individuos aceptan realizar trabajos más arriesgados a cambio de un mayor salario) o en mercados hipotéticos diseñados mediante encuestas. En el primer caso, los mercados reales, los procedimientos más habituales son los denominados modelos de precios hedónicos (o de salarios hedónicos en el caso del mercado de trabajo), mientras que en el segundo caso, mercados hipotéticos, puede emplearse cualquier método de valoración basado en preferencias declaradas.

En el caso de cambios en el riesgo de sufrir un accidente mortal, y a partir de estas valoraciones monetarias, es posible obtener lo que se ha denominado el **valor de una vida estadística**. Este procedimiento consiste básicamente en aumentar las valoraciones monetarias obtenidas anteriormente en una proporción equivalente a la necesaria para transformar los pequeños cambios en los niveles de riesgo asociados en una probabilidad cierta de fallecer (probabilidad igual a 1). Así, por ejemplo, si los individuos estuviesen dispuestos, por término medio, a aumentar en un 1 por 10.000 su riesgo de fallecer a cambio de 100 euros al año, implícitamente, esto equivaldría a un valor de la vida estadística de 1 millón de euros. Conviene resaltar que este concepto de vida estadística no trata de asignar un valor a una vida humana, la cual evidentemente no tiene precio, sino al cambio en el riesgo de sufrir lesiones o morir, lo que sí es cuantificable, como cualquier otro riesgo.

De todo lo anterior se desprende también que **no existe un valor monetario unificado para disminuciones del riesgo de accidentes**. La disposición a pagar por disminuciones en el riesgo es como la disposición a pagar por cualquier otro bien o servicio, de forma que se espera que difiera según las características del individuo que expresa su disposición a pagar (edad, renta, etc.), según las características del tipo de riesgo valorado (diferencias en el tipo de riesgo atendiendo al grado de control, voluntariedad, responsabilidad, o temor), y de cómo ese bien (riesgo) afecte al individuo y sea percibido por él. Ello justifica la diversidad de valoraciones monetarias empleadas en los distintos países, y lleva también a recomendar que cada país emplee para evaluar sus proyectos de transporte valoraciones monetarias de cambios en los riesgos de sufrir accidentes basadas en estudios propios.

En el ámbito de los proyectos de transporte se produce también esa disparidad. Un estudio realizó una recopilación de 30 trabajos que proporcionaban estimaciones del valor de una vida estadística para distintos países entre 1973 y 2001, obteniendo un rango de estimaciones que iba desde menos de 200.000 a más de 3 millones de dólares (a precios de 1997).<sup>30</sup>

Esta divergencia se produce también a nivel institucional. En el caso de la evaluación de proyectos de transporte, el Departamento de Transporte de los Estados Unidos cuantificó en 2008 el valor de una vida estadística en 5,8 millones de dólares, si bien reconoce la imprecisión de dicha cifra, estableciendo también que se realicen análisis complementarios utilizando 3,2 y 8,4 millones de dólares. El valor monetario de los accidentes no mortales se establece, según su severidad, como una proporción del valor monetario de una vida estadística según lo recogido en el *Cuadro 6.9*:

---

<sup>30</sup> de Blaeij *et al.* (2003).

Cuadro 6.9: Factores de corrección según la severidad del accidente

Severidad	Proporción del valor de una vida estadística
Menor	0,0020
Moderada	0,0155
Seria	0,0575
Severa	0,1875
Crítica	0,7625
Mortal	1,0000

Fuente: DOT (2008).

En el caso de proyectos de ámbito europeo, se señala que éstos tienden a emplear un valor medio de la vida estadística de **1,5 millones de euros** ajustado para los diferentes países por el PIB per cápita corregido por la paridad del poder de compra. Los valores monetarios para accidentes severos y leves son cuantificados en un 13% y 1% de la cifra anterior, respectivamente.<sup>31</sup>

En esta línea, también existen estudios para el caso español en los que se presentan una estimación del valor monetario de una vida estadística para España de **1.020.000 euros** (de 2002), y de **132.000 euros** y **10.200 euros** (de 2002) para accidentes no mortales severos y leves. Considerando todos los costes directos e indirectos, estas cifras alcanzan unos valores de 1.122.000, 138.900 y 10.500 euros (de 2002), respectivamente.

Sin embargo, estas estimaciones no están basadas en ningún estudio específico de campo desarrollado en España. Solamente existe un estudio que ha estimado el valor estadístico de una vida en España a partir de cambios en el riesgo de morir a consecuencia de un accidente de tráfico. Estos autores proporcionan un intervalo de entre **1** y **2,7 millones de euros**, dependiendo de la forma funcional utilizada.<sup>32</sup>

## 6.6. Las externalidades medioambientales

Siguiendo la clasificación desarrollada en el capítulo anterior en relación con la identificación de los efectos externos de tipo medioambiental asociados a proyectos de transporte, algunos criterios generales para la valoración y cuantificación de los mismos son los siguientes:

<sup>31</sup> Véase [Maibach et al. \(2008\)](#) y [Link et al. \(2003\)](#).

<sup>32</sup> [Bickel et al. \(2006\)](#) para el valor monetario de una vida estadística y [Martínez et al. \(2004\)](#) para un análisis basado en cambios en el riesgo de morir.

## Ruido

El ruido es un efecto externo negativo que se produce durante la construcción y utilización de la mayoría de las infraestructuras de transporte. Esta externalidad repercute negativamente en la calidad de vida, de trabajo, recreativa, e incluso puede deteriorar la salud de las personas.

A partir de un estudio realizado en varios países europeos, en el que se calcula la disposición a pagar media de los individuos por año por eliminar las molestias causadas por el ruido de carretera y transporte ferroviario en el hogar, se distinguen cinco niveles distintos de molestia (nula, ligera, moderada, alta, extrema). Los resultados obtenidos aparecen en el *Cuadro 6.10*.

Como señalan los propios autores, las inconsistencias en los valores estimados (a mayor nivel de molestia no le corresponde necesariamente una mayor disposición a pagar media) pueden ser debidas al limitado tamaño muestral y a que los individuos con menor nivel de ingresos, y por tanto con menor capacidad para pagar, tienden a ser los que viven en áreas con mayor nivel de ruido.

A partir de estos resultados, se recomienda los siguientes valores para la Unión Europea:

*Cuadro 6.10: Valores recomendados a nivel europeo\**

	Carretera	Transporte ferroviario
Altamente molesto	85	59
Molesto	85	59
Poco Molesto	37	38
Nada molesto	0	0

\* Disposición a pagar media anual en euros de 2005 por eliminar las molestias del ruido en el hogar.

*Fuente:* Navrud *et al.* (2006).

También existe evidencia sobre la cuantificación del valor monetario del impacto de determinados niveles de ruido para cada país. El *Cuadro 6.11* recoge tres valoraciones del impacto de variaciones en el nivel del ruido para el caso de España.

Cuadro 6.11: Valores monetarios centrales del impacto del ruido por modo de transporte para España

Lden dB(A)	Valoración 1*			Valoración 2**			Valoración 3***		
	Carretera	Ferrocarril	Avión	Carretera	Ferrocarril	Avión	Carretera	Ferrocarril	Avión
≥51	7	0	10	9	4	13	15	0	23
≥52	13	0	20	9	5	14	30	0	47
≥53	20	0	31	10	5	15	45	0	70
≥54	26	0	41	11	6	16	60	0	93
≥55	33	0	51	12	6	17	75	0	116
≥56	39	7	61	12	7	18	90	15	140
≥57	46	13	71	13	7	19	105	30	163
≥58	53	20	82	14	8	20	120	45	186
≥59	59	26	92	15	8	20	135	60	210
≥60	66	33	102	16	9	21	150	75	233
≥61	72	39	112	17	9	22	165	90	256
≥62	79	46	122	18	10	23	180	105	280
≥63	86	53	133	19	11	24	195	120	303
≥64	92	59	143	19	11	25	210	135	326
≥65	99	66	153	20	12	26	225	150	349
≥66	105	72	163	21	13	27	240	165	373
≥67	112	79	173	22	13	28	256	180	396
≥68	118	86	184	23	14	29	271	195	419
≥69	125	92	194	24	15	30	286	210	443
≥70	132	99	204	26	16	31	301	225	466
≥71	175	142	251	63	53	68	352	277	526
≥72	186	153	265	69	58	74	372	296	553
≥73	197	164	280	74	63	79	391	316	581
≥74	208	175	295	80	69	84	410	335	609
≥75	219	186	309	85	74	90	430	355	637
≥76	230	197	324	91	79	95	449	374	664
≥77	241	208	338	96	84	100	469	394	692
≥78	252	219	353	102	90	106	488	413	720
≥79	263	230	368	107	95	111	508	433	748
≥80	274	241	382	113	100	116	527	452	775
≥81	285	252	397	119	106	121	547	472	803

\* Euros de 2002 al coste de los factores por año y por persona expuesta.

Fuente: Bickel *et al.* (2006).

Nota:

- **Valoración 1:** Valores monetarios que incluyen costes cuantificables de efectos sobre la salud y el valor monetario estimado de las molestias según recomendaciones de **Van den Berg et al. (2003)**.
- **Valoración 2:** Incluye costes cuantificables de efectos sobre la salud y costes estimados de la molestia. Estos últimos según la valoración en **Navrud et al. (2006)**.
- **Valoración 3:** Incluye la disposición a pagar por reducir molestias causadas por el ruido basada en estudios de precios hedónicos (**Bickel et al., 2003**) y costes cuantificables de efectos en la salud.

### **Contaminación del aire**

Además de efectos sobre la calidad de vida y sobre la salud de las personas, que se manifiesta en morbilidad y mortalidad en casos extremos, la contaminación atmosférica produce otros impactos, como menor visibilidad ambiental, deterioro de materiales (edificios, esculturas, etc.), o incidencia sobre el clima, que a su vez afecta a una gran variedad de actividades productivas y de consumo. De forma similar al caso del ruido, para la valoración de este tipo de impactos, la aproximación más recomendada consiste en realizar un estudio específico.

Sin embargo, la disponibilidad de recursos para la evaluación o la urgencia de disponer de resultados puede obligar a recurrir a simplificaciones en el proceso de valoración (reducción en el número de contaminantes a estudiar, en los impactos considerados, simplificaciones en la estimación de las emisiones, en su comportamiento, en la estimación de las valoraciones monetarias, etc.), así como emplear estimaciones procedentes de otros estudios.

El principal inconveniente que plantea extrapolar resultados provenientes de otros estudios es que los impactos medioambientales causados por proyectos de transporte son en gran medida específicos de cada sitio y del proyecto estudiado. La razón es que la localización afecta a las condiciones y tipo de tráfico y, de este modo, a las emisiones, que a su vez también se ven afectadas por las características climatológicas, orográficas, etc., de la zona. Además, el número de receptores (personas, cultivos, infraestructuras, etc.) depende también del sitio donde se desarrolla el proyecto.

En el *Cuadro 6.12* se recogen los valores recomendados para la valoración monetaria de los impactos de la contaminación del aire en la salud que pueden ser relevantes para el caso de España, ya que el trabajo de valoración contingente ha sido realizado en nueve países europeos incluyendo España.

Ya que los impactos en los cultivos y en los materiales pueden ser valorados directamente empleando precios de mercado, en cada caso bastaría con emplear una adecuada función dosis-respuesta y los precios de mercado correspondientes.

Cuadro 6.12: Valores monetarios para la evaluación de impactos sobre la salud humana

	Valores monetarios por caso *
Días de uso de medicación o broncodilatador	1
Días de actividad restringida leve; días de tos; días de síntomas respiratorios leves y agudos	38
Consulta con médicos (Asma)	53
Consulta con médicos (Enfermedades respiratorias de la vía superior)	75
Consulta con médicos (Rinitis alérgica)	75
Días de trabajo perdido	295
Días de actividad restringida	130
Admisiones hospitalarias por motivos respiratorios	2.000
Admisiones hospitalarias por motivos cardíacos	2.000
Años de vida perdidos debido a exposición crónica	40.000
Años de vida perdidos debido a exposición aguda	60.000
Nuevos casos de bronquitis crónica	200.000
Cáncer mortal debido a radionucleótidos	1.120.000
Cáncer no mortal debido a radionucleótidos	481.050
Defecto hereditario debido a radionucleótidos	1.500.000
Valor de un fallecimiento evitado	1.500.000

\* Euros de 2000.

Fuente: Preiss y Klotz (2007).

Algunos autores<sup>33</sup> recomiendan emplear los valores monetarios estimados por HEATCO<sup>34</sup> para los contaminantes PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>, ya que proporciona cifras diferenciadas para distintos tipos de poblaciones, mientras que para los otros contaminantes sugiere utilizar los valores recogidos por CAFE<sup>35</sup> al considerarlos más conservadores. Todos estos aparecen resumidos en el Cuadro 6.13.

<sup>33</sup> Véase, Maibach *et al.* (2008).

<sup>34</sup> Véase, Bickel *et al.* (2006).

<sup>35</sup> Véase, Holland *et al.* (2005).

**Cuadro 6.13: Costes monetarios estimados de la contaminación del aire originada por el transporte por carretera y ferrocarril\***

Tipo de contaminante	Fuente	Unidad	Entorno	Valor
NO <sub>x</sub>	CAFE	Euros de 2000 (emisiones de 2010)		2.600
COVDM	CAFE	Euros de 2000 (emisiones de 2010)		400
SO <sub>2</sub>	CAFE	Euros de 2000 (emisiones de 2010)		4.300
PM <sub>2.5</sub> (De combustión)	HEATCO	Euros de 2000	Urbano/ Metropolitano**	299.600
	UBA transferido a HEATCO	Euros de 2000	Urbano***	96.400
	HEATCO/CAFE (para transporte fluvial)	Euros de 2000	Zonas no construidas	41.200
PM <sub>10</sub> (No de combustión)	HEATCO	Euros de 2000	Urbano/ Metropolitano**	119.900
	HEATCO****	Euros de 2000	Urbano***	38.600
	HEATCO	Euros de 2000	Zonas no construidas	16.500

\* Euros de 2000 por tonelada de contaminante.

\*\* Urbano/Metropolitano: Poblaciones con más de medio millón de habitantes.

\*\*\* Urbano: Poblaciones con menos de medio millón de habitantes.

\*\*\*\* Transferido a HEATCO en Maibach *et al.* (2008).

Fuente: Maibach *et al.* (2008).

### Paisaje

Los proyectos de transporte originan a menudo una degradación del valor paisajístico o recreativo de la zona en la que se desarrollan. Este tipo de impacto es específico del sitio, de forma que no es posible establecer un valor de referencia y será necesario estudiar cada caso en concreto. La valoración monetaria de este tipo de impacto suele realizarse mediante el método del coste del viaje y/o alguno de los métodos de preferencias declaradas. El método del coste del viaje permite valorar bienes recreativos, culturales, históricos o escénicos, así como sus características. Sin embargo, este procedimiento sólo es capaz de recoger los valores monetarios asignados a aquellos servicios del área estudiada que requieren que las personas se desplacen allí para su disfrute. Los métodos de preferencias declaradas, en cambio, permiten también cuantificar monetariamente los valores asignados por los individuos que no han manifestado sus preferencias desplazándose alguna vez a la zona afectada.

### **Contaminación del suelo**

El impacto ambiental de la contaminación del suelo puede tener efectos sobre la flora y la fauna, la productividad agraria e incluso, sobre la salud de personas. Además, estos efectos pueden manifestarse al cabo de los años. Ello representa una complicación adicional para su valoración e inclusión en las aplicaciones de análisis coste-beneficio.

Toda esta complejidad motiva que su valoración suela realizarse empleando alguna de las técnicas basadas en el lado de los costes, es decir, empleando los costes para reemplazar, evitar la pérdida o restaurar el bien o servicio medioambiental. Sin embargo, tales aproximaciones presentan el inconveniente de que ignoran las preferencias de los individuos y, por tanto, estiman arbitrariamente valores que podrían guardar poca relación con los verdaderos valores sociales. Una aproximación más adecuada es tratar de identificar y cuantificar en cada caso específico los efectos mediante el empleo de funciones dosis-respuesta, para posteriormente valorar monetariamente esos efectos mediante precios de mercado (por ejemplo, en el caso de los efectos en la productividad del suelo) o métodos de preferencias declaradas o reveladas (en el caso, por ejemplo, de que se produzcan impactos en la salud humana).

### **Contaminación del agua**

La contaminación del agua puede tener efectos muy diversos y que pueden manifestarse con posterioridad y no circunscribirse espacialmente a la zona donde se sitúa el punto inicial de la contaminación. Por todo ello, no es posible establecer unos valores monetarios de referencia y será preciso evaluar cada caso en concreto.

La contaminación del agua puede afectar a la fauna marina y fluvial (y así a la producción pesquera), a los correspondientes ecosistemas, a la producción agrícola, al valor recreativo de los espacios naturales, a la salud humana, etc. Dada la diversidad de efectos, su valoración monetaria requerirá, de forma análoga al caso de la contaminación del suelo, combinar distintos procedimientos, empleando primero funciones dosis-respuesta para cuantificar los diversos efectos y, posteriormente, precios de mercado y métodos de valoración basados en preferencias declaradas o reveladas para valorarlos monetariamente.

### **Cambio climático**

El impacto del transporte en el cambio climático según distintos estudios viene principalmente motivado por la emisión de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), gas metano ( $\text{CH}_4$ ) u óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). La valoración de este impacto es altamente compleja debido a que se trata de efectos globales, de largo plazo, de naturaleza muy diversa (inundaciones, impactos en la agricultura, efectos en la salud humana, cambios en las precipitaciones, aumento de la probabilidad de ocurrencia de desastres naturales, etc.), y sobre los que no existe en la mayoría de los casos un conocimiento preciso. Por todo ello, existe una gran incertidumbre en las valoraciones, y los diferentes estudios suelen centrarse en efectos concretos del cambio climático sobre los que se dispone de un mayor conocimiento.

La evidencia empírica proporciona un rango recomendado de costes monetarios para un grupo limitado de efectos del cambio climático, basándose para el corto plazo (2010-2020) en diversos estudios que emplean costes de evitación, y para el largo plazo (2030-2050) (véase *Cuadro 6.14*). Los autores justifican esta decisión en que para el corto plazo la incertidumbre existente en torno a los costes de evitación es más pequeña puesto que existen objetivos políticos de reducción de emisiones a los que pueden asociarse costes (para 2010 los objetivos establecidos en Kyoto y para 2020 reducción de las emisiones de la Unión Europea de al menos un 20% respecto a 1990, tal y como fue aprobado por el Consejo Europeo en marzo de 2007), mientras que para el largo plazo no existen objetivos políticos definidos.

*Cuadro 6.14: Rangos de valores recomendados en Europa para los costes externos del cambio climático\**

Año de aplicación	Valores centrales		
	Valor inferior	Valor central	Valor superior
2010	7	25	45
2020	17	40	70
2030	22	55	100
2040	22	70	135
2050	20	85	180

\* Euros por tonelada de CO<sub>2</sub>.

Fuente: Maibach *et al.* (2008).

### Vibraciones

Generalmente, pueden distinguirse dos tipos de impactos originados por las vibraciones:

- Por un lado, las molestias que estas vibraciones pueden ocasionar a los receptores situados dentro de su ámbito de influencia. En este caso, este impacto puede estar englobado en los efectos del ruido comentados anteriormente o, en caso de no ser así, podrían ser valorados monetariamente siguiendo una metodología similar, siendo cuidadosos para evitar realizar una doble contabilización de impactos.
- Por otro lado, las vibraciones pueden tener un efecto negativo en las infraestructuras o en determinadas actividades productivas. Estos efectos podrían ser valorados monetariamente empleando precios de mercado.

Sin embargo, tanto en un caso como en otro, este tipo de impactos no son habitualmente valorados como tales en términos monetarios en los proyectos de transporte, considerando implícitamente que el número de personas afectadas o el impacto global no resulta significativo.



## 7. CONSIDERACIONES FINALES

El objetivo de este **MANUAL** es servir de herramienta para la evaluación de proyectos de transporte. Aunque en el pasado reciente se han hecho intentos serios de evaluación económica, la experiencia de identificar y medir los beneficios y costes sociales de los proyectos de transporte es aún escasa en España. Todavía estamos lejos de la consideración del análisis coste-beneficio de las inversiones y políticas públicas como un procedimiento habitual, con influencia real sobre el proceso de toma de decisiones del gobierno.

En la construcción de infraestructuras predomina la visión tecnológica y cierta mitificación del impacto económico de la obra pública en la economía. El concepto de coste de oportunidad en la utilización de los fondos públicos no siempre está interiorizado en la política de las decisiones de inversión pública, y con demasiada frecuencia vemos como la nueva construcción prevalece sobre el mantenimiento y la conservación de lo existente o como, entre las alternativas disponibles para un mismo objetivo, la más costosa o la que incorpora la última tecnología suele ser la que se elige sin la debida consideración de su rentabilidad social.

La falta de evaluación económica convencional se suple a veces con el recurso retórico a los efectos de desarrollo económico que tienen los proyectos de inversión en infraestructuras de transporte. La descripción cualitativa de supuestos efectos indirectos y otros supuestos beneficios adicionales que se derivan de la construcción de infraestructuras que reducen los costes de transporte, ocupan el lugar del análisis coste-beneficio convencional, donde lo que se mide son los beneficios directos y los indirectos (por ejemplo, los intermodales) que no son doble contabilización.

Este **MANUAL** es un instrumento de evaluación para proporcionar información sobre si los proyectos examinados aportan valor a la economía o si, por el contrario, sus costes son mayores que los beneficios esperados. Dadas las limitaciones habituales de información e incertidumbre que afectan a los proyectos de transporte, este **MANUAL** no pretende estimar con exactitud la tasa interna de rentabilidad de un proyecto cuya vida puede exceder los 30 años; sin embargo, no será difícil en la mayoría de los casos distinguir los “buenos” de los “malos” proyectos. Con este propósito, se incorpora el riesgo desde el comienzo de la evaluación con el fin de trabajar con rangos de valores y probabilidades de obtener determinados resultados en lugar de trabajar con variables deterministas que pueden dar una idea falsa de certeza en un mundo caracterizado por la incertidumbre.

La aplicación del coste-beneficio requiere algunas condiciones previas que el técnico debe tomar en consideración. La aplicación de la metodología que contiene este **MANUAL** requiere que el proyecto sea “pequeño”, en el sentido de que sus efectos más significativos puedan circunscribirse al mercado primario y a unos pocos mercados relacionados con impactos fácilmente identificables y significativos. En segundo lugar, es necesario que existan mercados para los *outputs* del proyecto o, no existiendo mercados, que se disponga de técnicas para valorarlos con ciertas garantías. En

tercer lugar, se requiere que la incertidumbre sea tolerable y los periodos de tiempo en los que hay que evaluar no sean exageradamente prolongados.

Hay proyectos cuyos costes y beneficios suelen repartirse entre la población sin originar problemas de equidad significativos. Otros proyectos perjudican o benefician de manera asimétrica según el nivel de renta o la zona geográfica. Aunque lo ideal sería el tratamiento explícito de la equidad con la ponderación social de los beneficios según el grupo afectado, esto no está al alcance del evaluador en muchas ocasiones.

Cuando la inclusión en el análisis de los efectos redistributivos del proyecto no es posible, una buena alternativa consiste en identificar, cuando sea pertinente, los grupos relevantes afectados, desagregando beneficios y costes por grupos y zonas geográficas, de manera que los responsables de tomar la decisión sobre la aprobación o rechazo del proyecto tengan, junto con los efectos sobre la eficiencia, las repercusiones distributivas que implica su ejecución. Además de incrementar la información para la toma de decisiones, esto puede permitir identificar quiénes deben ser compensados y quiénes pueden contribuir en su caso a la financiación del proyecto.

Junto a un tratamiento incompleto de la equidad, la práctica de la evaluación económica suele pecar de dos errores extremos que afectan a los impactos medioambientales. El primero por omisión, simplemente cuando el proyecto no los recoge; el segundo cuando se lleva demasiado lejos el intento de cuantificar beneficios y costes. Inevitablemente, los proyectos han de incorporar efectos de muy difícil cuantificación, siendo en este caso preferible incluir una descripción cualitativa solvente de un impacto sobre el paisaje o la fauna, asociado a la posible construcción de una infraestructura, que incluir el coste monetario de dicho impacto obtenido en un ejercicio de valoración medioambiental que no ofrezca garantías.

El éxito del análisis coste-beneficio está ligado a su función como ayuda a la toma de decisiones. Es un instrumento de análisis, no un requisito administrativo que hay que superar para que el proyecto se apruebe. Cuando el análisis coste-beneficio se convierte en un requisito administrativo pierde todo su potencial como herramienta de decisión pública. Por ello, el reto consiste en que el sistema de incentivos asociado al proceso de evaluación de inversiones favorezca la utilización del análisis coste-beneficio en su concepción original, es decir, como ayuda a la toma de decisiones en beneficio del interés general de la sociedad.

El diseño institucional y la utilización de contratos que favorezcan la eficiencia no pueden separarse del proceso de evaluación. En general, para que la política de infraestructuras beneficie a la mayoría de los ciudadanos, se requieren varios elementos, los cuales a pesar de su simplicidad pueden afectar profundamente a la repercusión de la metodología de evaluación sobre la economía real.

En primer lugar, los proyectos de inversión deben sujetarse a criterios estrictos de evaluación económica. La obligatoriedad de presentar un análisis coste-beneficio a partir de cierto volumen de inversión o de cambios significativos en la regulación, debe ir unido a la garantía de independencia

e imparcialidad de los informes mediante la separación entre el organismo que propone el proyecto y el que lo evalúa. Asimismo, el informe de evaluación debe hacerse público y accesible a todos los interesados (por ejemplo, publicado en la página web del Ministerio) con el fin de facilitar el debate social y la aportación de nueva información de los agentes sociales beneficiados o perjudicados.

En segundo lugar, el marco institucional tiene que evitar la disociación actual entre decisión de inversión y financiación. En la medida de lo posible habría que vincular la decisión de llevar un proyecto adelante con el coste del mismo, al menos parcialmente para que el organismo, o el gobierno regional promotor del proyecto, tengan incentivos a presentar proyectos socialmente rentables.

En tercer lugar, debe favorecerse la participación privada mediante contratos que repartan el riesgo de una manera eficiente, y que permitan los precios más bajos posibles para su utilización o la menor carga a los contribuyentes.

Finalmente, la evaluación económica debería venir acompañada por la financiera. La evaluación económica de un proyecto no debe limitarse a la cuantificación de los beneficios y costes sociales, con independencia de sus resultados financieros. Las consecuencias financieras de las distintas alternativas de precios que un proyecto admite con relación a los precios aplicables, capacidad, calidad, etc., deben acompañar al valor actual neto social del proyecto. Evaluar estructuras de precios alternativas y comparar su impacto sobre la rentabilidad social y la financiera arroja información muy útil para compatibilizar lo que es socialmente deseable con lo que es financieramente viable.



## REFERENCIAS

- Banco Europeo Inversiones (BEI) (2007): *RAILPAG*. Unión Europea. Banco Europea de Inversiones. Disponible en: <http://www.railpag.org>.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2006): *Evaluación económica de proyectos de transporte*.
- Bickel, P., S. Schmid, J. Tervonen, K. Hämekoski, T. Otterström, P. Anton, R. Enei, G. Leone, P. van Donselaar and H. Carmigchel (2003): “Environmental Marginal Cost Case Studies”, Unification of accounts and marginal costs for transport efficiency (UNITE), Deliverable 11.
- De Blaeij, A., R.J.G.M. Florax, P. Rietveld, y E. Verhoef (2003): “The value of statistical life in road safety: A meta-analysis”, *Accident analysis and prevention*, 35, 973-986.
- Del Bo, C., C. Fiorio y M. Florio, (2009): “Shadow wages for the EU regions”, Documento de Trabajo. DEAS Universidad de Milán.
- Comisión Europea (2008): *Guide to Cost Benefit Analysis of investment projects. Structural Funds, Cohesion Fund and Instrument for Pre-Accession*. Final Report. DG Política Regional.
- Department of Transportation (DOT) (2008): “Treatment of the economic value of a statistical life in departmental analyses”, Office of the Assistant Secretary for Transportation Policy.
- Flyvbjerg, B. Skamris, M.K. y Buhl, S.L. (2004): “What Causes Cost Overrun in Transport Infrastructure Projects?” *Transport Reviews*, 24 (1), 3-18.
- Flyvbjerg, B. (2008): “Curbing Optimism Bias and Strategic Misrepresentation in Planning: Reference Class Forecasting in Practice”. *European Planning Studies*, 16, (1), 3-21.
- Holland, M., S. Pye, P. Watkiss, B. Droste-Franke, y P. Bickel (2005): “Damages per tonne emission of PM2.5, NH3, SO2, NOx and VOCs from each EU25 Member State (excluding Cyprus) and surrounding seas”. Clean Air for Europe (CAFE) Programme.
- International Union of Railways (UIC) (2004): “Study on Infrastructure Capacity Reserves for Combined Transport by 2015”, Final report.
- Link, H, L. Stewart-Ladewig, R. Garcia, M. Herry, N. Sedlacek, R. Tomschy, PRODEC Planning Consultants, O. Betancor, G. Nombela, E. Quinet, D. Schwartz, J.P. Taroux, M. O’Mahony, C. Certan, M. van den Bossche, E. Devillers, H. Boersma, J. Nellthorp, G. Tweddle, T. Sansom, C. Nash (2003). “Pilot Account Results for Austria, Denmark, Spain, France, Ireland, Netherlands and UK”. UNITE, Working Funded by 5th Framework RTD Programme. ITS, University of Leeds.
- MacDonald (2002): “Review of large public procurement in the UK”, HM Treasury, Londres.

- Maibach, M., C. Schreyer, D. Sutter, H.P. van Essen, B.H. Boon, R. Smokers, A. Schrotten, C. Doll, B. Pawlowska, y M. Bak (2008): *Handbook on estimation of external costs in the transport sector*, Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT), Version 1.1 Report Delft.
- Martínez, J.E., J.L. Pinto y J. M. Abellán (2004): “El valor estadístico de la vida humana en España”, XXIV Jornadas de economía de la salud, El Escorial.
- Ministerio de Fomento (1993): Recomendaciones para la evaluación económica, coste-beneficio de estudios y proyectos de carreteras, España.
- Ministerio de Fomento (2008a): Observatorio de costes del transporte de viajeros en autocar. Nº 8.
- Ministerio de Fomento (2008b): Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera. Mes de Julio.
- Navrud, S., Y. Trædal, A. Hunt, A. Longo, A. Greßmann, C Leon, R Espino, R. Markovits-Somogyi y F. Meszaros (2006): “Economic values for key impacts valued in the Stated Preference surveys”, Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO), Deliverable D4.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (1988): *Transport and Environment*, OCDE, Paris.
- Preiss, P y V. Klotz (2007): “Description of updated and extended draft tools for the detailed site-dependent assessment of external costs”, New Energy Externalities Developments for Sustainability (NEEDS), Technical Paper nº 7.4-Rs 1b.
- Van den Berg, M. (*et al.*) (2003): “Valuation of noise”, Position paper of the Working Group on Health and Socio-economic Aspects.

## Anexo I: PREDICCIÓN DE LA DEMANDA EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSPORTE

La rentabilidad económica de un proyecto de transporte depende en gran medida de cuál sea la demanda futura de la infraestructura o modo de transporte evaluado. Tal y como se ha expuesto en el *Apartado 4* del **MANUAL**, los principales beneficios del proyecto se derivan de la reducción de los costes de tiempo y monetarios del viaje para los usuarios ya existentes y del aumento de la disposición a pagar correspondiente a los nuevos viajes inducidos por el proyecto. Por ello, es esencial disponer de una predicción fiable de la demanda en la situación con y sin proyecto.

La predicción de la demanda requiere disponer de un modelo explicativo del comportamiento de los individuos en relación con los principales factores determinantes de la misma. A grandes rasgos, la demanda depende, por un lado, de un conjunto de factores socioeconómicos y demográficos, y, por el otro, del coste generalizado del modo de transporte evaluado y de las alternativas sustitutivas. En general, la evolución temporal del primer grupo de variables –entre otras, renta per cápita, población, empleo y comercio exterior- no depende de las características del proyecto, mientras que el coste generalizado, en términos de tiempo de viaje y coste monetario, sí está influido por la puesta en marcha del proyecto.

El modelo de demanda debe tener en cuenta todas las posibles reacciones del usuario frente a un cambio en los costes. Cuando un proyecto supone modificaciones significativas en la oferta de transporte, es preciso predecir cómo responden los individuos en términos de incremento de la frecuencia de viaje, cambio de ruta, de modo de transporte y, en algunos casos, de destino. Otros proyectos tienen un impacto pequeño en los costes relativos de los modos de transporte de forma que sólo es preciso determinar los cambios de ruta y el aumento de frecuencia del tráfico existente. La complejidad del modelo dependerá esencialmente de la envergadura de la inversión o política a evaluar y de los datos disponibles.

Países como Reino Unido, Holanda, Dinamarca y Alemania han desarrollado modelos nacionales multimodales que permiten evaluar el efecto sobre la demanda de las políticas de transporte. Estos modelos ofrecen un marco de referencia excelente con el que comparar los resultados de modelos de demanda desarrollados para evaluar proyectos específicos.

Los epígrafes siguientes analizan, por este orden, los principales elementos que debe contemplar un modelo de demanda, las técnicas econométricas más adecuadas, cómo incorporar la incertidumbre en las predicciones a largo plazo y, por último, una breve referencia a los modelos disponibles en España. Unas consideraciones finales cierran el *Anexo*.

### I.1. El modelo de demanda

Un paso preliminar a la especificación del modelo es determinar correctamente el área geográfica afectada por el proyecto. Es bien conocido que el impacto de una infraestructura sobre el tráfico va

más allá de la región directamente afectada y genera efectos desbordamiento sobre las áreas vecinas.

Un segundo aspecto que debe abordarse es si se estima un modelo multimodal o unimodal. El modelo multimodal es más completo, aunque mucho más complejo y exigente en cuanto a la información necesaria. Por ello, es menos frecuente y, en general, se utiliza en contextos con una fuerte interrelación entre medios de transporte. El modelo unimodal tiene como ventaja que permite una mayor riqueza en las variables incluidas en la ecuación de demanda y, por consiguiente, capta de manera más precisa los cambios en la red de transporte.

En tercer lugar es preciso determinar qué tipo de decisiones individuales se verán afectadas por el proyecto. Una inversión en transporte, en la medida que reduce el coste del trayecto, modifica cualquiera de las siguientes decisiones: generación de nuevos viajes, elección del destino, elección del modo de transporte, elección de ruta y día y hora del viaje. En la literatura de demanda de transporte estas decisiones se agrupan en las conocidas etapas de generación, distribución, elección modal y asignación a la red. Además, cuando se estime oportuno en la evaluación del proyecto, cada una de las anteriores decisiones o etapas puede segmentarse de acuerdo con el día u hora del viaje.

El modelo de generación estima el aumento del número de viajes como consecuencia de la reducción del coste generalizado. Estos viajes obedecen tanto a nuevos usuarios como a un incremento de la frecuencia de los existentes. En décadas pasadas, la convención habitual en el ACB era que el número de viajes se consideraba fijo y su crecimiento dependía sólo de las variables socioeconómicas. Sin embargo, desde la década de los años noventa la hipótesis de demanda inelástica respecto a los costes ha sido desmentida<sup>36</sup>. Actualmente, el modelo de generación debe tener en cuenta las variables de carácter socioeconómico y el coste generalizado del viaje después de la inversión. Una mejora sustancial en la accesibilidad puede generar un número significativo de nuevos viajes.

Además, a largo plazo, es posible que la mejora en la accesibilidad incentive cambios en la localización de las actividades y residencias, dando lugar a un mayor número de viajes en la red y a una redistribución de los orígenes y destinos. La predicción del tráfico generado asociado a cambios en la localización requiere un modelo que relacione usos del suelo y transporte. Se trata de modelos complejos, con un escaso grado de estandarización. En estos casos, la prudencia en la evaluación nos aconseja comparar los resultados de la estimación con los efectos observados en proyectos similares.

La elección del destino del viaje depende de un amplio conjunto de variables, entre ellas, el coste de transporte. No obstante, la relevancia de esta última variable depende del motivo del viaje y de las características del individuo. Así, por ejemplo, en los viajes al trabajo o visitas a familiares, el

---

<sup>36</sup> Ver, por ejemplo, [Goodwin \(1996\)](#), [Noland \(2001\)](#) y [Yao y Morikawa \(2005\)](#).

destino es fijo, al menos en el corto y medio plazo. Por ello, es deseable que la distribución origen-destino de los viajes se estime con datos individuales. Sin embargo, no es habitual disponer de matrices origen-destino suficientemente representativas con datos desagregados. La dificultad de estimación y la consiguiente posibilidad de cometer errores explican que esta etapa a menudo se excluya del modelo de demanda.

Los modelos de elección modal gozan de una larga tradición en economía del transporte. Los costes relativos entre los modos de transporte son el principal determinante del reparto modal. En general, el coste del tiempo tiene un mayor efecto que el coste monetario. En ocasiones es necesario incluir variables como la frecuencia o fiabilidad del servicio. Así, parte de la cuota de mercado que el tren de alta velocidad capta del avión se explica en términos de una mayor fiabilidad horaria.

La demanda de transporte tiende a presentar fuertes oscilaciones en el tiempo y a generar marcadas diferencias entre periodos punta y valle que modifican los costes del viaje. En periodos punta aparece congestión y las tarifas suelen ser superiores. En estos casos, la modelización de la demanda segmentando por periodos horarios permite captar mejor el comportamiento individual. Sin embargo, los costes de información se incrementan enormemente. Además, la predicción a lo largo de los años de vida del proyecto deberá contemplar la posibilidad de intercambio de demanda entre periodos horarios. La cuestión clave reside en si la evaluación requiere distinguir la predicción de la demanda por periodos.

El modelo de demanda se cierra con la asignación de los viajes a la red. El modelo de asignación considera la decisión de elección de una ruta determinada en una red y calcula los costes de dicha ruta. Estos costes, a su vez, constituyen un *input* en las distintas etapas de la modelización de la demanda. Se trata de un procedimiento iterativo entre el modelo de demanda y el de oferta hasta hallar un equilibrio.

El modelo de asignación permite incorporar los costes de congestión, que aparecen a medida que el tráfico en una ruta aumenta, en la evaluación del proyecto. La no consideración de la congestión de las infraestructuras puede dar lugar a una sobrepredicción de la demanda a medida que transcurre el tiempo. La modelización de los costes de congestión deberá ser consistente con la medida de capacidad utilizada para calcular los costes de los usuarios, tal y como se han detallado en el [Apartado 5.3](#) de este [MANUAL](#). El incremento de congestión no sólo afecta a las carreteras, sino que también es perceptible en el ferrocarril, aeropuertos o en cualquier modo de transporte público. El supuesto de costes fijos es claramente cuestionable en la situación sin proyecto cuando no se prevén mejoras en la capacidad.

La incorporación del modelo de asignación es una tarea complicada. De hecho, un supuesto frecuente en la evaluación es que el coste generalizado se mantiene constante a lo largo de los años de vida del proyecto. Sin embargo, ignorar la capacidad máxima de una infraestructura o modo de

transporte puede generar errores muy importantes en la evaluación de los beneficios netos de un proyecto<sup>37</sup>.

Existen diferentes enfoques para incorporar la elección de ruta en función del modo de transporte y contexto del viaje con distintos grados de complejidad. En general, los modelos de asignación en trayectos interurbanos son más simples que aquellos necesarios para modelizar el tráfico en áreas urbanas y metropolitanas. La red de transporte debe estar definida en las mismas unidades que el modelo de demanda. Así, si la generación de viajes está definida en términos de tiempo, la asignación a la ruta deberá realizarse también en términos de tiempo. En modelos donde la demanda se segmenta según periodo horario, la definición de la red de transporte es más compleja dado que obliga a tener matrices de costes para cada periodo de estimación. Cuanto más alto el detalle, más complejo será hallar el equilibrio. Por ello, las decisiones de desagregación deberán tomarse con cautela y de acuerdo con las exigencias del problema y la calidad de los datos disponibles.

Para aquellos casos en los que no es posible disponer de un modelo de asignación, el documento de trabajo **“Predicción de demanda: Análisis de la incertidumbre y modelos de predicción en España”** ofrece una alternativa más simple consistente en incorporar en la forma funcional del modelo una restricción de capacidad máxima. En este enfoque, ceteris paribus, el ritmo de crecimiento de la demanda disminuye a medida que el tráfico se acerca a la capacidad máxima.

Otro aspecto a tomar en consideración es la desagregación de la demanda según tipo de pasajero o mercancía. En la medida en que la evaluación de un proyecto utilice distintos valores del tiempo según el tipo de usuario, será necesario segmentar la demanda de acuerdo con el mismo criterio.

A efectos de evaluación, tal y como se detalla en el **Capítulo 5**, el modelo de demanda estimado debe permitir la distinción entre el tráfico existente antes de la inversión y el tráfico inducido por la misma. Este último comprende el tráfico desviado de otros modos o rutas de transporte y la generación de nuevos viajes como consecuencia de la reducción de costes derivada de la inversión. El tráfico desviado se obtiene directamente del modelo de elección modal. Respecto a la generación de nuevos viajes, en un contexto dinámico de crecimiento del tráfico es difícil distinguir entre los viajes derivados del crecimiento económico de aquellos que resultan de la reducción del coste generalizado. Una buena especificación del modelo de generación que contemple tanto los factores económicos y demográficos, como el coste generalizado del modo de transporte –básicamente tiempo, precio y calidad- es imprescindible.

Una vez estimadas las distintas etapas del modelo de demanda, es necesario predecir su evolución para los años de vida del proyecto. Dado que se desconoce el valor futuro de las variables explicativas, un paso previo es predecir su evolución para el mismo periodo temporal, lo cual introduce un fuerte elemento de incertidumbre en la predicción de la demanda. Por ello, es

---

<sup>37</sup> Ver, por ejemplo, **Mackie (1996)**.

recomendable elegir con cautela y una cierta parquedad las variables explicativas en cada fase de la demanda.

## I.2. Modelos de predicción de tráfico

Este apartado ofrece una breve revisión a las técnicas econométricas disponibles para estimación y predicción de la demanda de transporte<sup>38</sup>. En particular, nos centramos en los modelos de generación de tráfico y en la distribución modal. La elección del enfoque más adecuado dependerá fundamentalmente de las características y magnitud del proyecto y de la disponibilidad y/o costes de obtener los datos necesarios.

### *El modelo tendencial*

El modelo tendencial o ingenuo es la vía más simple de predicción dado que no incorpora información sobre otras variables de naturaleza económica. Obviamente, este modelo sólo recoge la evolución de la demanda existente y en ningún caso permite incorporar tráfico inducido. Existen diversas expresiones matemáticas para relacionar el tiempo con la variable a predecir. Dos alternativas simples y frecuentemente usadas son la relación lineal y la semi-logarítmica. La primera supone que la tasa de variación de los viajes es decreciente a medida que “t” aumenta, mientras que la segunda supone una tasa de variación constante. La predicción a partir de la extrapolación de la tendencia pasada es un método común, aunque a menudo excesivamente simple. Este método supone que el comportamiento pasado continuará en el futuro, supuesto que puede resultar excesivamente ingenuo.

### *El modelo econométrico de regresión*

La demanda de transporte depende esencialmente del coste generalizado y de los factores socioeconómicos y demográficos de la población. Los modelos econométricos de demanda constituyen la metodología adecuada para la predicción. La elección de las variables explicativas se realiza en función del tipo de demanda a predecir y de los datos disponibles. El enfoque más usual es una ecuación de regresión estimada con datos agregados en la que la demanda depende de las variables relacionadas con el entorno socioeconómico y demográfico -población, empleo, PIB o volumen de comercio exterior- y del coste generalizado de uso de la infraestructura, precio y tiempo.

La estimación puede llevarse a cabo con datos de series temporales, datos cross-section o datos de panel.

---

<sup>38</sup> Una versión más detallada se halla en el documento de trabajo [Predicción de demanda: análisis de la incertidumbre y modelos de predicción en España](#).

A efectos de predecir a largo plazo se aconseja la utilización de series temporales. Este tipo de datos permite tener en cuenta que los individuos no se ajustan de forma inmediata a los cambios en la oferta. Sin embargo, cuando las series no son estacionarias, debemos ser cuidadosos con la estimación econométrica para evitar regresiones espurias. Es recomendable trabajar con datos anuales y un periodo temporal no inferior a unos 30 años. La utilización de datos trimestrales o mensuales es una forma fácil de incrementar el número de observaciones. No obstante, cabe señalar que si bien pasar de datos anuales a trimestrales o mensuales comporta multiplicar por 4 ó por 12 el tamaño de la muestra, el contenido informativo de los datos no se multiplica por igual factor. Esto es debido a que la variabilidad de la muestra seguirá siendo esencialmente la misma, dado que la variabilidad añadida al pasar de datos anuales a mensuales o trimestrales fundamentalmente provendrá de la estacionalidad, magnitud generalmente poco relevante en las predicciones a largo plazo.

Sin embargo, cuando la inversión requiere modelizar efectos específicos de generación de tráfico en ámbitos territoriales concretos –por ejemplo, apertura de una nueva estación- los datos de sección cruzada o cross-section pueden proporcionar mejores predicciones. Este tipo de datos, al permitir ampliar el número de observaciones e incrementar la variabilidad de las variables explicativas, pueden contribuir a mejorar los resultados de la estimación. La información cross-section puede corresponder a viajes entre pares de orígenes y destinos dentro de un área geográfica, o bien a datos agregados para distintas unidades territoriales observados en un determinado año.

Los datos de panel reúnen las ventajas de los dos tipos de información. Un panel de datos está formado por unidades cross-section observadas durante dos o más periodos temporales. Sus atractivos son numerosos. En primer lugar, incrementa el tamaño muestral y los grados de libertad de la estimación; en segundo lugar, aumenta el número de variables explicativas disponibles y, generalmente, dado que la variación entre unidades cross-section es superior que la variación temporal, permite reducir la varianza de las estimaciones y aumentar su fiabilidad.

### ***El modelo de elección modal***

La inversión en un determinado modo de transporte disminuye su coste generalizado en relación con el resto de modos sustitutivos y, consecuentemente, algunos individuos cambian la alternativa seleccionada. En algunos casos, los viajes desviados de otros modos suponen hasta un 40% de la nueva demanda.

En la medida que sea posible, resulta aconsejable estimar una ecuación de demanda que permita determinar cómo el individuo responde a variaciones en el precio y la calidad de las alternativas de transporte. Por ello, es preciso definir una ecuación que modelice con rigor las elecciones de los individuos entre alternativas de transporte.

En este contexto, los modelos de elección discreta ofrecen el marco de estimación adecuado. Estos modelos gozan de una larga tradición en economía del transporte y acreditan un elevado grado de precisión en la estimación de las elasticidades de la demanda en relación con los principales atributos de los modos de transporte. El uso de datos microeconómicos evita un posible sesgo de agregación cuando los individuos no son suficientemente homogéneos. En contextos binomiales, las especificaciones Logit y Probit son las más frecuentes y su estimación no ofrece problemas importantes. Por el contrario, cuando la elección se formula entre tres o más alternativas, la estimación econométrica puede ser compleja<sup>39</sup>. Los datos para estimar estos modelos pueden proceder bien de la observación real de decisiones individuales (preferencias reveladas), o bien de experimentos basados en decisiones hipotéticas (preferencias declaradas).

Sin embargo, los modelos de elección discreta adolecen de dos inconvenientes. Por un lado, exigen disponer de una base de datos microeconómica con un elevado tamaño muestral y que recoja todas las características de los modos de transporte para cada uno de los individuos de la muestra. Por el otro, no están exentos de dificultades para predecir flujos de tráfico agregados<sup>40</sup>. Así, estos modelos predicen la probabilidad de que un individuo de la muestra elija una determinada alternativa. No obstante, a efectos de evaluación nos interesa conocer el volumen agregado de viajes desviados. Por ello, es necesario definir un procedimiento de agregación. Siempre que la muestra sea suficientemente representativa, la forma habitual de proceder es agregar a través de los individuos que la forman.

Una posible alternativa a la elección discreta, es estimar una regresión con datos agregados en la que la variable dependiente es el porcentaje de utilización (o frecuencia) de un determinado modo de transporte (ecuación logística). Esta aproximación puede ser válida si el proyecto afecta a flujos de tráfico que se comportan de forma suficientemente similar a los datos agregados disponibles y ha sido aplicada en múltiples estudios. Este tipo de ecuaciones se estima con datos cross-section, dado que la cuota de mercado de una alternativa presenta una escasa variabilidad a lo largo del tiempo.

Es preciso recordar que en ambos casos la finalidad es conocer la demanda desviada. Por ello, el supuesto implícito en estos modelos es que la demanda total es fija, y, consecuentemente, las elasticidades calculadas son inferiores a las obtenidas en contextos que permiten generación o supresión de tráfico.

---

<sup>39</sup> Para un análisis de estos modelos puede consultarse [Train \(2003\)](#).

<sup>40</sup> En este sentido ver [Ortuzar y Willumsen \(2001\)](#).

### I.3. Predicción a partir de valores recomendados y elasticidades

En algunas circunstancias es difícil disponer de los datos adecuados para llevar a cabo una estimación suficientemente robusta de una función de demanda. Algunos ejemplos de ello son la predicción de la demanda para un nuevo modo de transporte o los cambios en la localización de las actividades como resultado de una inversión. Este podría ser el caso de la construcción de una nueva red de vías metropolitanas, la construcción de un nuevo aeropuerto en una ciudad o el enlace de un puerto a la red de ferrocarril. Las dificultades de estimación se traducen en errores en la predicción. En estos casos, una opción alternativa es confiar en los resultados observados en proyectos similares realizados en otros ámbitos geográficos. La recopilación de información acerca de los efectos que determinadas inversiones han tenido sobre el tráfico constituye una alternativa para aproximar el impacto sobre la generación de nuevos viajes y sobre el cambio modal. Por ejemplo, la evidencia disponible para la construcción de líneas de alta velocidad pone de manifiesto que de forma aproximada un 30% de la demanda procede del avión, un 20% del coche y un 30% es nuevo tráfico generado<sup>41</sup>. En las inversiones en la red de carreteras, la evidencia muestra una generación de tráfico alrededor del 15%.

La incorporación de la información contenida en los estudios tomados como referencia puede realizarse a través de la elasticidad estimada. La elasticidad es un concepto matemático que mide la respuesta de la demanda a un cambio marginal en una de las variables explicativas. En economía del transporte existe una amplia evidencia empírica acerca de los valores de la elasticidad de la demanda respecto a las principales variables explicativas. Esta amplia evidencia otorga credibilidad a los valores hallados y, por consiguiente, a su aplicación para estimar resultados de cambios en la oferta de transporte<sup>42</sup>. Dado que cada proyecto de transporte tiene unas características muy específicas, es necesario elegir elasticidades estimadas en estudios de similares características. El contexto concreto en el que haya que predecir la demanda es el que determinará qué tipo de elasticidad es la más apropiada para cada caso.

No obstante, es necesario realizar una advertencia en relación con la utilización de la elasticidad para evaluar cambios en la demanda derivados de un proyecto de transporte. Dado que la elasticidad está calculada para variaciones marginales de una variable, es posible que este valor no se mantenga cuando se evalúan inversiones en transporte que generan cambios discretos importantes en el coste de transporte.

---

<sup>41</sup> Ver King (1996), Hensher (1997), de Rus y Roman (2006) y Vickerman (1996).

<sup>42</sup> En el documento de trabajo [La predicción de la demanda en la evaluación de proyectos](#) se ofrece evidencia empírica para las elasticidades; en particular se ofrecen valores de las elasticidades para las inversiones en alta velocidad e infraestructura viaria y evidencia empírica para las elasticidades.

#### I.4. Incertidumbre asociada a la predicción de la demanda

A pesar de que en las últimas décadas la calidad de los modelos de estimación de la demanda de transporte ha mejorado de forma muy significativa, los errores de predicción parecen persistir. Un estudio reciente de **Flyvbjerg et al. (2006)** concluye que la incertidumbre en las predicciones no ha mejorado a lo largo del tiempo. Los errores en la predicción de la demanda pueden tener consecuencias graves en la evaluación de proyectos. Una predicción excesivamente optimista dará lugar a capacidad excedentaria, mientras que si la demanda real supera la predicha aparecerán problemas de congestión. En el caso de las infraestructuras, los errores tendrán mayores costes, dado que las inversiones son prácticamente irreversibles.

**Flyvbjerg et al. (2006)** revisan 210 proyectos de inversión y constatan que en un 50% de los proyectos de inversión en carretera examinados la diferencia entre el tráfico estimado y el tráfico observado era de un  $\pm 20\%$ . Además, en algunas ocasiones se observa un sesgo sistemático hacia la sobrepredicción. Este es el caso de las inversiones en infraestructura de ferrocarril (**Flyvbjerg et al., 2006** y **Pickrell, 1989**) o de las autopistas de peaje (**Bain, 2009**). En el ferrocarril la demanda predicha llega a ser en algunos proyectos 2/3 superior a la observada y en el 85% de los proyectos analizados, el tráfico predicho fue más de un 20% superior al observado. En la mayor parte de los estudios, el sesgo aparece en la etapa de distribución modal, que es excesivamente optimista acerca de la capacidad del ferrocarril o autopista de peaje para captar una parte de la demanda. En todas las predicciones, la elevada desviación estándar estimada pone de manifiesto un alto grado de incertidumbre y riesgo.

Una breve revisión de algunos Estudios Informativos para proyectos de inversión en autopistas de peaje y autovías en España permite observar que las mismas tendencias se observan en nuestro país. En este sentido, **Vassallo y Baeza (2007)**, tras analizar los planes financieros de varias sociedades concesionarias, concluyen que éstas han tendido a sobrepredicir el tráfico, en particular, encuentran que el tráfico predicho para el primer año de operación de la Radial 2, Radial 4, Radial 3, Radial 5 y el nuevo acceso al Aeropuerto de Barajas de Madrid fue especialmente elevado, siendo sobreestimado entre un 58% y 66%.

Dado que la incertidumbre es, al menos parcialmente, inevitable, cabe buscar métodos que permitan incorporarla en la evaluación del proyecto. La forma más usual de tratar la incertidumbre es presentar estimaciones alternativas bajo distintos escenarios para las variables explicativas de la demanda. Sin embargo, esta solución no reconoce todas las fuentes de incertidumbre y tampoco informa acerca de la probabilidad de cada escenario.

Sin abandonar la estimación de modelos de demanda, la propia metodología econométrica permite incorporar la incertidumbre en las predicciones. Existen tres fuentes de incertidumbre. La primera, incertidumbre en los *inputs*, procede del desconocimiento del valor futuro de las variables explicativas. La segunda es la incertidumbre relacionada con la perturbación aleatoria del modelo que, entre otras cosas, recoge la influencia conjunta de posibles variables omitidas del modelo, y la última, incertidumbre en los coeficientes, procede de la utilización de estimaciones de los

parámetros poblacionales del modelo en lugar de sus valores reales. La suma de las dos últimas se agrupa en la que cabría denominar incertidumbre en el modelo. Una forma usual de incorporar estas incertidumbres en la predicción es a través de técnicas de simulación estocástica, utilizando diversos procedimientos tales como, por ejemplo, **métodos de *bootstrapping***. Ello nos permite ofrece una distribución de probabilidad de la demanda para cada uno de los años predichos y no sólo el valor esperado, tal y como es habitual. Esta metodología ha sido aplicada en dos de los casos de estudio analizados en el proyecto.

### 1.5. Modelos de demanda y predicción en España

Los organismos de la Administración Pública con competencias en el transporte han desarrollado distintos modelos para estimar y predecir la demanda. Se trata de modelos unimodales y, en general, tienen por objetivo la predicción a medio y largo plazo de la demanda agregada a partir de variables socioeconómicas.

*Puertos del Estado* utiliza modelos de series temporales para predecir la evolución del tráfico del sistema portuario español por tipo de producto, tipo de movimiento y por puertos. Además, trata de predecir la evolución del escenario macroeconómico, con un modelo de tablas *input-output*, para cada sector de mercancías, en términos de valor añadido bruto o comercio exterior. Los datos se obtienen de encuestas a los cargadores en las que se recoge información cuantitativa (tráfico previsto, cadena de transporte) y cualitativa (nivel de calidad esperado, criterios de elección modal). Los resultados se desagregan en navegación exterior y cabotaje, operación de carga y descarga para 9 sectores y 40 productos. Las predicciones obtenidas se someten a criterios de convergencia para garantizar la coherencia global, y se analizan factores de competencia y coeficientes de atracción entre puertos con el fin de derivar un método de reparto.

La *Dirección General de Carreteras* dispone de un modelo de predicción de tráfico por grandes corredores basado en extrapolaciones de series temporales. El modelo abarca, en cuatro etapas, la predicción de matriculaciones por tipo de vehículo, la estimación del parque de vehículos y del tráfico en cada año según edad y tipo de vehículo y el consumo de gasolina.

Para el transporte aéreo, *AENA* realiza proyecciones a largo plazo con resultados de demanda en pasajeros y aeronaves, mercancías, pasajeros-hora en llegadas y salidas y aeronaves-hora en llegadas y salidas. La predicción se realiza con un modelo econométrico que utiliza variables demográficas, de turismo, variables microeconómicas (elasticidades, coste de mantenimiento, tasas, precio del combustible, etc.) y variables macroeconómicas que se aglutinan en el PIB. La predicción incorpora cambios en la oferta de transporte (nuevo aeropuerto o entrada en operación del AVE, por ejemplo). Este modelo a largo plazo se completa con predicciones a corto incorporando información de las compañías principales; rutas, tipo de pasajero, flotas o cartera de pedidos. Las predicciones son sometidas a consulta con cada aeropuerto y con un panel de expertos. En el documento **Predicción de demanda: análisis de la incertidumbre y predicción en España** se presenta una exposición más detallada de las metodologías empleadas.

Los modelos disponibles ofrecen un punto de referencia adecuado con el que comparar las predicciones efectuadas en la evaluación de un proyecto. Adicionalmente, constituyen un punto de partida básico para conocer las principales variables explicativas de la demanda para cada modo de transporte. Sin embargo, en general, no están diseñados para evaluar el impacto de una determinada política o proyecto de transporte.

En primer lugar, en la medida que son modelos unimodales no permiten evaluar el impacto de políticas que afectan a más de una alternativa de transporte o que modifican de manera significativa el coste o calidad de una de ellas de tal manera que cambian la demanda de las alternativas sustitutivas. Es decir, no es posible cuantificar el cambio modal. En segundo lugar, los modelos existentes no incorporan el coste generalizado del viaje, lo cual impide contemplar la generación de nueva demanda como consecuencia de la reducción de dicho coste. Es cierto que para proyectos que suponen pequeños cambios del coste generalizado es posible aplicar valores medios de las correspondientes elasticidades y predecir la demanda resultante según el comportamiento futuro de las variables socioeconómicas. Sin embargo, esta forma de proceder no es la adecuada cuando deben evaluarse proyectos que modifican la relación de costes relativos, tales como la apertura de una línea de alta velocidad o una nueva pista aeroportuaria.

En general, los modelos disponibles son excesivamente agregados para ser aplicados a un proyecto o política de transporte concreta.

De acuerdo con lo expuesto en este *Anexo* es preciso avanzar hacia la construcción de modelos de demanda más completos que contemplen la generación de nuevos viajes, el cambio en la matriz de origen-destino y el cambio en el reparto modal consecuencia de una variación en el coste generalizado del viaje. Para ello es imprescindible la creación de una amplia base de datos y la homogeneización de las hipótesis que subyacen en los distintos modelos disponibles en la actualidad. Dado que un modelo, al igual que un mapa, es sólo una representación simplificada de la realidad, y en esta simplificación radica su utilidad, no existe una metodología única aplicable a todos los proyectos. El tipo de modelización debe adaptarse a la finalidad del proyecto, de igual forma que si consultamos un mapa, la pregunta formulada (localizar un país o localizar una calle en una ciudad) a la que deseamos dar respuesta condicionará el tipo de información a utilizar.

## 1.6. Conclusiones y recomendaciones

La predicción de la demanda de transporte a efectos de evaluación es ciertamente una tarea compleja y sujeta a múltiples decisiones. Se trata, sin embargo, de una tarea imprescindible y que requiere la máxima atención para acertar en la selección de proyectos.

Un parte importante de esta complejidad se deriva del hecho de que cualquier modo de transporte opera en forma de red y de la existencia de relaciones de sustituibilidad y complementariedad entre alternativas. De ahí que cualquier inversión tenga consecuencias no sólo sobre la demanda del

propio modo, sino sobre la demanda del resto de rutas y modos competitivos. Estas consecuencias son específicas para cada tipo de inversión y no existen reglas generales que puedan ser aplicadas.

Los modelos econométricos disponibles para predecir la demanda cuentan con una larga tradición en la economía del transporte y permiten realizar buenas predicciones, siempre y cuando se cumplan determinados requisitos. En primer lugar, es preciso disponer de unas bases de datos adecuadas al tipo de predicción. En algunas ocasiones, es imprescindible llevar a cabo encuestas para completar la información disponible. La necesidad de información se hace extensiva a la caracterización de la red en términos de coste generalizado, de forma que permita la interacción entre oferta y demanda y evite asignaciones de tráfico no factibles. En segundo lugar, es preciso elegir el modelo adecuado a cada proyecto. Tercero, cuando las dificultades de usar un modelo de predicción resulten insalvables, es recomendable confiar en el resultado observado en proyectos de similares características para evitar predicciones excesivamente optimistas. Por último, la predicción de la demanda debe cuantificar la incertidumbre asociada a cada resultado e incorporarla en la evaluación final.

## I.7. Referencias

- Bain, R. (2009): "Error and optimism bias in toll road traffic forecasts", *Transportation*, 36, 469–482.
- De Rus, G. y C. Román (2006): "Análisis económico de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona", *Revista de Economía Aplicada*, 42, 35-80.
- Flyvbjerg, B., M. Skamrisy S. Buhl (2006): "Inaccuracy in Traffic Forecasts". *Transport Reviews*, 26 (1), 1-24.
- Goodwin, P.B. (1996): "Empirical evidence on induced traffic, a review and synthesis", *Transportation*, 23, 35-54.
- Hensher, D.A. (1997): "A Practical Approach to Identifying the Market Potential for High-Speed Rail: A Case Study in the Sydney-Canberra Corridor", *Transportation Research A*, 31 (6), 431-446.
- King, J.(1996): "Economic significance of high speed rail", Proceedings of the 17th Australasian Transport Research Forum.
- Mackie, P. (1996): "Induced traffic and economic appraisal", *Transportation*, 23 (1), 103-119.
- Noland, R.B. (2001): "Relationships between highway capacity and induced vehicle travel", *Transportation Research A*, 35 (1), 47-72.
- Ortuzar, J.D. y L.G. Willumsen (2001): *Modelling Transport*, 3ª edición, John Wiley & Sons, Chichester.
- Pickrell, D. (1989): *Urban rail transit projects: forecast versus actual ridership and costs*, *Urban Mass Transportation Administration*, US Dpt. of Transportation, Washington DC.
- Train, K.E. (2003): *Discrete choice methods with simulation*, 2ª edición, Cambridge University Press, Reino Unido.
- Vassallo, J. y M. Baeza (2007): "Why traffic forecasts in PPP contracts are often overestimated?", Research Paper, EIB University Research Sponsorship Programme. European Investment Bank, Luxemburgo.
- Vickerman, R. (1997): "High-speed rail in Europe: experience and issues for future development", *The Annals of Regional Science*, 31 (1), 21-38.
- Yao, E. y T. Morikawa (2005): "A study of an integrated intercity travel demand model", *Transportation Research A*, 39 (4), 367-381.



## ANEXO II: LA VALORACIÓN DE LOS EFECTOS EXTERNOS EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Los métodos de valoración económica de los efectos externos de los proyectos de transporte desempeñan un papel fundamental dentro del proceso de evaluación de los mismos. Su objetivo es permitir la incorporación directa en el análisis coste-beneficio de todos aquellos impactos causados por un proyecto y no recogidos por el mercado. Sin embargo, la aplicación de estas técnicas hace necesario recurrir a diversas hipótesis y simplificaciones que se presentan brevemente en este *Anexo*.

Por todo ello, las estimaciones monetarias que proporcionan de los impactos no han de tomarse nunca como un valor exacto, y hay que guardar cierta precaución a la hora de su inclusión en el estudio. Esta mayor cautela puede ser lograda, por ejemplo, proporcionando los intervalos de confianza o las distribuciones de probabilidad de las estimaciones obtenidas. De esta forma, sería posible realizar un análisis de sensibilidad de la influencia de estas estimaciones en la decisión sobre la idoneidad o no de acometer un proyecto. Otra opción podría ser calcular cuál tendría que ser el valor económico de esos impactos para que el valor actual neto u otro indicador de la idoneidad de un proyecto fuera nulo y, posteriormente, comparar dicho valor con las estimaciones de esos impactos obtenidas mediante las técnicas de valoración económica.

### II.1. El valor económico de los efectos externos

En términos muy generales, el valor económico de un bien puede definirse a partir de lo que los individuos están dispuestos a pagar por él, lo que nos remite en última instancia a sus preferencias. En el caso de costes o beneficios de un proyecto relacionados con bienes y servicios comercializados en el mercado, las decisiones que los individuos toman en ese mercado pueden servir como un indicio para estudiar sus preferencias por esos bienes y servicios y, así, cuantificar monetariamente el impacto. En el caso de que se trate de costes o beneficios donde no existe un mercado, es necesario buscar medios alternativos que ayuden a revelar las preferencias de los individuos. Dichos métodos son el objetivo del presente apartado.

Estas técnicas se apoyan en diferentes hipótesis y constituyen distintas formas de aproximarse a las preferencias de los individuos, lo que provoca que no pueda emplearse la totalidad de las técnicas para medir todo tipo de impacto y que sea necesario considerar cada situación y qué es lo que se quiere valorar exactamente a la hora de elegir una u otra técnica. En ocasiones, puede ser necesario usar simultáneamente diversas técnicas para que cada una recoja un diferente aspecto o “tipo” de valor y así poder cuantificar monetariamente la totalidad del impacto.

Las técnicas mencionadas suelen clasificarse en dos grandes grupos: técnicas basadas en mercados relacionados y técnicas basadas en mercados hipotéticos.

## II.2. Técnicas basadas en mercados relacionados

Estas técnicas obtienen las preferencias de los individuos por bienes y servicios de no mercado a partir de las decisiones que éstos toman en el mercado sobre otros bienes y servicios que guardan algún tipo de relación (de sustituibilidad o complementariedad) con los de no mercado.

De esta idea se desprende que este grupo de técnicas solamente podrá cuantificar monetariamente aquellos impactos originados por un proyecto sobre el uso que los individuos hacen de bienes y servicios de no mercado. Dentro de este grupo se pueden distinguir tres tipos de métodos o procedimientos: método del comportamiento desviatorio, método del coste del viaje y método de los precios hedónicos.

### *Método del comportamiento desviatorio*

Este método se basa en la idea de que los individuos pueden compensar cambios en la cantidad o calidad de un bien o servicio de no mercado mediante cambios en la cantidad o calidad de bienes y servicios de mercado, manteniendo de esta forma su nivel de bienestar o utilidad inalterado. Siguiendo esta idea, y suponiendo una relación de perfecta sustituibilidad y otras hipótesis adicionales (Mäler, 1974), la disposición a pagar (en adelante, DAP) del individuo por un cambio marginal en la cantidad o calidad del bien o servicio de no mercado afectado por un proyecto puede expresarse como el cambio marginal en el gasto del bien o servicio privado.

Ejemplos de este tipo de comportamiento pueden encontrarse en los gastos que los hogares realizan para aislar mejor sus hogares del ruido exterior ante aumentos en los niveles de ruido, o en los gastos en compra de agua embotellada, instrumentos de filtración y/o en la construcción de pozos privados para compensar disminuciones en la calidad del agua suministrada.

A pesar de su atractivo conceptual, este método presenta sin embargo una serie de inconvenientes. A continuación se recogen algunos de ellos. En primer lugar, este procedimiento no es válido para cambios no marginales. El beneficio de un cambio no marginal en el bien o servicio de no mercado  $q$  es cuantificado monetariamente según este procedimiento como la reducción en el gasto del bien privado  $z$  que hace que el individuo mantenga su nivel de utilidad. Sin embargo, al disponer de más recursos por la mejora en  $q$  los individuos incrementarán su consumo de bienes y servicios, incluyendo del propio bien  $z$ . De esta forma, la reducción en el gasto del bien  $z$  será menor de la necesaria para mantener el nivel de utilidad constante, por lo que infraestimaré el beneficio obtenido por el cambio en  $q$ . En segundo lugar, este método supone que los individuos se ajustan rápidamente al cambio en  $q$ , cuando realmente pueden necesitar un tiempo. Finalmente, en tercer lugar, un comportamiento desviatorio puede no compensar completamente un empeoramiento en  $q$  o dar lugar a otros beneficios.

### **Método del coste del viaje (MCV)**

Este método se basa en analizar la relación de complementariedad que existe entre un bien o servicio de no mercado (en este caso bienes recreativos, culturales, históricos o escénicos que requieren de un desplazamiento del individuo para su disfrute) y un bien privado (el viaje). Esta relación de complementariedad implica que el disfrute del bien o servicio de no mercado (por ejemplo, visitar un paisaje natural) precisa del consumo de un bien privado (el viaje), pudiéndose de esa forma capturar indirectamente las preferencias de los individuos por el uso de ese bien o servicio de no mercado.

La idea que subyace en este método es que los costes en los que la gente incurre para visitar un sitio pueden ser interpretados en algunos casos como un “precio” por acceder al sitio y, por tanto, pueden ser utilizados para estimar la DAP de los individuos por los servicios proporcionados por el sitio.

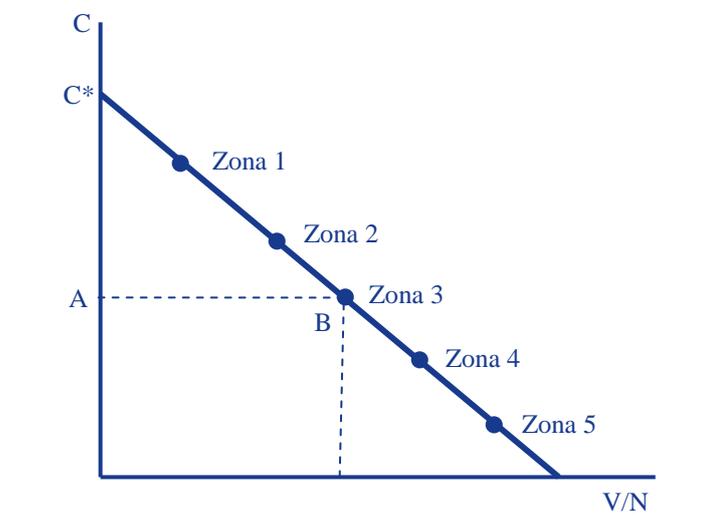
#### **Estimación del valor económico de los servicios recreativos de un sitio**

El MCV permite realizar estimaciones tanto del valor económico de sitios como del valor económico de características específicas o cambios en la calidad de sitios. Para el primero de estos objetivos, las dos variantes más comunes del MCV son el zonal o agregado y el individual (**Bateman, 1993**).

El MCV zonal consiste en establecer una relación mediante una regresión entre las tasas de visitas a un sitio desde diferentes zonas geográficas de origen (normalmente expresadas como número de visitas por cada 1000 habitantes de la zona correspondiente en un periodo de tiempo determinado) y el coste en el que se incurre por viajar desde cada zona de origen al sitio considerado. La estimación de esta función implica necesariamente considerar la hipótesis de que los individuos que viven en las distintas zonas tienen idénticas preferencias con respecto al sitio, de forma que si encararan los mismos costes de transporte realizarían el mismo número de visitas. El MCV individual es conceptualmente similar al zonal; sin embargo, la relación entre número de visitas (por unidad de tiempo) y el coste del viaje se establece a nivel individual. A la hora de calcular estas expresiones, pueden incluirse otras variables explicativas (a nivel individual en el MCV individual y a nivel agregado en el MCV zonal) que pudiesen influir en el número de visitas.

A partir de estas funciones de viajes es posible obtener una aproximación al bienestar neto que los individuos derivan de visitar el sitio (**Creel y Loomis, 1991**). Para ello, simplemente habría que calcular áreas situadas por debajo de estas funciones.

Figura II.1: MCV zonal



En el caso de la variante zonal, el área por debajo de la función entre el coste de las visitas de una zona y el coste para el cual la tasa de visitas es cero proporciona una aproximación al bienestar neto que supone para el individuo de esa zona todas las visitas que realiza al sitio. Por ejemplo, suponiendo una función lineal que relaciona tasas de visitas ( $V/N$ ) con costes de viaje ( $C$ ), esa área vendría representada para la zona 3 por el triángulo  $C^*AB$  en la *Figura II.1*. Este área refleja la diferencia entre lo que al individuo le cuesta las visitas que realiza y lo que estaría dispuesto como máximo a pagar por ellas, siendo por tanto una ganancia para el consumidor. Sería el bienestar que perdería el individuo en el caso de no poder visitar el sitio. Esta cantidad es entonces dividida por la tasa media de visitas de esa zona 3 y multiplicada por el número total de visitas de esa zona para obtener una aproximación al bienestar neto derivado de todas las visitas de la zona 3. Procediendo de forma similar para todas las zonas y sumando los valores obtenidos en cada una se obtiene una aproximación al bienestar neto derivado de todas las visitas al sitio en el periodo de tiempo considerado.

De forma similar, en el caso de MCV individual se calcularía el área bajo la función y los costes de viaje en los que incurre el individuo para obtener una aproximación monetaria al bienestar neto que el individuo obtiene de los viajes que realiza al sitio. Diversos autores han derivado expresiones que permiten el cálculo de este bienestar neto para distintas especificaciones de la forma funcional (ver, por ejemplo, **Bockstael y Strand, 1987**). Por ejemplo, en el caso de una función lineal  $V = a + bC$ , el valor estimado del bienestar neto del individuo sería  $\frac{(V(C_0))^2}{-2b}$ , donde  $C_0$  es el coste del viaje del individuo. Para obtener el bienestar neto derivado de todas las visitas al sitio en un periodo de tiempo habría que agregar todos los visitantes.

Hasta ahora, las estimaciones monetarias del bienestar obtenidas con el MCV individual y zonal correspondían a la experiencia recreativa completa. Es decir, el bienestar que el individuo deriva

del viaje y del tiempo en el sitio. Para obtener el bienestar neto derivado exclusivamente de la estancia en el sitio hay que calcular qué ocurriría a la tasa de visitas o al número de visitas al sitio ante el establecimiento de distintos precios de entrada al mismo. Para ello, se utiliza la hipótesis de que los visitantes reaccionan a incrementos en los precios de entrada de la misma forma que reaccionan a incrementos en los costes del viaje, así como la función de viajes estimada anteriormente. El resultado es una curva de demanda del sitio que establece las visitas al mismo en función de distintos precios de entrada. El área situada bajo esta curva proporciona una aproximación al bienestar neto del consumidor derivado de la experiencia en el sitio.

Sin embargo, existen autores que han optado por procedimientos distintos para distinguir qué cantidad del bienestar derivado del viaje es atribuible a la estancia en el sitio. Por ejemplo, una opción es preguntar directamente a los individuos qué porcentaje de su disfrute asignan a la estancia en el sitio y al viaje. Esta información puede ser utilizada para ajustar los costes de viaje o ser introducida directamente como una variable en la función de viajes.

De todo lo anterior se desprende que la aplicación del MCV individual y zonal no está exenta de dificultades. Entre ellas cabe destacar, por ejemplo, el cálculo de los costes del viaje (y especialmente la cuantificación monetaria del coste del tiempo empleado en el desplazamiento), la inclusión en el análisis de los sitios sustitutivos, el reparto de los costes de viaje cuando el individuo visita más de un sitio, o cómo analizar conjuntamente individuos que realizan visitas al sitio de distinta duración.

#### Estimación del valor económico de cambios en las características de un sitio

Cuando el principal objetivo es la valoración económica de cambios en las características de un sitio, más que de los servicios recreativos proporcionados por el sitio considerado en su conjunto, la aproximación del MCV más utilizada es la basada en modelos de utilidad aleatoria (MUA). Esta variante (**Haab y McConnell, 2002; Bockstael y McConnell, 2007**) es también la más apropiada cuando existen sitios que pueden ser considerados como sustitutivos del que se pretende valorar.

Este enfoque analiza la elección de un individuo sobre si realiza o no un viaje, y en el caso de que decida realizarlo, la decisión del individuo sobre qué sitio visitar. Se trata de una aproximación probabilística que considera que la probabilidad de que un individuo visite un sitio depende de la utilidad (bienestar) que obtenga de visitar ese lugar, la cual se hace depender a su vez de los costes del viaje y de las características del sitio.

#### **Método de los precios hedónicos (MPH)**

La teoría de los precios hedónicos fue inicialmente formulada por **Rosen (1974)**, basándose en una alternativa a la teoría neoclásica del consumidor planteada por **Lancaster (1966)**, según la cual una clase de productos diferenciados puede ser completamente descrita en base a una serie de características objetivamente medibles. De este modo, los bienes y servicios están compuestos por una serie de atributos y características, de forma que sus precios reflejan esas diferencias.

El modelo hedónico se aplica frecuentemente a diversos mercados como el inmobiliario, pero también es posible extender su empleo a otros como el mercado de trabajo o el de los automóviles, donde el bien tiene características significativas que influyen en el precio de mercado.

En el caso de, por ejemplo, un coche, existe un modelo básico al cual se le pueden añadir una serie de características. Cada opción de características implicará un pago adicional diferente, de forma que es fácil discernir cuál es el precio que se paga por cada atributo. No obstante, cuando los bienes y servicios tienen una dimensión no recogida por el mercado, es difícil establecer cuál es el precio del atributo de no mercado en sí mismo, ya que está insertado en el precio total. En este caso, los precios observados, junto con los niveles de los diversos atributos, de mercado y de no mercado, contenidos en cada bien o servicio pueden ayudar a obtener una medida del valor implícito que los consumidores ponen en cada atributo que forma el bien o servicio, incluyendo el atributo de no mercado.

Este enfoque es similar al MCV explicado anteriormente, puesto que ambos se basan en una relación de complementariedad entre un bien o servicio de mercado y otro de no mercado. Sin embargo, ambos difieren en que el MPH opera a través de cambios en los precios de los bienes privados más que a través de cambios en sus cantidades (número de viajes) como hace el MCV. En el MPH el bien o servicio privado no se adquiere para disfrutar del de no mercado, sino que éste es una de las características de aquél.

La relación de equilibrio entre el precio del bien  $P$  y su vector de características  $Z$  se denomina función de precios hedónicos.<sup>43</sup>

$$P = h(Z)$$

La derivada parcial de esta función con respecto a cualquier característica (por ejemplo,  $Z_i$ ) proporciona su precio implícito marginal  $\left(\frac{\partial h}{\partial Z_i}\right)$  es decir, el gasto adicional necesario para lograr un cambio marginal en la característica. En un mercado competitivo, este precio implícito marginal igualará la DAP del individuo por el cambio marginal en esa característica (**Freeman, 1993**).

Dado que no todos los individuos presentan las mismas preferencias por  $Z_i$ , el siguiente paso es estimar una función que explique cómo varía esta DAP marginal con el nivel de la característica  $Z_i$ , las características socioeconómicas de los individuos y cualquier otra variable que pueda reflejar preferencias. A partir de esta función es posible, bajo algunas hipótesis, aproximar el valor económico para un individuo de cambios no marginales en el nivel de la característica  $Z_i$  simplemente calculando el área bajo esta función, el eje horizontal y las dos líneas verticales que pasan por los valores iniciales y finales de  $Z_i$ . Sin embargo, es preciso señalar que, dada las

<sup>43</sup> Para estimar la función de precios hedónicos pueden adoptarse diversas formas funcionales (**Taylor, 2003**).

dificultades que plantea, la mayoría de los estudios empíricos no realiza esta segunda etapa (Pearce y Turner, 1990).

El MPH presenta diversos inconvenientes. Por un lado, desde un punto de vista teórico, su validez descansa en gran medida en los supuestos de información perfecta, movilidad perfecta de los consumidores y existencia de equilibrio dentro del mercado utilizado. Estos supuestos difícilmente se verifican en la realidad. Por otro lado, desde un punto de vista práctico, los problemas que se pueden presentar también son numerosos. Así, por ejemplo, la omisión en la función de precios hedónicos de alguna variable relevante puede dar lugar a estimaciones sesgadas de los coeficientes de las otras variables incluidas, o las variables incluidas en el análisis pueden presentar problemas de multicolinealidad (Hanley y Spash, 1993).

### II.3. Técnicas basadas en mercados hipotéticos

Se agrupan aquí todas aquellas técnicas que para revelar las preferencias del consumidor, y así su DAP o DAC, se basan en mercados ficticios diseñados mediante encuestas. Por tanto, a diferencia de las técnicas basadas en mercados relacionados, las estimaciones no se derivan del comportamiento observado de un individuo, sino que se infiere cuál sería su comportamiento de las respuestas que proporciona en una encuesta.

Al no basarse en un comportamiento observado, y por tanto ligado al uso del bien o servicio que se quiere valorar, este grupo de técnicas es el único capaz de capturar, además de los valores de uso, los valores de no uso, es decir, los valores que asignan los individuos a un bien o servicio aunque no sean usuarios. Por ejemplo, un individuo puede manifestar DAP por la preservación de una especie animal en peligro de extinción aunque no tenga ninguna intención de ir a verla en su hábitat.

En un principio, estos métodos parecen extremadamente sencillos; simplemente plantear a los individuos elecciones que sirvan para establecer su DAP o DAC por un hipotético cambio y presuponer que ellos contestarán exactamente a lo que se les ha preguntado. El inconveniente surge precisamente de esta última presunción, argumentándose que cuestiones hipotéticas tienden a producir respuestas hipotéticas.

Por ello, en este grupo de técnicas el diseño de la encuesta adquiere una gran importancia. Dado que el cuestionario es el que permite extraer las preferencias de los individuos sobre el cambio a valorar, es preciso confeccionarlo de forma que los individuos perciban las cuestiones como reales, minimizando en lo posible la existencia de sesgos y comportamientos estratégicos por parte de los encuestados (Mitchell y Carson, 1989). Habitualmente el diseño de un buen cuestionario precisa de mucho tiempo, siendo necesario realizar pruebas en grupos pequeños de personas y en muestras reducidas de la población total antes de lograr una versión definitiva.

El cuestionario suele estructurarse en tres partes:

- La primera parte está destinada a introducir a la persona en el bien o servicio que se pretende valorar y a hacer que éste piense en sus preferencias sobre él.
- La parte central está destinada a la valoración. En esta parte hay que exponer al encuestado de una forma clara y concisa la elección que va a realizar, recogiendo todos aquellos aspectos que pueden afectar a su decisión. Posteriormente, se incluyen las cuestiones de valoración destinadas a obtener su DAP o DAC por el cambio propuesto.
- Finalmente, en la tercera parte, se incluyen cuestiones dirigidas a obtener información sobre las características o actitudes de los encuestados. Los valores obtenidos en las cuestiones de valoración pueden ser puestos en relación con estos datos para comprobar su consistencia. Además, estas preguntas pueden servir también para extrapolar los resultados de valoración obtenidos en la encuesta a la población.

Los métodos basados en mercados hipotéticos se pueden clasificar en dos grupos: el *método de valoración contingente*, con sus diversas variantes, y los *métodos multiatributo* (Hanley et al., 2001). Ambos representan dos ideas distintas del proceso de valoración. El primero se centra en la naturaleza holística de los bienes o servicios que se desean valorar, mientras que el segundo presta más atención a los atributos que los definen. Esta diferente concepción del proceso de valoración se manifiesta fundamentalmente en el formato de las preguntas de valoración y en el tipo de información obtenida.

#### **Método de valoración contingente (MVC)**

En los ejercicios de valoración contingente se ofrece a los individuos un cambio determinado en contraprestación a una cierta cantidad monetaria, y se analiza el proceso de intercambio que el individuo realiza entre ambos.

Los formatos de las preguntas de valoración son muy diversos (Mitchell y Carson, 1989). El más directo quizás, denominada formato abierto, consiste en preguntar directamente a los individuos su DAP o DAC por el cambio estudiado. Estas respuestas pueden ser analizadas calculando simplemente la media aritmética o estimando mediante regresión funciones que expliquen esa DAP o DAC declarada a partir de otras variables (por ejemplo, socioeconómicas). La principal desventaja de esta aproximación es que sitúa a los individuos en una posición inusual. En realidad, los individuos han de decidir entre un conjunto de bienes y servicios con unos precios definidos. En raras ocasiones se enfrentan a situaciones en las que se les pide que hagan una oferta que puede ser aceptada o rechazada por el vendedor. Debido a ello, las encuestas empleando este tipo de formato proporcionan altas tasas de no-respuesta, así como altas proporciones de valores extremos implausibles (altos o bajos), y de este modo una alta varianza en las valoraciones.

En el formato dicotómico simple se pregunta a sub-muestras de individuos si estarían dispuestos a efectuar un determinado pago por la provisión de un bien público, variándose el importe de dicho pago entre las diferentes sub-muestras. De esta forma, las posibles respuestas se limitan normalmente a las categorías cerradas *sí*, *no*, o *no sabe/no contesta*. A partir de estas respuestas es

posible obtener, ya sea mediante técnicas paramétricas (habitualmente Logit o Probit), semiparamétricas o no paramétricas, una estimación de la función de probabilidad de las respuestas de los individuos, a partir de la cual se calcula normalmente la media o la mediana de la variable máxima DAP de los individuos como medida del cambio en el bienestar<sup>44</sup>.

El formato dicotómico simple tiene como ventajas su simplicidad y que la persona entrevistada se enfrenta a una propuesta de compra con la que está familiarizada: aceptar o no el bien pagando tal cantidad de dinero. Además, suele considerarse que con el formato dicotómico se obtienen menos respuestas del tipo *protesta* y *no sabe*, y valores menos dispersos que con el formato abierto (Mitchell y Carson, 1989). Como Carson y Grove (2007) señalan, el formato dicotómico simple puede ser interpretado por los individuos como un referéndum y, por tanto, puede ser considerado como compatible con el incentivo. Este concepto se refiere a la propiedad teórica de este formato de elicitación de preferencias de que ningún individuo puede mejorar, bajo ninguna combinación, actuando estratégicamente y reportando un valor distinto del real. Todos los restantes formatos de elicitación no poseen esta propiedad, aunque ello no significa necesariamente que los individuos se percaten de que están respondiendo a un formato que no es compatible con el incentivo, y tomen ventaja de ello proporcionando intencionadamente respuestas que no son las que corresponden a sus preferencias reales.

A partir de estos dos formatos básicos (abierto y dicotómico simple) se derivan otros formatos que no son más que variaciones o combinaciones de ambos que buscan extraer más información del individuo.

Así, en el formato dicotómico doble se pregunta a la persona entrevistada si pagaría una determinada cantidad de dinero para obtener el bien. Si la respuesta es afirmativa, a continuación se le pregunta por una cantidad algo más alta (más baja, si responde que no). De este modo, independientemente de las no-respuestas, se pueden obtener cuatro tipos de respuestas, *sí-sí*, *no-no*, *sí-no*, *no-sí*. El problema con esta aproximación es que las respuestas obtenidas al segundo pago pueden estar influenciadas por el pago propuesto en la primera cuestión (denominado sesgo del punto de partida). Además, como señala DeShazo (2000), las respuestas obtenidas al primer pago pueden a veces ser inconsistentes con las respuestas obtenidas al segundo.

El formato de subasta continúa este proceso sucesivamente hasta llegar a un cambio de *sí* a *no* (o de *no* a *sí*). En este tipo de formato el individuo es preguntado si estaría dispuesto a pagar una determinada cantidad por el bien o servicio de que se trate. En el caso de que la respuesta sea afirmativa, se repite la cuestión empleando un precio más alto, hasta que sea negativa. El precio más alto con una respuesta afirmativa es interpretado como la máxima DAP. Para obtener la mínima DAC, se llevaría a cabo el mismo proceso iterativo pero en sentido contrario. Como en el caso anterior, una objeción que frecuentemente se realiza a este tipo de formato es la influencia que la oferta inicial puede tener en las valoraciones del individuo, ya que ese valor inicial puede ser tomado por los entrevistados como un “atajo” para llegar a su decisión y no revelar así el

<sup>44</sup> El análisis de este tipo de respuestas se basa en los MUA (véase Hanemann y Kanninen, 1999).

verdadero valor. Otra desventaja hace referencia a que, aunque las cuestiones abiertas pueden realizarse por correo o en persona, este tipo de cuestiones solo pueden plantearse en entrevistas cara a cara o por ordenador. Sin embargo, las respuestas proporcionadas por este tipo de formato poseen a menudo una baja desviación estándar alrededor de la media en relación con el tipo anterior, así como un menor número de no-respuestas.

Otro formato, a veces utilizado, es el formato mixto, que consiste en formular dos preguntas seguidas: la primera cerrada y la segunda abierta. Es decir, se da una “pista” inicial a la que se responde con una aceptación o rechazo del precio sugerido, y a continuación se pregunta por la máxima DAP. Esta medida comparte algunos inconvenientes con el formato de subasta puesto que el precio que se da como referencia puede influir en las respuestas, y comparte también algunas ventajas del formato dicotómico sobre el formato abierto.

### ***Modelos basados en elecciones multiatributo***

En este grupo de técnicas, los individuos tienen que expresar sus preferencias sobre conjuntos de alternativas definidas por atributos que varían en diferentes niveles.

Los atributos que definen las alternativas en este grupo de técnicas vienen motivados por el propósito del estudio. El investigador ha de incluir como atributos los elementos más relevantes que pueden ser considerados por los individuos al tomar sus decisiones en el ámbito estudiado (Alpert, 1971). Son precisamente los cambios en los valores de estos atributos los que van a ser objeto de valoración económica por parte de estas técnicas. Para ello, es necesario que uno de esos atributos refleje un pago monetario. El número de atributos y sus niveles no puede ser demasiado elevado para que los encuestados no tengan excesivas dificultades en asimilar la información proporcionada. Sucesivos pretests y pruebas piloto son necesarios al diseñar la encuesta para verificar que la población considera que los atributos incluidos y sus niveles son relevantes y fácilmente comprensibles.

Una vez seleccionados los atributos y sus niveles, éstos son combinados para obtener las diferentes alternativas. El modo más simple es el denominado diseño factorial completo, que consiste en generar todas las posibles alternativas a partir de los niveles de los atributos considerados. Posteriormente, estas alternativas obtenidas se agruparían aleatoriamente en conjuntos, verificando que en los grupos no coincidan alternativas que puedan ser mejores o peores en todos los atributos respecto a las otras alternativas del grupo. Este tipo de diseño permite estimar tanto los efectos principales como las interacciones. Un efecto principal es el efecto directo de un atributo considerado individualmente. En un modelo de efectos principales, el efecto de un atributo sería el mismo con independencia de los otros atributos. Las interacciones implican dos o más atributos. En un modelo con interacciones, el efecto de un atributo es distinto para los diferentes niveles de otro atributo. Con un diseño factorial completo, todos los efectos principales, todas las interacciones de segundo orden y orden superior pueden ser estimadas y no están correlacionadas.

El inconveniente de un diseño factorial completo es que este tipo de diseños son sólo aplicables para diseños pequeños que utilizan o un bajo número de atributos, o de niveles, o de ambos, lo cual no es el caso de la mayoría de las aplicaciones. La razón es que, excepto en esos casos, el número de alternativas generadas por el diseño factorial completo es muy elevado y, por tanto, el coste monetario y el riesgo de cansancio de los individuos al responder la encuesta muy elevado. Por ejemplo, si consideramos un diseño con 5 atributos y 4 niveles cada uno obtendremos  $4^5$ , es decir, 1.024 alternativas distintas.

Este problema es resuelto empleando diseños factoriales fraccionados. Estos diseños implican la selección mediante algún procedimiento concreto de un determinado conjunto o muestra de alternativas del diseño factorial completo, de forma que los efectos que se pretenden calcular puedan ser estimados de la forma más eficientemente posible. La contrapartida es que todos estos diseños implican en general alguna pérdida de información, suponiendo que los efectos de las interacciones entre dos o más atributos son nulos o no significativos.

Una vez elaborados los conjuntos de elección, uno o más de estos conjuntos de alternativas se presentan a los individuos para que expresen sus preferencias. El tipo de tarea de elección que los individuos tienen que realizar sobre el conjunto de alternativas presentado depende del método concreto de obtención de preferencias empleado. Los más comunes son la elección contingente (**Louviere et al., 2000**) y la ordenación contingente (**Chapman y Staelin, 1982; Hausman y Ruud, 1987; Ben-Akiva et al., 1991 y Foster y Mourato, 2002**).

En un experimento de elección, el individuo tiene que escoger su alternativa preferida de entre las presentadas, las cuales han de incluir una alternativa representando la situación actual o status quo. Este formato de elección es fácil de responder para los individuos, puesto que recuerda, en alguna medida, la clase de tareas que ellos tienen que realizar en los mercados reales. Sin embargo, desde el punto de vista del investigador, esta variante es la que proporciona menos información por conjunto de elección e individuo. En un ejercicio de ordenación contingente, los individuos han de ordenar todas las alternativas incluidas en el conjunto de elección de acuerdo con sus preferencias. Este formato proporciona más información que los experimentos de elección, pero plantea dudas sobre la capacidad de los individuos para proporcionar respuestas fiables cuando el número de alternativas incluidas en el conjunto de elección es elevado, cuando los individuos tienen preferencias similares sobre diferentes alternativas, o cuando se incluyen en el conjunto de elección alternativas que los individuos nunca escogerían o no conocen adecuadamente (**Louviere et al., 2000**). Por estas razones, algunos autores no recomiendan el uso de toda la información derivada de una ordenación completa del individuo de todas las alternativas incluidas en el conjunto de elección (**Chapman y Staelin, 1982; Ben-Akiva et al., 1991; Louviere et al., 2000**).

El análisis de las respuestas proporcionadas por los individuos en ambos casos se basa en los MUA. Se supone que los individuos reciben una utilidad de cada alternativa y que seleccionarán aquellas alternativas que les proporcionen mayor utilidad. La utilidad  $U_{ni}$  derivada por un individuo  $n$  de una alternativa  $i$  se divide en un componente determinístico  $V_{ni}$ , que recoge la influencia de los niveles de los atributos presentes en esa alternativa, y un componente aleatorio

$\varepsilon_{ni}$ . Este componente estocástico recoge todos aquellos factores que son inobservables o desconocidos por el investigador.

Por ejemplo, suponiendo que el componente determinístico toma una forma lineal, se obtiene:

$$U_{nj} = \beta_n' x_{nj} + \varepsilon_{nj},$$

donde  $x_{nj}$  es un vector que contiene los niveles de los atributos para la alternativa  $j$  presentada al individuo  $n$ , y  $\beta_i$  es un vector de parámetros que representa la contribución de cada atributo a la utilidad percibida por el individuo. El objetivo es estimar estos parámetros de la función de utilidad.

Según las hipótesis que se adopten sobre las distribuciones de estos componentes estocásticos y su relación con los componentes aleatorios de las otras alternativas incluidas en el conjunto de elección, el modelo a aplicar para estimar los parámetros de la función de utilidad variará (**Louviere et al., 2000**). Por ejemplo, si se supone que los componentes aleatorios son independientes e idénticamente distribuidos de acuerdo a una distribución de valor extremo tipo 1, se obtiene en el experimento de elección un modelo Logit Multinomial y, en la ordenación contingente, un modelo Logit Ordenado.

Una vez estimados los parámetros es posible calcular la DAP de los individuos por cambios marginales en los niveles de los atributos. Simplemente hay que estimar el intercambio en la función de utilidad entre el atributo de interés y el atributo que refleja un pago monetario. Por ejemplo, en el caso comentado anteriormente de una función de utilidad lineal, la DAP por un cambio marginal de un atributo es el cociente con signo cambiado entre el coeficiente correspondiente a ese atributo en la función de utilidad y el coeficiente correspondiente al atributo que representa el pago.

Finalmente, en el caso de que se deseen valorar cambios no marginales de uno o más atributos simultáneamente, una aproximación simplificada consiste en suponer que los valores marginales estimados son constantes para todas las unidades y atributos, y agregar dichos valores de una forma lineal (**Hanley et al., 1998**). Otros procedimientos más correctos formalmente pueden encontrarse en **Hanemann (1982)**.

## II.4. Referencias

- Alpert, M. (1971): "Identification of determinant attributes: a comparison of methods", *Journal of Marketing Research*, VIII, 184-191.
- Bateman, I. (1993): "Valuation of the environment, methods and techniques: revealed preference methods", en R. K. Turner (ed.), *Sustainable Environmental Economics and Management*, Belhaven Press, Londres, Reino Unido.
- Ben-Akiva, M., T. Morikawa y F. Shiroishi (1992): "Analysis of the reliability of preference ranking Data", *Journal of Business Research*, 24 (2), 149-164.
- Bockstael, N.E. y K. E. McConnell (2007): *Environmental and resource valuation with revealed preferences. A theoretical guide to empirical models*, Springer, Dordrecht, Países Bajos.
- Bockstael, N. E. y I.E. Strand (1987): "The effect of common sources of regression error on benefit estimates", *Land Economics*, 63 (1), 11-20.
- Carson, R. T. y T. Grove (2007): "Incentive and informational properties of preference questions", *Environmental and Resource Economics*, 37 (1), 181-210.
- Chapman, R. G. y R. Staelin (1982): "Exploiting rank ordered choice set data within the stochastic utility model", *Journal of Marketing Research*, 19, 288-301.
- Creel, M. D. y J. B. Loomis (1991): "Confidence intervals for welfare measures with application to a problem of truncated counts", *Review of Economics and Statistics*, 73 (2), 370-373.
- DeShazo, J. R. (2000): "Designing transactions without framing effects in iterative question formats", Mimeograph, School of Public Policy and Social Research, University of California, Los Angeles, Estados Unidos.
- Foster, V. y S. Mourato (2002): "Testing for consistency in contingent ranking experiments", *Journal of Environmental Economics and Management*, 44 (2), 309-328.
- Freeman, A. (1993): *The measurement of environmental and resource values: theory and methods*, Resources for the Future, Washington D. C., Estados Unidos.
- Haab, T. C. y K. E. McConnell (2002): *Valuing environmental and natural resources: the econometrics of nonmarket valuation*, Edward Elgar, Northampton, MA, Estados Unidos.
- Hanemann, W. M. (1982): "Applied welfare analysis with qualitative response models", CUDARE Working Papers, nº 241, University of California, Berkeley.
- Hanemann, W. M. y B. Kanninen (1999): "The statistical analysis of discrete-response CV data", en I. Bateman y K. Willis (eds.), *Valuing environmental preferences: theory and practice of the contingent valuation method in the US, EC, and developing countries*, Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.

- Hanley, N. y C. Spash (1993): *Cost-Benefit analysis and the environment*, Edward Elgar Publishing Limited, Aldershot, Reino Unido.
- Hanley, N., R. E. Wright y V. Adamowicz (1998): "Using Choice Experiments to Value the Environment. Design Issues, Current Experience and Future Prospects", *Environmental and Resource Economics* 11(3), 413-428.
- Hanley, N., S. Mourato y R. E. Wright (2001): "Choice modelling approaches: a superior alternative for environmental valuation?", *Journal of Economic Surveys*, 15(3), 435-462.
- Hausman, J. A. y P.A. Ruud (1987): "Specifying and testing econometrics models for rank-ordered data", *Journal of Econometrics*, 34 (1-2), 83-104.
- Lancaster, K. J. (1966): "A new approach to consumer theory", *The Journal of Political Economy*, 74, 132-157.
- Louviere, J. J., D. A. Hensher y J. D. Swait (2000): *Stated choice methods: analysis and applications*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Mäler, K-G. (1974): *Environmental economics: A theoretical inquiry*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Estados Unidos.
- Mitchell, R. C. y R. T. Carson (1989): *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*, Resources for the Future, Washington D. C., Estados Unidos.
- Pearce, D. y R. Turner (1990): *Economics of natural resources and the environment*, Harvester Wheatsheaf Edt, Hertfordshire, Reino Unido.
- Rosen, S. (1974): "Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition", *Journal of Political Economy*, 82 (1), 34-55.
- Taylor, L. (2003): "The hedonic method", en K.J. Boyle y T.C. Brown (eds.), *A Primer on Nonmarket Valuation*, Kluwer Academic Publishing, Londres, Reino Unido.

## ANEXO III: EQUIDAD E IMPACTOS TERRITORIALES EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS

La mayoría de los proyectos de inversión pública provocan consciente o inconscientemente impactos redistributivos que afectan al conjunto de agentes que componen la sociedad. La equidad distributiva hace referencia al impacto del proyecto sobre la renta neta disponible y el valor en términos reales del patrimonio de los agentes. Además, en el caso particular de los proyectos de inversión en infraestructuras de transporte es habitual que sucedan efectos territoriales heterogéneos que favorezcan en distinta medida unas zonas territoriales respecto a otras. Este último caso lo referiremos como impactos sobre la equidad espacial.

El uso y disfrute de recursos no renovables por parte de la generación actual puede afectar positiva o negativamente el potencial correspondiente a las generaciones futuras. Este efecto es más intenso en función de la vida útil de la inversión, el uso de recursos no renovables, y la existencia de impactos perjudiciales e irreversibles sobre el medioambiente. Una forma de tener en cuenta este impacto sobre la equidad intergeneracional es a través del tipo de descuento. Sin embargo, no existe consenso sobre cómo ajustarlo.

Cualquier proyecto de inversión en infraestructuras de transporte provoca que unos agentes resulten más beneficiados que otros. Esta diferencia podrá ser más o menos acentuada, pero es prácticamente imposible que desaparezca. En cada sociedad, es posible que distintos grupos socioeconómicos tengan marcadas preferencias por distintos modos de transporte. Un estudio sencillo de demanda de transporte identificaría a los distintos grupos de usuarios y a los beneficios potenciales que dicha inversión les podría acarrear. En este sentido, la inversión destinada a favorecer un determinado modo de transporte, provoca también, obviamente, favorecer a un determinado grupo socioeconómico.

La decisión de inversión en infraestructuras de transporte suele consistir en un compromiso entre eficiencia y equidad. En aquellos casos en los que la eficiencia y la equidad no van de la mano, la decisión depende de las preferencias del decisor por una u otra. Dado el carácter eminentemente subjetivo de esta decisión, las herramientas diseñadas para asistir en el proceso de decisión y elección del proyecto no pueden ofrecer soluciones óptimas o definitivas. En cambio, se trata de ofrecer mecanismos que permitan orientar al decisor en su toma de decisión, pero sin entrar a juzgar cuál o en qué medida unos proyectos son preferibles a otros.

### III.1. Equidad distributiva

El éxito del proyecto, en relación a la equidad, depende en gran medida de la capacidad del sistema para redistribuir *a posteriori* la renta desde los grupos beneficiados hacia los perjudicados. La principal controversia surge con este menester. Es posible que uno de los objetivos del proyecto sea precisamente contribuir a dicha redistribución de la riqueza. La redistribución puede ser regresiva o progresiva, dependiendo de si los grupos más beneficiados pertenecen a los segmentos con mayor renta de la sociedad o viceversa. Para este propósito se construye una función que

pondera los beneficios y costes obtenidos dentro del análisis coste-beneficio por el grupo socioeconómico o el grupo de renta.

El análisis coste-beneficio tradicional no pondera entre los distintos grupos y por tanto, inconscientemente o no, considera el mismo peso para todos. En cambio, desde hace muchos años existe la creencia de que el valor social que ofrece un euro adicional obtenido por un individuo con renta alta ha de ser inferior al que obtiene un individuo con inferior renta (**Harberger, 1984**). De acuerdo con este criterio, los individuos con rentas inferiores deberían tener un mayor peso en el modelo de análisis coste-beneficio que el que se les aplica a los individuos con mayor renta. Sin embargo, esta práctica ha sido cuestionada desde el punto de vista teórico (**Harberger, 1984**) y desde el punto de vista empírico, como por ejemplo, desde el Banco Mundial, quienes ya no usan ningún tipo de pesos en el análisis coste-beneficio (**Devarajan, Squire y Suthiwart-Narueput, 1995**). La principal causa teórica, según **Harberger (1978)** se basa en el riesgo de aceptar la implementación de proyectos ineficientes, ya no tanto por la utilidad que aporta el proyecto en sí mismo, sino para satisfacer el criterio de desigualdad entre los distintos grupos de renta. Este último caso sería poco deseable, porque el proyecto lograría una redistribución de la renta que tal vez, a través del uso de otros mecanismos fiscales se lograría de igual forma y a un menor coste.

En la práctica, como comentan **Devarajan, Squire y Suthiwart-Narueput (1995)**, el uso de los pesos distribucionales es subjetivo, y los técnicos encargados de su evaluación no se sienten cómodos en el momento de decidir entre una función de pesos u otra. Otro inconveniente es el enorme esfuerzo en tiempo que supone identificar los beneficios para cada uno de los grupos. Estos dos motivos junto al de ineficiencia ya mencionado ponen en tela de juicio el empleo de los pesos distribucionales.

### III.2. Equidad espacial

La elección sobre la localización y recorrido de la infraestructura de transporte determina qué áreas geográficas se verán beneficiadas por la inversión y cuáles no, al menos en un futuro próximo. Una vez más, los criterios de eficiencia y equidad pueden no ser compatibles; sin embargo, en este caso, las consecuencias sobre el bienestar social no son tan intuitivas como en el caso de la equidad distributiva. En este sentido, la estrategia de inversión nacional para incrementar la eficiencia o la equidad no es obvia (**Puga, 2002**).

Uno de los métodos para intentar comprender mejor este dilema es emplear modelos de economía geográfica. Las implicaciones de la inversión en infraestructura de transporte, traducidas en una reducción en el coste de transporte, dependen de la movilidad en el mercado laboral, la regulación de los salarios, la estructura del mercado, el grado de especialización de la producción y las diferencias de desarrollo entre las regiones, así como del tipo de infraestructura que se desee implantar. El resultado de esta política puede afectar a la localización de las empresas y trabajadores y por tanto al crecimiento o decrecimiento de determinadas áreas geográficas. Estos movimientos poblacionales pueden provocar una mayor concentración, o en su contra, un mayor esparcimiento de la población en el espacio. Se ha demostrado que una mayor concentración

provoca un aumento de la productividad, pero también que una diversidad espacial de la población favorece a la innovación y a la especialización productiva por área geográfica (**Duranton y Puga, 2001**).

La movilidad en el mercado laboral es una de las claves para entender las consecuencias de la reducción de los costes del transporte. Si la movilidad del mercado es perfecta, **Krugman (1991)** anticipa que desde el momento en que los costes de transporte caigan por debajo de un determinado umbral, lo esperado es que toda la industria se concentre en una única región. En cambio, si la movilidad laboral es imperfecta, como es el caso de España, la concentración industrial provoca un exceso de demanda laboral no satisfecha, lo que provoca un aumento de los salarios y como consecuencia, que parte de la industria prefiera localizarse en las áreas donde la mano de obra sea más barata (**Krugman y Venables, 1995**).

Aunque una nueva o mejor conexión de transporte entre una región desarrollada con otra menos desarrollada puede resultar beneficioso para ambas, también es posible que esta última región necesite experimentar un proceso de adaptación a un nuevo entorno más competitivo. Unos costes de transporte elevados suponen una barrera natural al comercio, que pueden beneficiar el sostenimiento de la industria local. La capacidad y necesidad de esta región a adaptarse al nuevo entorno y de encontrar nuevas alternativas donde reconducir de forma más eficiente su sector productivo será la clave para esperar si la inversión en infraestructura de transporte será beneficiosa para esta región o no.

El tipo de infraestructura de transporte que se implanta afecta de forma muy distinta al sector servicios y al de producción. Mientras que la construcción de autopistas tiene una mayor repercusión en la localización de las empresas productivas, una línea de tren de alta velocidad favorece la concentración de los servicios de negocios y las sedes centrales de las empresas en las ciudades más grandes (**Duranton y Puga, 2001**). **Vives (2001)** ratifica la hipótesis de que en España ha habido una tendencia a la concentración espacial del poder económico en mayor medida de lo que lo ha hecho la actividad económica, y que una línea de alta velocidad entre una capital y una ciudad industrial favorece la relocalización de muchas oficinas centrales a trasladarse a la capital.

### **III.3. Métodos de evaluación de la equidad en proyectos de infraestructura de transporte**

La amplia diversidad de proyectos de infraestructura de transporte y la distinta disponibilidad de información imposibilita el desarrollo de un método único de aplicación universal. El objetivo de esta sección es la exposición de métodos que permiten cuantificar la variación en la equidad entre la situación *sin proyecto* y *con proyecto*. A la hora de elaborar indicadores de equidad conviene destacar que los resultados difieren si el punto de partida no se restringiera a dicha comparación. El *indicador parcial* de equidad hace referencia a las diferencias en equidad entre la situación sin proyecto y con proyecto entre grupos o zonas sin tener en cuenta el punto de partida de los

mismos. El *indicador conjunto* de equidad tiene en cuenta la situación inicial y cómo es alterada con la aplicación del proyecto. El empleo de un tipo de indicador u otro depende del objetivo y las preferencias del decisor en relación a la equidad. Por ejemplo, si el objetivo del decisor es aceptar proyectos que no alteren el equilibrio actual en términos de equidad, el uso de indicadores parciales de equidad es suficiente. En cambio, si el objetivo persigue disminuir las diferencias actuales de equidad, el empleo de indicadores conjuntos de equidad es necesario.

### **Método de los precios hedónicos**

Una de las formas para identificar qué agentes y en qué medida se benefician ante una inversión pública en infraestructuras de transporte es a través de la revalorización de activos como la vivienda, las oficinas, los locales comerciales o el suelo. El método de los precios hedónicos puede ser capaz de capturar, a través de preferencias reveladas, el valor del mercado de la nueva infraestructura.

Una inversión en infraestructura de transporte que beneficia a una zona en particular provoca un incremento en su demanda, tanto en el mercado de compra-venta como en el de alquiler. Por tanto, es de esperar que se produzca no sólo un incremento en los precios de la propiedad, sino también en el de los alquileres. Este último efecto puede provocar que inquilinos con mayor disponibilidad a pagar deseen trasladarse hacia esta zona y que presionen al alza el precio de los alquileres, desplazando a una parte de los actuales inquilinos. Consecuentemente, en este contexto, es posible que los principales beneficiarios sean los propietarios del capital inmobiliario y no todos los residentes de la zona beneficiada por la inversión. Esta conclusión refuerza el empleo del método de los precios hedónicos como indicador de los impactos sobre la equidad.

El objetivo del método de los precios hedónicos, dentro del marco del impacto de la implantación de infraestructuras de transporte, es identificar un parámetro que relacione una mejora de la infraestructura con un incremento en el precio de los activos inmobiliarios. Para ello, es necesario considerar un amplio conjunto de variables que simultáneamente condicionen el precio final del activo de forma ponderada y estadísticamente significativa. Una vez estimado este vínculo, es posible llevar a cabo simulaciones sobre “qué pasaría si...” se realizara la inversión y quiénes serían sus beneficiarios y en qué medida, según área geográfica.

### **Métodos dependientes del ACB**

La información que se emplea en el método de los excedentes, si está disponible, puede ser de gran ayuda a la hora de valorar los impactos sobre la equidad del proyecto. La variación en el bienestar social se puede descomponer (véase *Capítulo 4*) en:

$$\Delta BS = \Delta EC + \Delta EP + \Delta EG + \Delta ER$$

Esta clasificación nos permite obtener una primera distribución del bienestar social por grupos de interés. A partir de estas distribuciones se pueden obtener ratios que recojan el beneficio relativo

de unos grupos en relación a otros. De esta forma,  $k_{EC,EP}$  puede servir como indicador de desigualdad entre los beneficios obtenidos por unos grupos u otros. Este indicador se puede emplear como información complementaria a la ofrecida por el análisis coste-beneficio.

Existen dos formas de incorporarlos al análisis. Una primera posibilidad es considerarlos como un criterio adicional al ofrecido por el análisis coste-beneficio. De esta forma, el decisor puede considerar de entre varias alternativas, cuál o cuáles satisfacen sus preferencias en relación a la equidad y la eficiencia simultáneamente. Una segunda posibilidad es emplearlos como valores comparables con valores orientativos ya fijados *ex-ante* y que representan restricciones respecto a la máxima desigualdad en la que se está dispuesto a incurrir. En este sentido, estos indicadores funcionan como reglas de decisión o vallas que han de pasar los proyectos de cara a ser aprobados en relación a la equidad. Una vez filtrados aquellos proyectos que satisfacen esta restricción, se puede pasar a elegir aquel que ofrezca un mejor rendimiento en función de otros criterios, como el que representa el criterio del análisis coste-beneficio.

Aunque no siempre es una información disponible, se puede llegar a descomponer el incremento del bienestar social dirigido al consumidor por grupos socioeconómicos. Una fuente de información para este propósito puede provenir de estudios previos del uso de la infraestructura por cada uno de los grupos socioeconómicos, bien en la propia zona de estudio o bien de zonas donde se espere una distribución similar. De forma similar, a partir de esta información se pueden elaborar ratios que representen la relación en la que un grupo socioeconómico  $i$  se beneficia con el proyecto en relación a otro grupo socioeconómico  $j$ :

$$k_{i,j} = \frac{\Delta EC_i}{\Delta EC_j} \quad \forall i, j \in G .$$

Ejemplos de reglas de decisión pueden ser:

- Rangos o intervalos válidos para el indicador, por ejemplo:  $k_{EC,EP} \in [1,4]$ .
- Relaciones de equivalencia, por ejemplo imponiendo una condición de progresividad, tal que:  $1 < k_{12} < k_{13} < k_{14}$ .

Otros métodos de evaluación, así como una mayor discusión de los métodos presentados en este *Anexo* se pueden encontrar en el documento de trabajo **Los impactos sobre la equidad distributiva y espacial de los proyectos de infraestructura de transporte**.

#### **Métodos de evaluación conjunta**

El objetivo de este tipo de evaluaciones es analizar el impacto sobre la equidad utilizando como punto de partida la situación actual sin proyecto y cómo ésta es alterada con la implantación del

mismo. En este sentido, la función objetivo del decisor es compleja, ya que incorpora explícitamente la disyuntiva entre eficiencia y equidad.

Hasta la fecha, tres métodos han sido los más aceptados: métodos multicriterio, índices de necesidad espacial y modelos de localización industrial.

El objetivo principal del análisis coste-beneficio es ofrecer un valor monetario único (o su distribución de probabilidad) que permita al decisor elegir o aceptar la inversión de un proyecto. Sin embargo, hay determinados aspectos, en su mayoría relacionados con los impactos sobre el medioambiente o la equidad, que difícilmente pueden ser trasladados a un valor monetario. En el caso de ser significativos, esta carencia puede ser complementada empleando *métodos multicriterio*. Estos métodos tratan de valorar simultáneamente múltiples criterios a través de tres tipos de procedimientos: basados en funciones de utilidad, programación matemática y métodos de ordenación (outranking). Aplicaciones de este tipo de metodología se han llevado a cabo para evaluar redes de carreteras (véase por ejemplo **Torrieri, Nijkamp y Vreeker, 2002**) o la expansión de aeropuertos (véase por ejemplo **Vreeker, Nijkamp y Ter Welle, 2001**). Estos métodos pueden ser de gran ayuda, pero no están exentos de limitaciones; entre ellas, resulta complejo establecer un sistema de ponderación entre criterios que no sea subjetivo desde el punto de vista del evaluador, lo que puede poner en entredicho los resultados.

El *índice de necesidad espacial* combina dos tipos de índices: un índice de necesidad potencial, en función de distintos criterios, como por ejemplo de la población, del nivel de renta y del empleo de transporte, y un índice de accesibilidad a la infraestructura de transporte, en concreto, se calcula la proporción de habitantes de un área  $i$  que tienen acceso al transporte público.

A continuación se fijan umbrales para estos indicadores que permitan discernir la necesidad relativa de cada área geográfica. En los casos en los que ambos indicadores estén por debajo del umbral mínimo aceptable, se entiende que esas son áreas de máxima prioridad. Finalmente, a través de un análisis de información geográfica se pueden distinguir las áreas más necesitadas, que no necesariamente han de coincidir con las que tienen menor disponibilidad de infraestructura de transporte, ya que esta evaluación tiene en cuenta el nivel de población y accesibilidad simultáneamente.

El objetivo del *modelo de localización industrial* es determinar el papel que juega la accesibilidad a la infraestructura de transporte por parte de las industrias en sus decisiones de localización. A partir de esta información, se puede simular cuánto estarían dispuestas a pagar por esas mejoras de accesibilidad, proporcionando una información que se puede desglosar por área geográfica. El método econométrico que emplean es un modelo Logit Multinomial donde la variable endógena es el beneficio esperado de localizarse en una región  $j$ , y las variables exógenas son: economías de localización (índice de concentración de la propia industria), economías de urbanización (índice de Herfindahl), calidad y disponibilidad de infraestructura interregional en relación a los centros principales de negocio (mapa GIS con tiempos de transporte por carretera), infraestructura local (energía eléctrica), stock de capital humano en la región y condiciones naturales de la región.

De acuerdo con este modelo, las variaciones del beneficio esperado de localizarse en una región se pueden calcular utilizando el parámetro estimado del modelo. Es un modelo con muchas similitudes al de los precios hedónicos. La principal diferencia es que los modelos de localización industrial permiten abarcar un espectro geográfico más amplio que el de los precios hedónicos, pero a su vez se limita a la valoración del efecto por parte de las empresas, ignorando el que pueda afectar a las familias. Este último efecto puede ser una ventaja o un inconveniente dependiendo del tipo de proyecto que se esté analizando.

### III.4. Referencias

- Devarajan, S., L. Squire y S. Suthiwart-Narueput (1995): “Reviving project appraisal at the World Bank”, PRD Research Paper No. 1496, The World Bank, Washington, D.C.
- Duranton, G. y D. Puga (2001): “Nursery cities: Urban diversity, process innovation, and the life cycle of products”, *American Economic Review*, 91(5), 1454-1477.
- Harberger, A.C. (1978): “On the use of distributional weights in social cost-benefit analysis”, *The Journal of Political Economy*, 86 (2), 87-120.
- Harberger, A.C. (1984): “Basic needs versus distributional weights in social cost-benefit analysis”, *Economic Development and Cultural Change*, 32 (3), 455-474.
- Krugman, P. (1991): “Increasing returns and economic geography”, *Journal of Political Economy*, 99 (3), 483-499.
- Krugman, P. y A.J. Venables (1995): “Globalization and the inequality of nations”, *Quarterly Journal of Economics*, 110 (4), 857-880.
- Puga, D. (2002): “European regional policies in light of recent location theories”, *Journal of Economic Geography*, 2 (4), 373-406.
- Torrieri, F., P. Nijkamp y R. Vreeker (2002): “A decision support system for assessing alternative projects for the design of a new road network”, *International Journal of Management and Decision-Making*, 3 (2), 114-138.
- Vives, X. (2001): “Globalización y localización de la actividad económica: Cataluña y la geografía del poder económico”, en T. García-Milá (ed.), *Nuevas fronteras de la política económica 2000*, CREI, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona.
- Vreeker, R., P.T. Nijkamp y C. Ter Welle (2001): “A multicriteria decision support methodology for evaluation airport expansion plans”, *Transportation Research D*, 7, 27-47.

## ANEXO IV. DISEÑO INSTITUCIONAL Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS

La construcción, mantenimiento y operación de las infraestructuras de transporte supone, en general, la interacción de numerosos agentes económicos con diferentes grados de información e intereses. En un contexto de información asimétrica y objetivos divergentes, la evaluación de un proyecto de transporte no debería analizarse a través de un análisis coste-beneficio convencional. Por el contrario, la existencia de asimetrías de información y conflictos de intereses requiere un enfoque diferente en el que se tenga en cuenta de forma explícita el contexto institucional y los incentivos que los distintos tipos de contrato y mecanismos de financiación tienen sobre los agentes económicos implicados.

En general, en todo proyecto de transporte pueden distinguirse dos etapas. La primera etapa está relacionada con el diseño institucional en el que se obtienen los fondos necesarios para llevar a cabo un proyecto en una determinada región. Por tanto, los agentes que intervienen en esta primera etapa son, por un lado, el gobierno nacional y, por otro lado, los gobiernos regionales.<sup>45</sup> Una vez que se obtienen los fondos necesarios para llevar a cabo el proyecto de transporte, el gobierno regional debe, en una segunda etapa, seleccionar a las empresas concesionarias y diseñar los contratos que se utilizarán en la construcción, mantenimiento y operación de la infraestructura. Por tanto, los agentes económicos que intervienen en la segunda etapa son, por un lado, el gobierno regional y, por otro lado, las empresas concesionarias.

Tanto la forma en la que se financian los proyectos de transporte como el tipo de contrato que se utilice para la construcción, mantenimiento y operación de la infraestructura tiene importantes implicaciones en términos de incentivos y afectará notablemente a la correcta estimación de los costes y los ingresos del mismo. Obviar la importancia del tipo de contrato de concesión o del sistema de financiación del proyecto puede llevar a errores de estimación y afectará al resultado del análisis coste-beneficio. Resulta, por tanto, fundamental analizar en profundidad el problema de incentivos inherente al diseño institucional en el que se enmarcan los proyectos de transporte, intentando cuantificar las consecuencias de la utilización de una determinada forma de financiación (primera etapa) o contrato de concesión (segunda etapa).

La mayor parte de la literatura económica se centra en el análisis de la segunda etapa, es decir, en la relación entre el gobierno regional y la empresa concesionaria, discutiendo qué tipo de contrato proporciona los mejores incentivos a ésta a ser eficiente. La mayoría de estos artículos considera que los gobiernos regionales están dirigidos por políticos benevolentes que persiguen la maximización del bienestar social, obviando las consecuencias del diseño institucional de la primera etapa. Sin embargo, **de Rus y Socorro (2009)** muestran que el diseño institucional que determina la forma en que se obtienen los fondos nacionales necesarios para financiar el proyecto puede afectar notablemente a los incentivos de los políticos y, por tanto, a los principales resultados en la segunda etapa. Así, el tipo de mecanismo de financiación nacional determinará los

---

<sup>45</sup> En el caso de inversiones de ámbito supranacional, véase **Turró (1999)** y **de Rus y Socorro (2009)**.

incentivos del gobierno regional para seleccionar un contrato eficiente para la construcción, mantenimiento y operación de la infraestructura, es decir, un contrato que busque los mínimos costes y los máximos ingresos desde el punto de vista social.

En este *Anexo* analizaremos en primer lugar la primera etapa, es decir, las consecuencias del diseño institucional en lo referente a la obtención de los fondos nacionales necesarios para llevar a cabo un determinado proyecto de transporte. En segundo lugar, nos centraremos en la segunda etapa, es decir, en las consecuencias que el tipo de contrato tiene sobre los incentivos de los agentes económicos involucrados en la construcción, mantenimiento y operación de una determinada infraestructura de transporte.

#### **IV.1. Diseño institucional y financiación de proyectos**

Los grandes proyectos de infraestructura implican grandes inversiones, que generalmente los gobiernos regionales sólo pueden llevar a cabo mediante la cofinanciación del gobierno nacional. Para recibir la financiación estatal, los gobiernos regionales deben presentar un proyecto a la Administración Central, la cual decidirá sobre la idoneidad o no del proyecto y la necesidad de cofinanciarlo.

En general, los gobiernos locales y regionales conocen mejor que la Administración Central las características específicas del proyecto y son capaces de prever de una manera más aproximada los beneficios y costes que un determinado proyecto genera en su región. Por tanto, la Administración Central a la hora de decidir si financia o no un determinado proyecto se enfrenta a un problema de información asimétrica.

Por otro lado, los objetivos de los gobiernos regionales pueden diferir de los que persigue la Administración Central por razones múltiples y de diferente naturaleza. La discrepancia más sencilla consiste en que, bajo el supuesto de que ambas administraciones persiguen el bienestar social, la dimensión territorial en la que se aplica este objetivo finalista no es la misma. Así, puede ocurrir que una infraestructura determinada produzca efectos externos negativos fuera de la región *A* que los gobiernos regionales no consideran, pero que la Administración Central ha de incorporar en el proceso de evaluación de inversiones. Otras veces, los proyectos pueden producir beneficios aparentes, pero que en sentido estricto son transferencias que no aumentan la riqueza del conjunto nacional. Así, puede que desde la óptica regional se consideren beneficios sociales que no lo son desde una perspectiva global. Éste es el caso de muchos de los efectos indirectos que suponen desviación de actividad económica.

Por otro lado, la discrepancia entre los objetivos que persiguen el gobierno nacional y los gobiernos regionales puede venir ocasionada por quién recibe los beneficios. La Administración Central puede tener interés en una línea ferroviaria que atraviesa la región *A* y cuyos beneficios sociales se reparten al 50% entre dicha región y las colindantes. En este caso, el beneficio desde la óptica del gobierno de la región *A* es la mitad del que contempla la Administración Central cuando decide en qué invertir. Otra posible discrepancia entre los objetivos nacionales y regionales se

origina cuando los beneficios sociales del proyecto son idénticos para ambas administraciones, pero los costes que financia la Administración Central no son considerados como propios por los gobiernos regionales. El beneficio neto del proyecto de inversión es superior desde la perspectiva local, al infravalorar los gobiernos regionales los costes desde una perspectiva estatal.

En un contexto de información asimétrica y objetivos divergentes, la forma en que se financian los proyectos puede hacer que los gobiernos regionales tengan un sesgo optimista a la hora de presentar proyectos que compiten por fondos nacionales. De hecho, existe experiencia empírica de que, a la hora de presentar un proyecto de inversión en infraestructura, se tiende a subestimar los costes, el tiempo de ejecución y los riesgos que la obra conlleva, en tanto que se sobreestiman los beneficios del proyecto.

Así por ejemplo se ha estimado que la subestimación de los costes en la construcción de las infraestructuras de transporte ronda el 44,7% para ferrocarril, el 33,8% para puentes y túneles y el 20,4% para carreteras. La sobreestimación en la demanda de pasajeros también es sistemática, rondando el 51,4% en los proyectos de ferrocarril (**Flyvbjerg, 2008**). Este sesgo optimista puede deberse, por un lado, a errores de predicción y, por otro lado, a un comportamiento oportunista. En este sentido, **Flyvbjerg (2004)** argumenta que, dado el diseño institucional que existe en la mayoría de los países, hay muy pocos agentes económicos en la sociedad que tengan incentivos a minimizar este sesgo optimista.

Dado el problema de información asimétrica, los organismos centrales no siempre pueden detectar o corregir estos sesgos optimistas, por lo que podrían estarse financiando proyectos que no son socialmente óptimos. En el caso de varios gobiernos regionales compitiendo por fondos nacionales la situación es aún peor, ya que el sistema incentiva a los gobiernos regionales a aumentar el sesgo optimista en un comportamiento que se asemeja al dilema del prisionero: aunque cada gobierno regional sabe que este sistema lleva a que se realicen proyectos subóptimos a escala nacional, individualmente les interesa solicitar financiación que de otra manera se destinaría a otros gobiernos regionales (**Flyvbjerg, 2004**). Este comportamiento estratégico es general y acaba en una solución subóptima para todos, en la que la financiación estatal va creciendo sin límite previsible y con perjuicio para el conjunto de la nación, situación irracional desde una perspectiva colectiva pero que contemplada individualmente desde la óptica regional es completamente racional.

Por otro lado, **de Rus y Socorro (2009)** demuestran que si no hay una restricción presupuestaria, los gobiernos regionales pueden tener incentivos a comportarse de forma oportunista para obtener una mayor financiación. Este tipo de comportamiento oportunista es totalmente opuesto al del sesgo optimista, pues los gobiernos, al no estar compitiendo por obtener financiación, pueden tener incentivos a reducir los ingresos e incrementar los costes del proyecto, afectando a la selección de proyectos, el tamaño de la infraestructura, la elección de la tecnología y el tipo de contrato que se utiliza para la construcción, mantenimiento y operación de la misma. Así, con un mecanismo de financiación en el que se pague la diferencia entre los costes totales del proyecto (incluyendo costes de inversión, mantenimiento y operación) y los ingresos no existe ningún incentivo en ser

eficiente o cobrar por el uso de la nueva infraestructura. En cambio, con un mecanismo de financiación en el que sólo se pague la diferencia entre los costes de inversión y los ingresos del proyecto, los gobiernos regionales tienen siempre incentivos a cobrar el precio óptimo, si bien es cierto que no hay ningún incentivo a ser eficiente. Por último, con un mecanismo de financiación de cuantía fija se puede lograr la máxima eficiencia y la fijación de precios socialmente óptima.

Una posible solución a los problemas de información asimétrica anteriormente analizados consistiría en que el Estado encargara a un organismo independiente la elaboración de un análisis coste-beneficio de los proyectos que se le presentaran para su financiación y lo comparara con el análisis coste-beneficio presentado por los gobiernos regionales. Si bien esta medida podría ser costosa, permitiría a la Administración Central conocer de antemano el verdadero beneficio social del proyecto a financiar.

Otra posible solución al problema de información asimétrica consistiría en la evaluación *ex post* de los proyectos de transporte, identificando las divergencias entre los costes e ingresos previstos y haciendo públicos los resultados. En el caso de varios gobiernos regionales compitiendo por fondos nacionales, la evaluación de los proyectos de transporte podría reducir el llamado sesgo optimista. Sin embargo, si no hay restricción presupuestaria esta evaluación *ex post* no reduciría los incentivos de los gobiernos regionales a comportarse de forma oportunista para obtener una mayor financiación.

Para que cualquiera de las dos anteriores políticas (elaboración de un análisis coste-beneficio independiente y/o la evaluación *ex post*) fuera efectiva para reducir el comportamiento oportunista de los gobiernos regionales, debería acompañarse de una penalización. Dicha penalización no tendría por qué ser necesariamente monetaria, podría ser simplemente mala reputación para negociaciones futuras.

Otra posible solución consistiría en determinar, sobre la base de la experiencia nacional e internacional, ciertos parámetros que permitan ajustar los costes y beneficios estimados de los proyectos. Estos parámetros permitirán mejorar la precisión de las evaluaciones *ex ante* de los proyectos de transporte y minimizar el “sesgo optimista”. Ésta es la idea que subyace en el llamado método *reference class forecasting*, basado en **Kahneman and Tversky (1979a, 1979b)** y **Kahneman (1994)**. La aplicación de este método para un determinado proyecto de inversión requiere:

1. La identificación de un grupo de referencia adecuado teniendo en cuenta lo que ha ocurrido en el pasado con proyectos similares. Este grupo de referencia debe ser lo suficientemente amplio para que tenga significatividad estadística pero lo suficientemente reducido para que puede ser realmente comparable con el proyecto en cuestión.
2. Establecer una distribución de probabilidad para el grupo de referencia escogido. Esto requiere el acceso a una base de datos fiable para un número lo suficientemente alto de

proyectos dentro del grupo de referencia, con el fin de poder obtener conclusiones que contengan carácter estadístico.

3. Comparar el proyecto en cuestión con la distribución de probabilidad del grupo de referencia, de manera que podamos extraer el resultado más probable del proyecto analizado.

Por tanto, con el método *reference class forecasting* no se pretende despejar la incertidumbre asociada a los proyectos, sino ubicar un determinado proyecto dentro de una distribución de probabilidad correspondiente a los resultados de los otros proyectos pertenecientes al grupo de referencia (Flyvbjerg, 2008). De esta forma se minimizaría el llamado sesgo optimista.

Una política subóptima pero mucho más simple podría consistir en realizar una transferencia fija a los gobiernos regionales para que ellos mismos se administren, de tal manera que con ese dinero y el de sus presupuestos asumieran el coste total del proyecto o proyectos que decidieran acometer. Los fondos recibidos podrían limitarse a ser sólo utilizados para alcanzar un determinado objetivo nacional como “mejora de la accesibilidad”, “mejora de la seguridad”, etc. Así, cada gobierno regional asignaría los fondos públicos para alcanzar el objetivo propuesto con un proyecto de las características técnicas y tecnología que estime oportunas, sin que haya un sesgo estatal hacia una determinada tecnología o proyectos de unas determinadas características. De esta forma saldríamos del dilema del prisionero que comentábamos anteriormente, en el que todos los gobiernos regionales proponen proyectos (aunque no sean socialmente óptimos) porque eso es lo que hacen el resto de gobiernos regionales.

Una transferencia fija a los gobiernos regionales parece la política más fácil de implementar y más eficiente, con la virtud adicional de ser políticamente atractiva por la delegación de responsabilidad que implica. Esta política no es incompatible con el requerimiento de presentar un análisis coste-beneficio ante la Administración Central por parte de los gobiernos regionales, en donde se explique el objetivo del proyecto, se justifique que dicho proyecto es la mejor manera de conseguir el objetivo propuesto y se identifiquen y cuantifiquen los flujos de beneficios y costes del mismo. Esta medida complementaria, sin ser costosa, podría ser útil para los propios gobiernos regionales en la selección de sus propios proyectos, contribuyendo a mejorar la práctica de la evaluación económica de proyectos en España.

La primera ventaja del sistema de financiación de cuantía fija es la eliminación del comportamiento estratégico de los gobiernos regionales para obtener financiación estatal. Los gobiernos regionales sólo estarán interesados ahora en financiar los mejores proyectos dentro de su localidad, ya que los fondos están predeterminados y es ahora su interés obtener el máximo rendimiento de los mismos. La segunda ventaja es que si la Administración Central fija las cantidades *ex ante*, digamos que por periodos de cinco años, los gobiernos regionales pueden planificar sus inversiones en transporte con cierta antelación en lugar de responder éstas a negociaciones políticas cargadas de comportamiento estratégico. La tercera ventaja es que se minimiza el comportamiento oportunista tanto en el caso de que haya restricción presupuestaria (sesgo optimista y dilema del prisionero) como en el caso de que no haya restricción

presupuestaria (comportamiento oportunista para obtener mayor financiación). Dado que los fondos nacionales están predeterminados, no existen incentivos a maquillar el proyecto para obtener una mayor financiación estatal. Por tanto, los problemas de pérdida de incentivos para operar con eficiencia, selección de proyectos inadecuados y comportamiento estratégico en la relación con el Estado se minimizan con el sistema de cuantía fija.

Finalmente, otra medida que aliviaría el problema de información asimétrica al que se enfrenta el gobierno nacional a la hora de cofinanciar proyectos de transporte consistiría en aumentar, en la medida que fuera posible, el grado de cofinanciación por parte de los gobiernos regionales y/o la participación privada. **De Rus y Socorro (2009)** demuestran que cuanto menor es el porcentaje de financiación del gobierno estatal y, por tanto, mayor es el porcentaje que financia el gobierno regional y/o el sector privado, mayores son los incentivos a ser eficiente y tarifcar de forma óptima. Asimismo, **Flyvbjerg (2004)** argumenta que la regla de cofinanciación de hasta el 25% del coste total en algunos proyectos de transporte del Reino Unido ha contribuido sensiblemente a disminuir el sesgo optimista.

Sea cuál sea la medida finalmente adoptada, cualquiera de las anteriores propuestas permitiría aliviar el problema de información asimétrica al que se enfrenta el gobierno nacional a la hora de financiar proyectos de transporte y haría del análisis coste-beneficio una herramienta útil para los gobiernos regionales, en lugar de un simple requisito burocrático para obtener financiación estatal. Además, ninguna de estas medidas es excluyente, por lo que podrían combinarse de forma óptima.

Finalmente, cabe destacar que antes de llevar a cabo cualquier inversión pública deberían considerarse todas las posibles alternativas, de tal manera que el objetivo final no se viera sesgado en la selección de una determinada tecnología. En este sentido, sería conveniente que los gobiernos regionales propusieran al Estado varias alternativas a la hora de conseguir un determinado objetivo y la selección de la alternativa óptima se hiciera sobre la base de criterios de eficiencia.

## IV.2. Los contratos de concesión

En general, las empresas que van a llevar a cabo un proyecto de construcción, mantenimiento y/u operación de una infraestructura de transporte poseen más información que los gobiernos regionales sobre sus costes y las condiciones del mercado. Por tanto los gobiernos regionales, a la hora de decidir la forma en que se remunerará a la empresa concesionaria, se enfrentarán a un problema de información asimétrica.

En un contexto de información asimétrica es fundamental que los contratos proporcionen los incentivos necesarios para que los agentes no se comporten de forma oportunista. Así, el tipo de contrato puede afectar a los incentivos de los agentes para ser eficientes y/o generar ingresos (por ejemplo atrayendo nuevos usuarios al sistema de transporte). Asimismo, puede sesgar la correcta elección de la tecnología con la que las empresas construirán la nueva infraestructura de transporte.

Múltiples son las formas por las que los gobiernos pueden remunerar al concesionario por la construcción, mantenimiento y/u operación de un proyecto de transporte, aunque básicamente pueden resumirse en dos: contratos de reembolso de costes y contratos de cuantía fija.

Los contratos de reembolso de costes son aquellos por los que la empresa constructora y/o concesionaria recibe financiación pública solamente si tiene pérdidas. En caso de pérdidas, éstas se financian o bien en su totalidad, o bien en un porcentaje. Este tipo de contrato no ofrece ningún tipo de incentivos a las empresas en esforzarse por ser eficientes y/o atraer usuarios al sistema de transporte, ya que esforzarse es costoso y la financiación sólo se obtiene si la empresa tiene pérdidas (véase, por ejemplo, **Olsen y Osmundsen, 2005**).

Un contrato de cuantía fija consiste en realizar a la empresa una transferencia fija, independientemente de sus beneficios. De esta manera, si las empresas son lo suficientemente eficientes podrían quedarse con el excedente. Si no lo son, tendrían pérdidas. Este tipo de contrato es óptimo desde el punto de vista de los incentivos para construir de forma eficiente, escoger la tecnología más adecuada y atraer usuarios. Así, existe evidencia empírica en otros países de que los costes de operación son más bajos en aquellas empresas que tienen contratos de cuantía fija (véase, para el caso francés, **Gagnepain e Ivaldi, 2002**, y para el caso noruego, **Dalen y Gómez-Lobo, 1997 y 2003**, o **Jorgensen et al., 1997**). Además, resulta fácilmente previsible la cantidad de dinero que el regulador debería destinar a la financiación del transporte, minimizando los costes derivados de la obtención de fondos públicos y los problemas de equidad. Sin embargo, los contratos de cuantía fija en general suponen un mayor riesgo para el concesionario, por lo que puede aumentar la probabilidad de renegociación (**Guasch, 2004**). En este sentido, resulta necesario un reparto óptimo del riesgo entre el gobierno y el concesionario.

Una posible solución consistiría en ajustar *ex post* la cantidad fija teniendo en cuenta la relación existente entre incentivos y distribución del riesgo. Así, el regulador debería utilizar los déficits observados y otras variables, tales como el precio de los factores productivos, como fuente de información sobre el comportamiento de la empresa. Pequeños déficits son una mayor señal de un esfuerzo alto si los precios de los factores productivos han sido altos que si éstos han sido bajos. Por tanto, por inferencia estadística la cantidad fija que ha de darse a una empresa con pequeños déficits ha de ser mayor si los precios de los factores han sido altos que si éstos han sido bajos.

Las subvenciones por viajero consisten en conceder a la empresa una cantidad fija por cada viajero que utilice la nueva infraestructura. Si el plazo de concesión es variable, es decir, la concesión dura hasta que se recupera la totalidad de la inversión, las subvenciones por viajero conllevan los mismos resultados en términos de incentivos que los contratos de reembolso de costes. Por el contrario, si el plazo de concesión es fijo, la empresa concesionaria tiene grandes incentivos en reducir los costes de inversión y atraer usuarios a la nueva infraestructura, por lo que el resultado en términos de incentivos se asemeja a un contrato de cuantía fija.

En la práctica hay proyectos de infraestructura, como carreteras, donde el problema básico para la introducción de un contrato de cuantía fija es la incertidumbre de la demanda. La vida del proyecto

puede prolongarse más de 40 años y la concesión de plazo fijo habitual, una especie de contrato de cuantía fija ampliamente utilizado en el mundo, varias veces se ha convertido en un contrato de reembolso de costes a través de la renegociación (**Guasch, 2004; Nombela y de Rus, 2004**). Una solución a este problema es un nuevo mecanismo de concesión basado en contratos de duración flexible y subastas (**Engel *et al.*, 2001; Nombela y de Rus, 2004**). Este nuevo mecanismo mejora los resultados en comparación con el sistema de plazo fijo, mediante la eliminación del riesgo de demanda y la selección de empresas concesionarias eficientes.

### IV.3. Referencias

- Dalen, D. M. y A. Gomez-Lobo (1997): “Estimating cost functions in regulated industries characterized by asymmetric information”, *European Economic Review*, 41, 935-942.
- Dalen, D. M. y A. Gómez-Lobo (2003): “Yardsticks on the road: regulatory contracts and cost efficiency in the Norwegian bus industry”, *Transportation*, 30(4), 371-386.
- de Rus, G. y M. P. Socorro (2009): “Infrastructure investment and incentives with supranational funding”. Department of Economics, Business, and Statistics, DEAS, University of Milan. Working Paper n. 2009-18.
- Engel, E., R. Fischer, y A. Galetovic (2001): “Least-present-value-of-revenue auctions and highway franchising”, *Journal of Political Economy*, 109, 993-1020.
- Flyvbjerg, B. (2004): “Procedures for dealing with optimism bias in transport planning”, Guidance Document. The British Department for Transport.
- Flyvbjerg, B. (2008): “Curbing Optimism Bias and Strategic Misrepresentation in Planning: Reference Class Forecasting in Practice”, *European Planning Studies*, 16(1), 3-21.
- Gagnepain, P. y M. Ivaldi (2002): “Incentive regulatory policies: the case of public transit systems in France”, *RAND Journal of Economics*, 33(4), 605-629.
- Guasch, J. L. (2004): *Granting and renegotiating infrastructure concessions: Doing it right*, WBI Development Studies. The World Bank, Washington, D.C.
- Jorgensen, F., P. A. Pedersen y R. Volden (1997): “Estimating the inefficiency in the Norwegian bus industry from stochastic cost frontier models”, *Transportation*, 24(4), 421-433.
- Kahneman, D. (1994): “New challenges to the rationality assumption”, *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 150, 18-36.
- Kahneman, D. y A. Tversky (1979a): “Prospect theory: An analysis of decisions under risk”, *Econometrica*, 47, 263-291.
- Kahneman, D. y A. Tversky (1979b): “Intuitive prediction: Biases and corrective procedures”, en S. Makridakis and S. C. Wheelwright (Eds.), *Studies in the Management Sciences: Forecasting*, 12, 313-327. Amsterdam, North Holland.
- Nombela, G. y G. de Rus (2004): “Flexible-Term Contracts for Road Franchising”, *Transportation Research A*, 38 (3), 163-247.
- Olsen, T. y P. Osmundsen (2005): “Sharing of endogenous risk in construction”, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 58(4), 511-526.
- Turró, M. (1999): *Going Trans-European: Planning and Financing Transport Networks for Europe*, Ed. Pergamon.