

## Resumen ejecutivo del informe

# “Las externalidades del transporte en Europa”

## Resumen ejecutivo del informe

# “Las externalidades del transporte en Europa”





## Las externalidades del transporte en Europa



### **Editado por ISTAS**

(Instituto sindical de Trabajo, Ambiente y Salud)  
**y Por Comisiones Obreras de Aragón.**

Traducción, resumen y adaptación a cargo d  
Pau Noy Serrano  
Ingeniero Industrial  
Barcelona

### **Datos de la publicación original**

Datos bibliográficos: M. Maibach, C. Schreyer,  
D. Sutter (INFRAS), H.P. van Essen, B.H. Boon, R.  
Smokers, A. Schroten (CE Delft), C. Doll (Fraunhofer  
Gesellschaft – ISI)

B. Pawlowska, M. Bak (University of Gdansk)

El informe fue coordinado por la consultoría holandesa  
CE Delft

[www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Título original:

Handbook on estimation of external costs in the  
transport sector Internalisation Measures and Poli-  
cies for All external Cost of Transport  
(IMPACT)

Version 1.1

Delft, CE, 2008

Publicación número: 07.4288.52

Versión original en inglés descargable desde [http://  
ec.europa.eu/transport/sustainable/doc/2008\\_  
costs\\_handbook.pdf](http://ec.europa.eu/transport/sustainable/doc/2008_costs_handbook.pdf)

Comisión Europea, DG TREN

DL:

**Manual para la estimación de  
los costes externos  
en el sector del transporte  
y para la definición de  
las políticas de internalización  
de estos costes**

**Producido en el marco del estudio  
“Internalisation Measures and Policies for All  
external Cost of Transport”, IMPACT**

Resumen

Diciembre de 2009

# Presentación

¿Cuánto cuesta el transporte? ¿Cuánto cuesta cada medio de transporte? ¿Cuáles son los costes ocultos de los distintos medios?

Para responder a estas preguntas con exactitud debemos tener en cuenta las “externalidades”, considerando que el beneficio o coste no refleja su precio real en el mercado o en el balance económico de los estados.

En el ámbito de la movilidad, existen distintos tipos de externalidades -en este caso, negativas- que son excluidas del balance económico a pesar de los impactos sociales y ambientales que suponen para el conjunto de la sociedad. Las externalidades negativas se manifiestan cuando las actuaciones de un sector o agente reducen el bienestar de otros sectores o agentes socioeconómicos.

Los accidentes de tráfico, la contaminación y el ruido, los gases de efecto invernadero son las principales externalidades negativas del tráfico, actualmente, ya que sus impactos -minusvalías, morbilidad, mortalidad, cambio climático...- son obviados por el sistema de mercado libre. En algunos casos paradójicamente, estos impactos repercuten positivamente sobre el Producto Interior Bruto -los accidentes de tráfico, por ejemplo-, ya que el conjunto de actividades asociadas a un accidente -traslado de víctimas, grúas, atención sanitaria, etc.- contabilizan como servicios prestados por la economía.

¿Por que no contabiliza como pérdidas económicas las muertes o minusvalías de personas causadas en accidentes de tráfico o debidas a la contaminación urbana, por ejemplo?

El estudio y determinación de las externalidades asociadas a la movilidad constituyen, por lo tanto, uno de los principales puntos de discusión a la hora de avanzar hacia un modelo más sostenible. En los países industrializados como España los costes externos del transporte se acercan al 10% del PIB

Este informe presenta el estado de la técnica y las mejores estimaciones de los costes externos para que sean accesibles a todas aquellas personas que no estén familiarizadas con el tema. Incluye todos los costes ambientales, los de accidentes y congestión, y tiene en cuenta todos los modos de transporte. El documento centra su atención en los costes marginales externos de la actividad de transporte para que sirva de base para definir políticas de internalización que lleven a sistemas de fijación de precios eficientes.

El Informe se basa en trabajos ya existentes de científicos y expertos, desarrollados, principalmente, en el ámbito de la UE y dentro de los propios países europeos. El **“Manual para la estimación de los costes externos en el sector del transporte y para la definición de las políticas de internalización de estos costes”** ha sido revisado por un panel de más de treinta expertos, incluyendo los que fueron designados por los propios Estados miembros.

Por todo ello ISTAS encargo a Pau Noy un resumen del Manual en castellano. El resultado de este trabajo se presenta a continuación. Con este documento pretendemos difundir conceptos que son necesarios para avanzar en la senda de la movilidad sostenible, que deben incorporarse en nuestro análisis y acción sindical cotidiana.

Esperamos que sea útil e interesante.

Llorenç Serrano.

*Secretario Confederal de Medio Ambiente y Movilidad.  
Comisiones Obreras*

Luis Clarimón.

*Responsable Medio Ambiente y Movilidad.  
Comisiones Obreras de Aragón*

## Resumen

### La internalización de los costes externos del transporte: su trasfondo

Las actividades de transporte dan lugar a impactos ambientales, accidentes y congestión. En contraste con los beneficios que el transporte ofrece, los costes de estos efectos colaterales del transporte normalmente no se cubren por los usuarios que los producen. Si lo que se conoce como políticas públicas no intervienen, cuando los usuarios toman una decisión sobre su transporte no tienen en cuenta los costes externos. Debido a eso, los usuarios del transporte han de enfrentarse a un sistema incorrecto de incentivos o señales, lo cual, según la economía clásica, conduce a pérdidas de bienestar.

La internalización de los costes externos se debe concretar a través de la incorporación de dichos efectos negativos en la toma de decisiones de los usuarios del transporte. De acuerdo con el enfoque de la teoría del bienestar, la internalización de costes externos a través de los instrumentos de mercado puede conducir a un uso más eficiente de las infraestructuras, reducir los efectos secundarios o colaterales negativos de la actividad del transporte y aumentar la equidad entre sus usuarios.

Durante mucho tiempo la cuestión de la internalización de los costes externos del transporte ha sido un importante tema de investigación relacionado con el desarrollo de políticas de transporte, en Europa y en todo el mundo. Un número importante de proyectos de investigación, muchos de los cuales han contado con el apoyo de la Comisión Europea, sugieren que la aplicación de instrumentos de mercado basados en el concepto de la teoría económica del coste social marginal en la fijación de precios podría generar considerables beneficios a la comunidad. Muchos documentos de la Comisión Europea han defendido la idea de un sistema de precios del transporte más justo y eficiente, especialmente cuando a mediados de 2006 se publicó la revisión a medio plazo del Libro Blanco de la política europea de transportes.

Cuando se modificó la Directiva 1999/62/CE, conocida como de la Euroviñeta, pero que en términos nominales se titula "Directiva relativa a las tasas sobre vehículos pesados de transporte por

el uso de determinadas infraestructuras", el legislador de la UE pidió a la Comisión Europea que presentase un sistema general, aplicable, transparente y comprensible de evaluación de todos los costes externos, incluidos los causados por modos diferentes de la carretera. Este modelo debe servir de base para futuros cálculos de los costes del uso de la infraestructura. El modelo debería ir acompañado de un análisis del impacto sobre la internalización de los costes externos en todos los modos de transporte, una estrategia de aplicación progresiva y, en su caso, una propuesta legislativa de revisión de la Directiva de la Euroviñeta.

Hay que hacer notar que la primera directiva de la Euroviñeta de 1999 fue modificada por la 2006/38/CE, de 17 de mayo de 2006. Ésta, a su vez, en la actualidad está pendiente de una nueva actualización para incorporar los costes externos en la tasación por uso de la infraestructura. Los borradores de este texto legal prevén incorporar los costes externos más importantes excepto los de cambio climático y accidentalidad.

### El estudio IMPACT

A la luz del mandato del legislador de la UE, la Comisión Europea encargó el estudio IMPACT a fin de condensar y reunir el actual conocimiento científico y profesional sobre la cuestión de los costes externos. El objetivo central del estudio era proporcionar una visión global de los diversos enfoques que permitan estimar la manera en que los costes externos deben ser internalizados y recomendar, así mismo, un conjunto de métodos y valores por defecto para estimar estos costes en el momento de diseñar y aplicar sistemas de transporte y las políticas de precios asociadas. El estudio también debía proporcionar apoyo técnico a los servicios de la Comisión Europea para llevar a cabo una evaluación de impacto de las estrategias de internalización de los costes externos del transporte.



## Manual sobre los costes externos

El Manual presenta el estado de la cuestión y las mejores estimaciones de los costes externos de una forma que sean accesibles a todos los que no están familiarizados con el tema. Incluye todos los costes ambientales, los de accidentalidad y los de congestión, para todos los modos de transporte. El documento centra su atención en los costes marginales externos del transporte para que sirvan de base para definir políticas de internalización que conduzcan a un sistema eficiente de precios. El Manual no aporta información sobre los actuales impuestos y tasas, como tampoco incluye información sobre los costes de infraestructura.

El Manual se basa en trabajos ya existentes de científicos y de expertos, los cuales han sido desarrollados sobre todo en el plano de la UE y dentro de los propios países europeos. El Manual ha sido revisado por un panel de más de treinta expertos, incluyendo los que fueron designados por los propios Estados miembros.

El Manual recomienda:

- Métodos para el cálculo de los valores de los costes externos.
- Los mejores valores disponibles para ese cálculo (por ejemplo, el valor de un año perdido de vida).
- Los valores unitarios estimados por defecto de los costes externos para diferentes situaciones de tráfico (por ejemplo, los costes de la contaminación enviada a la atmósfera por un vehículo, en euros por kilómetro).

## Métodos para estimar los costes externos

Aunque la estimación de los costes externos debe tener en cuenta diversas incertidumbres, existe un amplio consenso en las principales cuestiones metodológicas. Las mejores estimaciones para el cálculo de los costes de congestión se basan en las relaciones velocidad-flujo, el valor del tiempo y las elasticidades de la demanda. Para el caso de los costes del ruido y de contaminación del aire, el enfoque de la vía de impacto está ampliamente reconocido y es el método preferido. Se usan valores estadísticos sobre "la vida" basados en el concepto de "la disposición a pagar". Los costes marginales de accidentalidad pueden estimarse a través del enfoque de elasticidad del riesgo, usando también valores estadísticos sobre el concepto de "la vida". Teniendo en cuenta los objetivos de reducción a largo plazo de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el enfoque del coste de evitación constituye la mejor estimación de los costes climáticos. Hay otros costes externos, por ejemplo los relacionados con la dependencia energética y, aunque hoy por hoy no existe consenso científico sobre los métodos para evaluarlos, sin duda habrá que tener en cuenta en el futuro, sobre todo en la perspectiva de un nuevo encarecimiento de la energía debido a la eclosión del 'peak-oil'.



## Los valores de entrada disponibles y los valores de las unidades por defecto dentro de la UE

Los costes externos de las actividades de transporte dependen en gran medida de parámetros relativos a la ubicación, como un medio urbano o interurbano, del momento del día (hora punta, valle, noche), así como de las características de los vehículos (las normas EURO sobre emisiones). Hay que hacer notar que en un mismo país, el coste kilométrico de un camión en zona urbana en hora punta puede ser por lo menos cinco veces superior al que tendría el mismo vehículo en hora valle.

El Manual ofrece valores de entrada típicos tanto a escala europea como para cada estado miembro. Estos valores de entrada se basan en un completo análisis de la literatura realizada durante el estudio. Estos valores se pueden utilizar para producir valores propios con niveles de exactitud relativamente altos. Alternativamente, los valores de salida para cada tipo de costes pueden ser utilizados directamente, teniendo en cuenta el enfoque del valor de transferencia. Aunque dichos valores tienen una menor precisión, proporcionan intervalos fiables por lo que se pueden usar con garantías en el momento de definir políticas de internalización de costes.

## Propósito del Manual

El propósito del Manual es ofrecer al lector en lengua castellana los elementos mínimos de comprensión del mismo, a partir de una adaptación simplificada de la versión original inglesa. Esto debería permitir al lector alcanzar un sólido dominio de los conceptos utilizados en el cálculo de los costes externos del transporte. Además, en algún caso se ofrecen comentarios y sugerencias de cómo aplicar el Manual sobre el modelo español de transporte.



# 1. Introducción

## 1.1 La internalización de los costes externos

El transporte contribuye de manera significativa al desarrollo económico y permite que el mercado funcione de una manera global. Por desgracia, la mayor parte de modos de transporte no afectan a la sociedad únicamente de una manera positiva, sino que también producen efectos secundarios negativos; algunos de ellos muy importantes. Los coches y camiones, por ejemplo, contribuyen a la congestión; los trenes y aviones al ruido; mientras que el impacto de los barcos se concentra en el capítulo de la contaminación atmosférica y marina. En contraste con los beneficios, el coste de estos efectos no suele ser asumido por los usuarios del transporte y, por tanto, no se tiene en cuenta a la hora de tomar la decisión de transporte. Por eso, estos efectos colaterales se denominan efectos externos. Se pueden encontrar ejemplos importantes de los efectos externos del transporte en la congestión, en los accidentes, en la contaminación atmosférica, el ruido y en los impactos sobre el cambio climático. El coste asociado a estos efectos se denomina coste externo.

La internalización de estos efectos es un proceso que conduce a que los usuarios del transporte tengan en cuenta sus efectos a la hora de tomar decisiones. Esto se puede hacer directamente a través de normativa, es decir, leyes y medidas de control, o indirectamente, ofreciendo mejores incentivos a los usuarios del transporte, es decir, a través de los instrumentos de mercado, por ejemplo, a través de impuestos, tasas o con el comercio de emisiones. También son posibles combinaciones de ambas líneas de trabajo. Por ejemplo, los actuales impuestos y tasas podrían diferenciarse según las normas Euro de contaminación de motores de combustión interna.

Generalmente, se considera la internalización de los costes externos a través de instrumentos de mercado como un medio eficaz para limitar los efectos secundarios negativos del transporte. Pero para ello se requiere una estimación fiable y detallada de los costes externos. Esta es la cuestión a la que se dedica el presente Manual.

## 1.2 El contexto político

### 1.2.1 La internalización de los costes externos como una necesidad política a escala de la UE

Durante muchos años la estimación y la internalización de los costes externos del transporte han constituido cuestiones centrales en la investigación europea sobre transportes y en su desarrollo político. La Comisión Europea ha planteado la cuestión de la internalización en documentos de estrategia en varios documentos, como en el Libro Verde sobre la tarificación equitativa y eficaz (1995), en el Libro Blanco sobre el uso eficiente de la infraestructura, en la política europea de transportes para el 2010 (2001) y en la evaluación intermedia de 2006. Tras una serie de proyectos de investigación, las propuestas de la Comisión se basan en el concepto teórico económico de la tarificación del coste social marginal. Sobre este concepto hay total consenso. El libro Blanco de la CE de la estrategia global de transporte (La hora de la verdad, 2001) y su revisión intermedia (Europa en movimiento, 2006) subrayan la necesidad de una tarificación equitativa y eficaz en función de los costes externos.

Muchos proyectos de investigación han demostrado que la internalización de los costes externos a través de medidas de tarificación puede ser una manera eficaz de reducir los impactos negativos del transporte. En general, este procedimiento permite:

- Mejorar la eficiencia del transporte; por ejemplo, favoreciendo el uso eficiente de una infraestructura que es escasa en términos de oferta, del material móvil desde el punto de vista de la eficiencia energética y medioambiental, o del uso eficiente de los diferentes modos de transporte.
- Garantizar la equidad entre modos de transporte, lo cual significa establecer un sistema de precios justos que tiene en cuenta el rendi-



miento global y el potencial de cada modo de transporte; y

- Mejorar la seguridad y reducir el ruido en el sector del transporte.

### 1.2.2 La Directiva de la Euroviñeta

La introducción de instrumentos de mercado para la internalización de los costes externos ha sido debatida sobre los diferentes modos de transporte. En cierta medida, también se ha fundamentado en las Directivas de la UE, en particular las relacionadas con la tarificación de los costes de infraestructura.

Dentro del sector ferroviario, la propuesta de tarificación por costes marginales se considera la base para la fijación de las tarifas para el uso de la red ferroviaria (Directiva 2001/14/CE). Las tasas pueden diferenciarse según el impacto ambiental, siempre y cuando ello no dé lugar a ingresos adicionales para el administrador de infraestructuras. Sólo se permiten ingresos adicionales si en los modos en competencia hay un nivel de tasas comparable por los costes ambientales<sup>1</sup>.

Para el sector de la carretera, en la modificación de la Directiva 1999/62/CE, conocida como revisión de la Directiva Euroviñeta, sobre la tarificación viaria, aprobada el 27 de marzo de 2006, la Unión Europea autoriza a los Estados miembros a imponer tasas o peajes en todas las carreteras. Esta Directiva supuso un paso muy importante hacia la aplicación de una política global de tarificación de las carreteras a escala europea.

Hoy Alemania, Austria y Chequia han desarrollado esquemas de tasación sobre camiones por el uso de la infraestructura que se basan en esta Directiva. Francia ha anunciado la entrada en vigor de un

esquema propio en 2011. Suiza, por su parte, es el país europeo, aunque no forma parte de la UE, que de una forma más consecuente ha aplicado los principios de la internalización de costes y de tarificación al coste social marginal. En el anexo 1 de este documento figuran las conclusiones de la jornada que T&E ([www.transportenvironment.org](http://www.transportenvironment.org)) organizó en 2008 sobre la Euroviñeta. Además, en la web [www.eurovineta.es](http://www.eurovineta.es) hay abundante información sobre el tema, entre otros documentos, hay uno en el se indica en qué forma cada país está aplicando la Directiva. Hay que hacer notar, por otro lado, que países como España, Italia, Portugal y Grecia, en los que hay una vasta red de autopistas de peaje, ya se están aplicando desde hace muchos años algunos de los principios de la internalización de costes, a través, precisamente, del propio peaje como instrumento, aunque su forma de presentación sea meramente el de una tasa financiera para recuperar la inversión en la infraestructura.

Una limitación de la actual Directiva es el requisito que establece que los ingresos no podrán exceder los costes relacionados con la infraestructura. La Directiva permite sólo una limitada diferenciación de tarifas de acuerdo con la capacidad de la vía o con criterios medioambientales. Sin embargo, para las zonas de montaña se permite una sobretasa de hasta un 25%, por encima del nivel más elevado de costes de infraestructura.

Para asegurar que se dé un nuevo paso en la política de internalización, el Parlamento Europeo ha insistido en que se necesitaban análisis adicionales para asegurar que todos los impactos y obstáculos a la internalización de costes externos fuesen corregidos.

Concretamente, el artículo 11 de la Directiva establece que:

*A más tardar el 10 de junio de 2008, la Comisión presentará, tras examinar todas las opciones, incluyendo los costes medioambientales, el ruido, la congestión y los relacionados con la salud, un modelo aplicable, transparente y comprensivo*

*1. La Directiva también permite a los Estados miembros introducir sistemas de compensación de tiempo limitado por el uso de la infraestructura ferroviaria, en el caso que se pueda demostrar que no se cubren los costes medioambientales, los de accidentes y los de infraestructura de los modos de transporte competidores, en la medida en que estos costes superen a los costes equivalentes del ferrocarril.*



*ble para la evaluación de todos los costes externos, que sirva de base para el cálculo futuro de los costes de infraestructura. Este modelo irá acompañado de un análisis del impacto de la internalización de los costes externos para todos los modos de transporte y de una estrategia para una aplicación progresiva de este modelo sobre todos los modos de transporte.*

*El informe y el modelo irán acompañados, si procede, de propuestas al Parlamento Europeo y el Consejo de revisión de la presente Directiva.*

Más concretamente, la Directiva exige a la Comisión examinar el intervalo en que se mueven la totalidad de costes externos para todos los modos de transporte, de forma que se pueda presentar una base de evaluación de todos los costes externos, analizar el impacto de su internalización y preparar una estrategia para la gradual aplicación de este modelo sobre todos los modos de transporte.

Des de hace unos dos años, esta nueva revisión de la Directiva está sobre la mesa. Hubo una primera lectura del proyecto de texto legal en el Parlamento Europeo, con un voto en primavera, que mantuvo la internalización de los costes externos propuestos por la Comisión: congestión, ruido y contaminación del aire, y dejó fuera de la regulación los costes externos por cambio climático y los de accidentes. El texto legal quedó como se indica en el siguiente enlace:

[www.euractiv.fr/environnement/article/vote-in-certain-au-parlement-sur-la-directive-eurovignette-001462](http://www.euractiv.fr/environnement/article/vote-in-certain-au-parlement-sur-la-directive-eurovignette-001462)

El texto pasó entonces al Consejo de Ministros de transporte. En aquel tiempo el consejo estuvo presidido primero por Francia y después por Chequia. Francia, sobre todo, intento dinamizar el debate pero fue bloqueado por España y otros estados miembros. La presidencia checa y, posteriormente la sueca, encontraron siempre motivos técnicos para no llevar adelante la aprobación de la directiva, por lo que aún hoy la revisión de la Euroviñeta está bloqueada en el Consejo.

En el momento de redactar este informe no consta que la presidencia española durante el primer semestre de 2010 tenga intención alguna de activar el

debate sobre este tema, por lo que habrá que esperar a la presidencia belga del segundo semestre de 2010 que, según fuentes internas, tiene interés en que la revisión se lleva a cabo de una vez. El Consejo deberá aprobarla y volver al parlamento para una segunda lectura que, como mínimo durará hasta iniciado el 2011.

Dado que se han llevado a cabo multitud de estudios, los datos y propuestas que aparecen en este documento se basan en sólidos conocimientos técnicos, tanto a escala de la UE como de los Estados miembros. Los siguientes enfoques y documentos básicos confirman esta aseveración:

- Proyectos de investigación de la UE de varios programas marco para estimar los costes externos, como UNITE, ExternE, GRACE, etc.
- Otros proyectos de la UE sobre costes externos y de infraestructura, especialmente sobre costes marginales por uso de la infraestructura: hacia una propuesta simplificada, CE Delft, 2004.
- Proyectos nacionales de investigación y estudios sobre costes externos, en particular en el Reino Unido, Países Bajos, Suiza, Austria y Alemania.
- Estimaciones internacionales de los costes externos, por ejemplo, los de la UIC y CEMT.
- Propuestas de la UE para normalizar el cálculo de los costes marginales (propuestas del grupo de alto nivel).
- Proyectos de la UE de Networking para debatir los instrumentos de tarificación (CAPRI, IMPRINT, MC-ICAM).
- Estrategias nacionales de tarificación. Por ejemplo, tasas sobre los camiones en varios países, tasas sobre camiones en Suiza, el sistema del congestion charge (peaje urbano) para acceder al centro de Londres, y las tasas por congestión para acceder al centro de Estocolmo.
- Varios estudios sobre políticas de internalización a diferentes niveles, como los documentos de estrategia mencionados a escala de UE o las propuestas de políticas en el plano nacional.



## 1.3 Objetivo y contenidos del proyecto IMPACT

A la vista del mandato del legislador de la UE, la Comisión Europea encargó a la consultoría CE Delft el estudio IMPACT para hacer balance del actual nivel de conocimiento práctico y científico sobre métodos de estimación e internalización de los costes externos del transporte.

Este documento IMPACT, conocido como 'el Manual en la mano', proporciona una visión global de los diferentes enfoques para estimar los costes externos y recomienda un conjunto de métodos y valores por defecto de estos costes externos en el momento de concebir y aplicar esquemas y políticas de tarificación de precios del transporte. El documento presenta las metodologías de mejores prácticas y los valores de los diferentes componentes de los costes externos en el sector del transporte. Abarca todos los costes ambientales, de accidentes y de congestión. Debido a su específica naturaleza y al mandato de la Directiva de la Euroviñeta, los costes de infraestructura no se incluyen en este Manual, el cual se centra exclusivamente en examinar los costes relacionados con el medio ambiente, el ruido, la congestión y la salud.

## 1.4. Contenido y estructura del Manual

### 1.4.1 Objetivo y contenido

Este Manual proporciona información acerca de cómo generar información cuantitativa sobre diferentes tipos de costes externos, para que sirva de base para la definición de políticas de internalización, como por ejemplo los sistemas eficientes de tarificación. Esta información se proporcionará a tres niveles:

**1. Nivel metodológico:** ¿Cuáles son los costes externos? ¿Qué métodos pueden utilizarse para obtener valores sobre los costes externos en general, y para determinados costes externos? ¿Cómo se pueden usar estos resultados en las estrategias de internalización?

**2. Los valores de entrada:** ¿Qué valores de entrada (sobre todo en términos monetarios, como el valor (económico) de un año de vida perdido, etc) se pueden recomendar para estimar los costes externos en el sector del transporte?

**3. Los valores de salida:** ¿Qué costes externos aparecen en cada modo de transporte? ¿Cuáles se pueden recomendar? Y si tiene sentido, ¿cuáles se aplican para diferentes situaciones de tráfico?

El Manual sigue siempre esta jerarquía de presentación. Se compilan y se evalúan los trabajos científicos y de expertos que ya existen sobre la estimación de los costes externos. El Manual tiene por objeto proporcionar a los responsables políticos el estado de la cuestión y las mejores estimaciones de estos costes externos. Se tienen en cuenta tanto la totalidad de modos de transporte como el trabajo llevado a cabo en las escalas de la UE y nacionales.

### 1.4.2 El procedimiento: evaluación y elección de las metodologías

La elaboración del Manual se basa en las siguientes premisas:

- Los valores indicados en este Manual representan el actual estado de la cuestión en la estimación de los costes externos. Así, la evaluación se centra en los estudios más recientes, teniendo en cuenta el valor científico y la transferibilidad de los resultados. En este contexto el sector más importante es el de la carretera, debido a que es el responsable de la mayor parte de costes sociales. Si no hay consenso científico real sobre la metodología, entonces el Manual muestra los distintos enfoques.
- Los valores y los intervalos presentados se basan sobre todo en estimaciones hechas a escala de la UE, ya que se han llevado a cabo recientemente muchos análisis en busca del consenso científico y en la posibilidad de presentar resultados representativos que se puedan usar.



- Para cada categoría de coste, se muestra una breve discusión del valor de los estudios al alcance. Se ofrece un breve debate sobre sus valores más importantes y los argumentos de las mejores prácticas. La evaluación de los estudios disponibles aparece en un informe anexo del Manual.
- El Manual no calcula las cifras propias. Así, el lector debe considerar que las cifras que se presentan no son intrínsecamente las 'correctas', sino que son los datos actualmente disponibles en un sentido amplio.
- La estimación de los valores de los costes externos y las diferentes situaciones de tráfico implica formular muchas hipótesis, como la valoración de los riesgos y los efectos a corto y largo plazo, a menudo frente a la escasez de unos datos adecuados. Así, la cuestión de la necesaria precisión y la viabilidad son cuestiones centrales en la aplicación con fines prácticos de estos valores monetarios. Principalmente, hay dos niveles de exactitud para distinguir: la exactitud en la parte de valoración y la exactitud de los datos de entrada. Se tratan ambos aspectos.
- El Manual fue revisado por un panel de más de treinta expertos, incluidos los que fueron designados por los Estados miembros, y fue discutido entre ellos en una reunión el 22 de noviembre 2007<sup>2</sup>

### 1.4.3 Presentación de los resultados

Las cifras se muestran para un año base común (si es posible y aplicable, el año 2000) con el fin de aumentar la comparabilidad entre ellas. Los intervalos, en general, representan la influencia de los diferentes costes y sus incertidumbres.

Los valores unitarios de las cifras de entrada se presentan en términos monetarios relacionados con valores específicos, como por ejemplo, el Euro por hora, por accidente, por unidad de emisión, por año de vida perdido, etc. Los resulta-

dos se presentan en una forma que pueden ser traducidos con el propósito de la internalización. La unidad principal es el coste por vehículo-km (veh-km), como base para la tarificación por el uso de las infraestructuras. Para los costes externos, estrechamente relacionadas con el consumo de combustible, los valores expresados se presentan también en euros por litro de combustible. A fin de comparar los distintos modos, se lleva a cabo un cambio en el coste por pasajero kilómetro €(vi-km) o por tonelada kilómetro €(t-km). Cuando sea pertinente y útil, los valores de salida se muestran en otras unidades.

Las cifras que aquí se presentan son en general representativas de las situaciones de los países de Europa occidental. El documento proporciona pautas para poder convertir esta información de forma que sea útil en otros países y en determinadas situaciones de tráfico.

### 1.4.4 Descripción de la estructura y su uso práctico

Para recuperar algunas estimaciones de costes para países específicos o determinadas situaciones de tráfico, este Manual incluye directrices a tres diferentes niveles: metodología, valores de entrada y valores de salida. La exactitud de los valores depende en gran manera del nivel elegido:

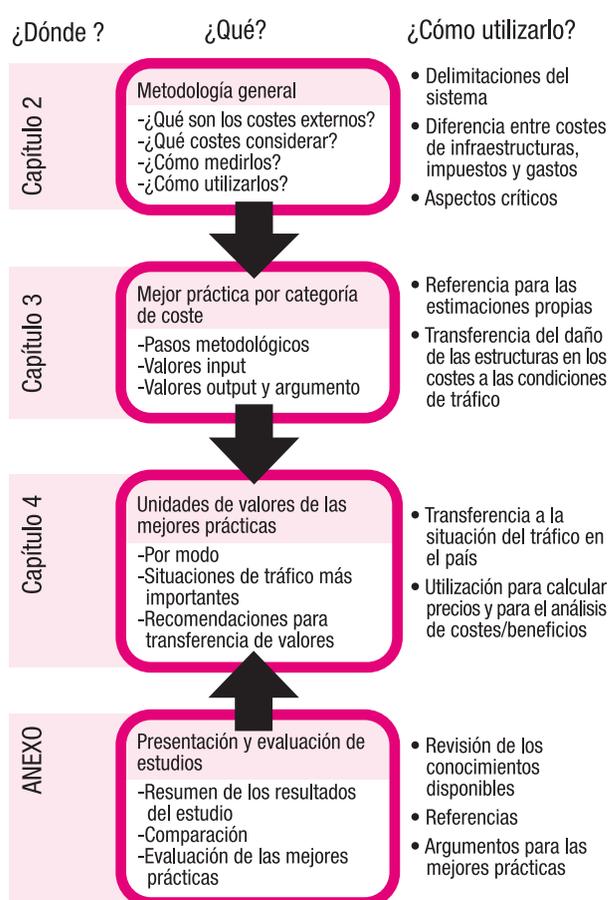
- **Primer nivel.** El más preciso es el uso de la metodología propuesta con el fin de producir cifras propias diferenciadas, basadas en la valoración propia de los datos y en su desagregación. Se pueden aplicar incluso sobre aproximaciones más alejadas del sistema propuesto (por ejemplo, son válidos para países concretas y determinadas situaciones de tráfico).
- **Segundo nivel.** Si va a haber una transferencia de los valores existentes sobre determinadas áreas y situaciones concretas de tráfico, los valores de entrada que muestra este Manual pueden ser utilizados para obtener los valores de la producción propia, basados en datos concretos.

2. A los autores de este Manual les gustaría agradecer a todos los encuestados por sus comentarios y sus sugerencias que han resultado de suma utilidad

- **Tercer nivel:** Para estimaciones más sencillas, y con recursos limitados, la producción de valores para cada categoría de costes se puede utilizar directamente, teniendo en cuenta el enfoque de transferencia de valor que se propone.

La fig. 1 presenta la estructura y contenidos del manual.

Figura 1 Estructura del Manual sobre los costes externos



El texto principal muestra las metodologías más importantes y valores basados en la recopilación de datos y su evaluación. Esto se describe más ampliamente en el informe anexo de la versión original en inglés. En el anexo número 2 de este documento aparece un glosario.

## 2. Metodología general

### 2.1 Definición de los costes externos

Los costes externos son los costes para la sociedad que, sin una política de intervención por parte de la administración, no se tienen en cuenta por los usuarios del transporte. Debido a ello, los usuarios del transporte se enfrentan a un sistema incorrecto de incentivos, tanto en relación con la oferta como con la demanda de transporte, lo cual, según la moderna teoría económica, conduce a pérdidas de bienestar.

A fin de definir adecuadamente los costes externos, es importante distinguir entre:

- **Costes sociales**, que reflejan el conjunto de costes en que se incurre en la prestación del servicio de transporte y en el uso de las infraestructuras. Estos son, por ejemplo, el desgaste de las infraestructuras, los costes de capital, los de congestión, de accidentes o los medioambientales.
- **Costes directos privados** (o costes internos), son los que directamente están a cargo del usuario del transporte. Por ejemplo, el desgaste de los vehículos, los costes de energía, los del tiempo de desplazamiento, las tarifas y los impuestos y tasas.

Los costes externos se refieren a la diferencia entre los costes directos privados y los sociales. Pero con el objeto de producir valores cuantitativos, la definición debe ajustarse más. A partir de la teoría del bienestar económico, los usuarios del transporte deberían pagar todos los costes sociales marginales que están produciendo como consecuencia de su actividad de transporte. Teniendo en cuenta los costes privados marginales (como el desgaste del vehículo o los de personal para la conducción), las tasas sobre el uso de la infraestructura que optimizan el modelo deberían reflejar los costes externos marginales por su uso. Estos costes incluyen el desgaste por el uso de la infraestructura, los de congestión, los de accidentes y los medioambientales. Sólo una cierta parte de estos costes son pertinentes desde el punto de vista monetario. Otra parte (como las pérdidas

de tiempo, los daños sobre la salud, etc) son directamente pérdidas de bienestar social.

A corto plazo, estos costes están relacionados con una determinada capacidad de la infraestructura, que es constante. Así, los costes fijos de infraestructura no son adecuados para la fijación de un sistema eficiente de precios. Sin embargo, a largo plazo, el posible cambio en la infraestructura debido a un aumento de su capacidad sí resultan adecuados. Desde un punto de vista económico, un proyecto de infraestructura es económicamente viable si los beneficios sociales que aporta superan los costes sociales adicionales generados.

Mientras que a corto plazo, los costes marginales son adecuados para lograr una tarificación eficiente en el uso de una infraestructura, los costes marginales a largo plazo deberían considerar también la financiación que implica la posible ampliación de la infraestructura. La distinción entre los costes marginales a corto y a largo plazo requiere un posicionamiento claro sobre la cuestión de cómo se van tratar los costes fijos y variables de la infraestructura ya existente y el peso de los costes financieros asociados, como impuestos y tasas ligados a la actividad de transporte. Por tanto, es útil separar los costes externos de los de infraestructura y de los impuestos y tasas.

En este Manual, la atención se centra en los costes externos marginales por el uso de una infraestructura (en términos monetarios y de otros costes) para establecer una base con precios de transporte adecuados que se basen en instrumentos de mercado. No se abordan en este Manual los costes de infraestructura fija y variable y los costes asociados.



## 2.2 La relación entre la tarificación y la información sobre los costes externos

### 2.2.1 Costes externos marginales en la actualidad tarificación óptima

La teoría económica sugiere que los precios óptimos deben reflejar los costes externos en una situación ideal de tráfico. Eso significa que el precio óptimo se sitúa donde los costes externos marginales se igualan con los costes evitables marginales. En la práctica, las tasas unitarias de coste que se indican en este Manual constituyen una base para un sistema de precios óptimos, pero en sí mismas no son los precios óptimos. Usando de los valores que se recomiendan en este Manual, cabe considerar una respuesta en la demanda de tráfico. Esto es especialmente importante en el caso de los costes de congestión, en los que el precio óptimo puede ser considerablemente más bajo que los costes actuales de congestión. El efecto se muestra en la sección correspondiente.

### 2.2.2 ¿Cómo usar los resultados? El vínculo con la internalización de estrategias

Pueden distinguirse las siguientes posibilidades para traspasar la información de este Manual a las estrategias de internalización:

- **Diferenciación de los impuestos y tasas existentes.** En el uso de la actual Euroviñeta, los valores presentados en este Manual pueden utilizarse para diferenciar los impuestos y tasas existentes. Por ejemplo, la clasificación de la red actual según la capacidad o escasez, o la consideración de los costes de contaminación del aire para diferenciar las tasas por el uso de la carretera clases de motor EURO. Se debe tener en cuenta, sin embargo, que los cambios en la intensidad de tráfico y en la composición de las flotas de vehículos influirán en los ingresos totales.
- **Tarificación eficiente de una infraestructura a**

**través de impuestos o tasas.** La unidad de coste que se presenta puede traducirse en impuestos o tasas, por ejemplo, en tasas por el uso de la infraestructura (tarificación de carreteras o rutas, como por ejemplo, los recargos contemplados en la directiva de la Euroviñeta. Esto es especialmente cierto para los costes de accidentes y los medioambientales. Al hacer esto, se debe considerar la demanda de un precio óptimo (anticiparse a la reacción del tráfico).

Además, se debe tener en cuenta el equilibrio entre costes de infraestructura e impuestos y tasas. Al aplicar determinadas metodologías y valores cuando se implantan tasas eficientes, se debe establecer un vínculo con el equilibrio de la infraestructura y con sus sistemas de financiación. La introducción de nuevas tasas para cubrir los costes externos debe tener en cuenta la estructura fiscal existente.

- **La mejora de los sistemas de seguros en el sector del transporte.** La internalización de los costes de accidentalidad no sólo está relacionada con la tarificación de la infraestructura, sino que también ofrece señales para la mejora de los seguros (por ejemplo, la diferenciación a través de sistemas bonus-malus).
- **Política de cambio climático.** La internalización de los costes del cambio climático va más allá de una tarificación óptima de las infraestructuras; naturalmente, hay otras propuestas que se discuten en el plano político. Los costes del cambio climático que se muestran pueden usarse para diseñar políticas públicas en el sector del transporte (como la fiscalidad de los combustibles, el sistema de comercio de emisiones). Sin embargo, cabe señalar que estos valores deben ser tratados con cuidado, debido a la alta incertidumbre en los intervalos de valoración de los costes de cambio climático.
- **Análisis coste-beneficio de proyectos de infraestructura o de políticas públicas:** Los costes unitarios presentados en este Manual puede ser usados para el análisis del coste-beneficio de proyectos de infraestructura o medidas regulatorias,



como las prohibiciones de circulación, límites de velocidad, o los estándares de emisiones o de seguridad. En numerosos casos las regulaciones son instrumentos muy eficaces para reducir las externalidades. Pero la pregunta sigue siendo si estas estrategias son eficientes. Los valores facilitados se pueden utilizar para comparar los costes de estas medidas con los beneficios que proporciona la disminución de los costes sociales del transporte. Caso que se haga, hay que advertir que este informe se centra en los costes externos marginales.

### 2.3 Descripción general de estado de la técnica

Se han realizado diversos intentos para estimar los costes externos en el sector del transporte. Los más importantes los aportan los resultados de varios proyectos de investigación, especialmente los realizados en los 4º, 5º y 6º programas marco de la UE. Se pueden distinguir diversos tipos de resultados.

En cuanto a la información sobre la tarificación basada en costes marginales (siendo la más adecuada para este Manual), la obra más importante se ha desarrollado a escala de la UE. El proyecto CAPRI (1999) y el Grupo de Alto Nivel sobre la tarificación de las infraestructuras (1999a-c) han hecho recomendaciones sobre mejores prácticas, en el marco de un diálogo entre investigadores y expertos en política. Estos se han desarrollado y utilizado dentro de dos proyectos de investigación, UNITE (2003) y GRACE (2007), a fin de proporcionar valores de costes para los diferentes modos de transporte, basados sobre todo en el estudio de casos representativos.

En cuanto a la información para el análisis del coste-beneficio, ha habido intentos a escala nacional y de la UE. HEATCO (2006) ha hecho recomendaciones de valores del coste unitario de las externalidades que pueden ser utilizadas para la evaluación de proyectos en la UE relacionados con el transporte. En el caso de la contaminación del aire, las cifras que se manejan son compatibles con el enfoque desarrollado por las normas CAFE CBA

(CAFE, 2005a) con costes unitarios por país y por contaminante atmosférico, como base para el análisis coste-beneficio de medidas relacionadas con la contaminación del aire. En el plano nacional, las fuentes son heterogéneas. Las recomendaciones más recientes se han desarrollado en Alemania con la Convención Metodológica para estimar los costes ambientales (UBA, 2006).

En cuanto a cifras de costes totales y las cuentas del transporte para diferentes países, el estudio UNITE (2003) es el más importante a escala comunitaria sobre las cuentas del transporte y la estimación del total de costes externos para la mayoría de países de Europa occidental. El estudio de INFRAS/IWW (2004a), encargado por los ferrocarriles presenta también cifras de costes totales y medios por país. Al mismo tiempo, varios estudios nacionales han estimado los costes de diferentes modos de transporte. Los más avanzados son los intentos llevados a cabo por el Reino Unido, los Países Bajos y Suiza.

Teniendo en cuenta todo este trabajo, puede decirse con propiedad que los científicos han hecho su trabajo. Aunque las estimaciones de los costes externos deben hacer frente a varias incertidumbres, existe un consenso científico de que los costes externos del transporte se pueden medir y que las cifras generales (en intervalos fiables) están preparadas para el desarrollo de políticas públicas. Esto no significa, sin embargo, que todas las categorías de costes sean tratados con el mismo nivel de precisión y que todos los modos estén cubiertos por igual. La transferencia de valores disponibles hacia precios en el transporte, por ejemplo, necesita la toma de otras decisiones políticas. Esto se refiere en particular a los valores de la transferencia, su nivel de diferenciación y el objetivo general y el diseño de políticas de internalización.

Tabla nº 1: Componentes de los costes externos y nivel de una externalidad

Componente de coste	Costes privados y sociales	Parte externa, en general	Diferencias entre modos de transporte
Costes de escasez de infraestructura (Congestión y los costes de escasez)	Todos los costes para los usuarios y para el conjunto de la sociedad (el tiempo, la fiabilidad, funcionamiento, pérdidas en las actividades económicas) causada por densidades de tráfico altas.	Costes adicionales impuestos al resto de usuarios y a la sociedad; exceden los propios costes suplementarios.	En el transporte no regular (por carretera), la parte externa es la diferencia entre la el coste marginal y el coste medio basado en la función de coste de la congestión. En servicios regulares de transporte (ferroviario, aéreo), la parte externa es la diferencia entre la voluntad de pagar por las franjas horarias escasas y la tasa que deba cobrarse por el surco de circulación disponible.
Costes de accidentalidad	Accidentes de todos los costes directos e indirectos los costes de un accidente (costes de material, los gastos médicos, pérdidas de producción, sufrimiento y dolor causados cuando hay víctimas mortales).	Parte de los costes sociales que no es considerado en el propio y el riesgo colectivo anticipación y no cubiertas por (tercera ) Parte de seguros	Hay un debate sobre la anticipación del nivel de riesgo colectivo en el transporte individual. ¿El coste de un accidente de automóvil es una cuestión individual de anticipación de riesgo o es una cuestión colectiva? Además hay diferentes niveles de responsabilidad entre los seguros privados (particulares en el transporte por carretera) y los de los operadores de transporte (ferroviario, aéreo, marítimo).
Costes medioambientales	Todos los daños al medio ambiente (costes de salud, daños materiales, daños y perjuicios a la biosfera, riesgos a largo plazo).	Parte de los costes sociales que no se consideran (pagados).	Dependiendo de la legislación, el nivel de la fiscalidad ambiental o la responsabilidad de realizar las medidas de prevención es diferente según el modo de transporte.

## 2.4 Ámbito de los costes externos y nivel de externalidad

La anterior tabla 1 proporciona una visión general sobre los costes externos tratados en este Manual.

## 2.5 Metodologías de mejores prácticas

### 2.5.1 Métodos de valoración

Las preferencias individuales constituyen el indicador más importante para valorar los costes que se imponen a la sociedad (externalidades). La primera mejor solución consiste en estimar los daños en términos de coste. Para algunas externalidades, como los riesgos a largo plazo, también se deben considerar las preferencias colectivas. Para valorar las preferencias individuales son adecuadas las siguientes propuestas:

- La disposición a pagar (WTP) por una mejora.
- La disposición a aceptar (WTA) una compensación cuando no tienen lugar una mejora.

Se pueden usar varios métodos para estimar directamente las fuentes de costes. Pueden medirse por el precio de mercado de un determinado efecto (pérdidas, indemnización). Con el fin de obtener los costes reales, los impuestos y las subvenciones deben obtenerse usando factores de coste. Si no se dispone de los valores de los costes de los recursos, se deben construir las situaciones del mercado a través de hipótesis. Pueden usarse varios métodos; todos ellos tienen fortalezas y debilidades. La preferencia indicada (SP), es un método que utiliza un enfoque de valoración contingente y es la medición directa de la disposición a pagar (WPT), pero depende en gran medida del diseño de la encuesta y del nivel de información, y tiene el problema que sólo trata de gastos hipotéticos. Los métodos indirectos, como las preferencias declaradas (RP), por ejemplo la fijación de precios hedonísticos donde los diferenciales de precios de la vivienda pueden ser usados para estimar los costes de ruido, son por lo tanto viables. Para algunos costes ambientales (por ejemplo, los riesgos a largo plazo y las pérdidas de hábitat), son necesarios enfoques más diferenciados, ya que el enfoque de preferencias declaradas sólo resulta útil para la valoración de

Tabla 2. Valoración de los enfoques de mejores prácticas para la mayoría de componentes importantes de coste

Componente de coste	Enfoque más adecuado
Coste debido a una infraestructura escasa	WTP para la estimación del valor del tiempo (basado en los enfoques de la preferencia declarada enfoques). Alternativamente, WTA. WTP para los surcos de circulación (escasos), (sobre la base de SP con planteamientos reales o artificiales). Alternativamente: WTA.
Costes de accidentalidad	Costes de los recursos necesarios para mejorar la salud de las personas. WTP para la estimación del valor estadístico de una vida sobre la base de SP para la reducción de los riesgos del tráfico. Alternativamente, WTA.
Costes de contaminación del aire y sobre la salud de las personas	Enfoque del impacto usando costes de recursos y WTP para la vida humana (pérdida de años de vida). Alternativamente, WTA.
Daños por la contaminación del aire y sobre edificios y bienes materiales	Enfoque del impacto usando los costes de reparación.
Contaminación del aire y la naturaleza	Enfoque del impacto usando pérdidas materiales (por ejemplo, pérdidas de producción agrícola al coste de los factores).
Ruido	Enfoque del WTP basado en precios hedonísticos (pérdida de rentas - esto se refleja en el WTA) o SP para la reducción de ruido. Enfoque del impacto para la salud humana usando con WTP para la vida humana.
Cambio climático	Enfoque de los costes de evitar las emisiones basados en escenarios de reducción de gases de efecto invernadero. Enfoque del coste de los daños, los precios sombra en un sistema de comercio de emisiones.
Naturaleza y paisaje	Enfoque del coste de compensación (basado en los costes de reparación virtual).

WTP = disposición a pagar. SP = enfoque de preferencias declaradas. WTA = voluntad de aceptar.

cada uno de los valores clave, como es el caso del valor de una vida humana.

Con el fin de estimar los costes a largo plazo ante un problema ambiental (por ejemplo, el calentamiento global), es necesario tener en cuenta escenarios de riesgo que contemplen los costes directos e indirectos para reducir y reparar los daños ambientales y otros costes por los daños que no pueden ser reparados. En estos casos, el enfoque más recomendado es el de la vía de impacto (como se ha utilizado en el modelo de ExternE desarrollado específicamente para el caso de la contaminación del aire), que sigue la función de dosis-respuesta considerando varios modelos de impacto sobre la salud humana y la naturaleza. La convención metodológica alemana (UBA, 2006), por ejemplo, recomienda siete pasos para llevar a cabo este tipo de enfoques. A veces la falta de determinadas informaciones sobre la dosis hace que para determinar la función de respuesta sea necesario combinar este enfoque con otro de precio estándar, como alternativa para la estimación del modelo del nivel de daños. En este caso, como un segundo enfoque más favorable, se puede utilizar el enfoque del coste de evasión (el coste para evitar un cierto nivel de contaminación).

La tabla 2 resume los enfoques de la mejores prácticas para tipos de costes, indicando a la vez los temas sensibles.

## 2.5.2 Procedimientos: Estimación “Arriba abajo” (Top-down) y “Abajo Arriba” (Bottom-up)

La estimación de los costes marginales normalmente se basa en los enfoques de abajo hacia arriba (bottom-up) teniendo en cuenta las condiciones específicas del tráfico y referidas a casos estudiados. Estos son más precisos y exactos, y disponen de potencial para su diferenciación. Por otra parte, los enfoques de estimación son costosos y difíciles de agregar (por ejemplo, para definir cifras promedio representativas de agrupaciones de transporte típicas o promedios nacionales).

Con el fin de obtener los costes marginales, a escala nacional y en promedio (o los costes variables medios), las estimaciones se basan en enfoques de arriba a abajo (top-down) utilizando datos nacionales. Estos enfoques son más representativos de forma general, lo cual permite también, por ejemplo, una comparación entre modos. Por otra parte la función de coste debe ser simplificada y la asignación de costes a las situaciones específicas de tráfico y la diferenciación por categorías de vehículos resulta bastante agregada. Por tanto la obtención del coste marginal resulta bastante difícil.

La literatura existente para lograr una tarificación eficiente recomienda principalmente un enfoque

Tabla 3. Relación entre los costes marginales y medios y su relación con la internalización

Componente de coste	Diferencias entre coste marginal y coste medio	Implementación práctica y propuesta de diferenciación
Coste por una infraestructura escasa	En zonas congestionadas, los costes marginales se encuentran al nivel de los costes medios: La diferencia es relevante al definir los costes externos.	La estimación del coste marginal se basa en curvas estandarizadas de agrupaciones específicas de situaciones de tráfico (urbano-interurbano, hora punta). Los enfoques 'arriba-abajo' son difícilmente viables.
Costes de accidentalidad	Los costes marginales difieren individualmente (para tráfico no regular). Es posible el agrupamiento de los usuarios de la infraestructura de acuerdo con el riesgo de accidente (normalmente se aplica por las compañías de seguros). Así, el promedio y los costes marginales se puede suponer que son similares en cada grupo.	La diferenciación (por grupo de usuarios) de acuerdo con los regímenes aplicados por las compañías de seguros.
Costes de contaminación del aire y sobre la salud de las personas y sobre edificios y bienes materiales	Función lineal de dosis-respuesta: los costes marginales son similares al coste medio	Los costes marginales promedios por tipo de vehículo (clase EURO) y por grupos de tráfico y población (urbano e interurbano).
Contaminación del aire y de la naturaleza	Función lineal de dosis-respuesta: los costes marginales son similares al coste medio.	Los costes marginales promedio por tipo de vehículo (clase EURO) y por grupos de tráfico y población (urbano e interurbano).
Ruido	El impacto decreciente de un vehículo adicional con el incremento del ruido de fondo debido a la escala logarítmica. Los costes marginales se encuentran por debajo de los costes medios.	Los costes marginales promedio los costes por grupos de tráfico y población (urbano e interurbano).
Cambio climático	Funciones de coste complejas. A modo de simplificación: los costes marginales son similares a los costes medios (si no se incluyen los riesgos principales). Para los costes de evitación, los costes marginales son más altos que los costes medios.	Los costes marginales (en promedio) por tipo de vehículo y / o combustible.
Naturaleza y paisaje	Los costes marginales son significativamente inferiores a los costes promedio.	Los costes variables o marginales promedio por tipo de infraestructura.

'abajo-arriba' (bottom-up) siguiendo la metodología de la vía de impacto. Sin embargo, en la práctica debería usarse una mezcla de enfoques 'abajo-arriba' y 'arriba-abajo' con datos representativos. Lo más importante es una buena definición de los grupos con niveles de coste similares (como los niveles de contaminación del aire, las características del tráfico y la densidad de población).

En la tabla 3 se muestra la diferencia entre el coste marginal (abajo-arriba) y el coste medio (arriba-abajo).

Tabla 4. Principales especificación sobre los diferentes costes según el modo de transporte

Componente de coste	Carretera	Ferrocarril	Aire	Navegación
Costes debidos a una infraestructura escasa	El transporte individual causa congestión colectiva que se concentra en cuellos de botella y en horas punta.	El transporte programado causa escasez (asignación de franjas horarias) y retrasos (déficits operativos)	Ver ferrocarril	En los puertos o canales no existe el concepto de surco (slot). La congestión es un hecho individual.
Costes de accidentalidad	El nivel de la externalidad depende del tratamiento individual de los seguros de accidente (riesgo individual o colectivo) según cubran el daño causado (excluyendo el valor de una vida)	Las diferencias entre conductor y víctimas. El seguro cubre parte de la compensación a la víctima, excluyendo el valor de una vida.	Ver ferrocarril	No presenta problemas
Costes de contaminación del aire	Las áreas pobladas se encuentran cerca de las carreteras	Se debería distinguir entre el uso de gasoil y de la electricidad	Se deberían considerar los contaminantes del aire en las áreas más pobladas.	Es complicado situar los contaminantes del aire en las zonas portuarias.
Ruido	Las áreas pobladas se encuentran cerca de las carreteras	El ruido del ferrocarril se normalmente considera como menos molesto que el de otros modos (rail bonus). Pero depende del momento del día y de la frecuencia de paso de trenes	El ruido en los aeropuertos es más complejo que el de otros modos. Dependiendo de los movimientos, puede haber más o menos ruido, según el momento del día	No presenta problemas
Cambio climático	Todos los gases de efecto invernadero son relevantes	Todos los gases de efecto invernadero son relevantes cuando se considera el uso del gasoil y la producción de electricidad	Todos los gases de efecto invernadero son relevantes. Además, en áreas pobladas deben considerarse los contaminantes que se vierten a la atmósfera.	Todos los gases de efecto invernadero son relevantes

## 2.6 Similitudes y diferencias entre modos de transporte

Como ya se ha mencionado, los estudios sobre costes externos se han desarrollado sobre todo en el transporte por carretera. La evidencia muestra que el transporte por carretera supone, de lejos, la mayor parte de los costes externos del transporte. Para poder abarcar todos los modos de transporte y, llegado el caso, poder transferir los actuales conocimientos sobre cómo estimar los costes externos de uno a otro modo, se debe analizar el grado de similitud y/o diferencia entre ellos.

La tabla 4 ofrece una visión global sobre esta cuestión:

## 2.7. Resumen y perspectiva general

Las recomendaciones más importantes pueden resumirse de la forma siguiente:

- Los costes por escasez de infraestructura (en carreteras, congestión; para otros modos, escasez), parte de los costes de accidentalidad y medioambientales se consideran como costes externos del transporte, según el enfoque de la teoría del bienestar.
- Los costes de infraestructura y sus impuestos y tasas se tratan por separado. No forman parte del Manual. Para definir el nivel óptimo de tasas

Tabla 5. Visión general sobre las principales cuestiones por tipo de coste

Componente de coste	Elementos de coste	Aspectos críticos en la valoración	Función de coste	Datos necesarios	Principales factores explicativos
<b>Costes de congestión (carretera)</b>	Costes temporales y de operación. Además, costes de accidentalidad y medio-ambientales	Relaciones de flujo-velocidad. La valoración del tiempo es económicamente relevante	El coste marginal se incrementa con la intensidad de tráfico, dependiendo del momento del día y del tipo de día (día/mes/año) así como de la región	Datos de flujo-velocidad. Nivel de tráfico y capacidad de cada tramo de carretera	Tipo de infraestructura. Niveles de tráfico y capacidad, dependiendo principalmente de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Momento del día</li> <li>• Situación</li> <li>• Accidentes y construcciones</li> </ul>
<b>Costes de escasez (para el transporte programado)</b>	Costes por retrasos. Costes de oportunidad. Pérdidas de tiempo debidas a otros usuarios	Enfoque de valoración como tal (medida de los costes de oportunidad, ampliación de los costes de WTP, modelo de optimización)	El coste marginal se incrementa con la intensidad del tráfico, dependiendo del momento del día y del tipo de día (día/mes/año) así como de la región	Nivel de tráfico, capacidad de las franjas horarias o surcos (slots) por tramo de infraestructura	Tipo de infraestructura. Niveles de tráfico y de capacidad dependiendo principalmente de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Momento del día</li> <li>• Situación</li> </ul>
<b>Costes de accidentalidad</b>	Gastos médicos. Pérdidas de producción y de vidas humanas	Valoración de una vida humana. Externalidades de los accidentes en el transporte individual. Emplazamiento de los accidentes (causante/víctimas).	Correlación limitada entre la intensidad del tráfico y accidentes; otros factores, como factores de riesgo individual y tipo de infraestructura	Base de datos de accidentes. Es muy importante hacer una clara distinción entre muertos, y heridos graves y leves	Tipo de infraestructura. Intensidad de tráfico, velocidad de los vehículos. Características de los conductores, p.e. edad, condiciones médicas, etc. Otros.
<b>Contaminación del aire</b>	Costes de salud. Años perdidos de vida. Pérdidas agrarias. Daños en los edificios. Costes para la naturaleza y la biosfera.	Valoración de los años de vida perdidos. Precios de mercado para los productos agrarios. Valoración de los daños sobre los edificios. Valoración de los riesgos a largo plazo sobre la biosfera	Correlación entre la intensidad de tráfico, niveles de emisión y emplazamiento	Datos de emisión y de inmisión (exp. PM, NOx, SO2, COV)	Densidad de población y asentamientos. Sensibilidad del área. Nivel de emisiones, dependiendo de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo y condición del vehículo</li> <li>• Longitud del viaje (emisiones de arranque en frío)</li> <li>• Tipo de Infraestructura</li> <li>• Situación</li> <li>• Características de la velocidad</li> </ul>
<b>Costes del ruido</b>	Pérdidas de valor de la propiedad. Molestias. Costes de salud	Valoración de las molestias	La curva de costes marginales disminuye en relación con la intensidad del tráfico	Datos de exposición al ruido (sobre las personas)	Densidad de población y de los asentamientos. Nivel de emisiones diurnas y nocturnas, dependiendo de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de infraestructura</li> <li>• Tipo y condición de vehículo</li> </ul>
<b>Cambio climático</b>	Prevención de costes para reducir el riesgo del cambio climático. Costes por los daños debidos al incremento de temperatura	Riesgos a largo plazo debidos al cambio climático. Nivel de daños en altura en la aviación	Proporcional a la intensidad de tráfico y al combustible utilizado (coste marginal cercanos al coste medio)	Niveles de emisión	Nivel de emisiones dependiendo de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de vehículo y equipamiento, p.e., aire acondicionado</li> <li>• Características de la velocidad</li> <li>• Estilo de conducción</li> </ul> Tipo de combustible y consumo
<b>Costes de naturaleza y paisaje</b>	Los costes para reducir los efectos de la segregación física. Los gastos para asegurar la biodiversidad	Enfoques de valoración tales como el de sustitución versus el de WTP	La mayor parte son costes relacionados con la infraestructura y no cambian significativamente con los cambios en el tráfico	GIS información sobre la infraestructura	Tipo de infraestructura. Sensibilidad del área
<b>Costes ambientales adicionales (agua, suelo, ...)</b>	Gastos para asegurar la calidad del aire y del suelo	Enfoques de valoración como el de evitación versus el de daños producidos	Complejo: Los costes marginales se incrementan con la intensidad del tráfico	GIS información sobre la infraestructura, niveles de emisión	Niveles de emisión. Tipo de infraestructura
<b>Costes adicionales en áreas urbanas</b>	Costes de separación para los peatones. Costes de escasez para el tráfico no motorizado	Enfoques de valoración tales como el de evitación versus el de WTP	Los costes marginales se incrementan con la intensidad del tráfico	Datos de infraestructura en áreas urbanas (datos de red, y del tráfico calmado)	Tipo de infraestructura. Nivel del tráfico
<b>Procesos aguas arriba – aguas abajo</b>	Costes del ciclo completo de la energía (efectos ambientales y de riesgo del aprovisionamiento de energía)	Valoración de los riesgos energéticos a largo plazo, como el cambio climático y el riesgo nuclear	Correlación bastante proporcional entre la intensidad del tráfico y el coste marginal que se encuentra próximo al coste medio	Datos sobre procesos de energía y mix eléctrico	Nivel de la energía indirecta que se precisa. Mix de electricidad (nivel de no renovables)

### 3. Mejores prácticas por tipo de coste

y la internalización de costes externos debe analizarse el nivel de impuestos existente, principalmente la fiscalidad sobre los combustibles y los impuestos sobre los vehículos.

- El nivel de externalidad varía según el tipo de coste y el modo de transporte. Los costes ambientales se consideran totalmente externos.
- Los valores elegidos deben basarse en la estimación del coste marginal para situaciones específicas de tráfico y agrupaciones. Cuando resulta difícil llevar a cabo la adición de valores y las funciones de coste son complejas, se pueden utilizar además los enfoques 'arriba-abajo' (top-down) basados en valores nacionales.
- La metodología de valoración debe seguir el planteamiento de la vía de impacto usando el enfoque de la disposición a pagar o el de la voluntad de aceptar propuestas. En el caso que las funciones de dosis-respuesta sean complejas, pueden resultar apropiados enfoques como los de la estimación de los gastos de evitación.
- Las diferencias entre modos de transporte son especialmente relevantes en el caso de los costes de congestión y de escasez en el uso de la infraestructura y cuando se considera la producción de energía eléctrica en los ferrocarriles.
- Los valores unitarios se deben presentar teniendo en cuenta los principales factores explicativos de coste. Los costes por unidad de tráfico constituyen la base común. Sin embargo, en el caso de algunas externalidades, también hay que tener en cuenta otros costes.

La tabla 5 muestra los principales problemas y factores explicativos de coste para cada uno de sus componentes. En el siguiente capítulo se presenta esta información para cada tipo de coste.

En este capítulo se ofrece una visión general de los mejores enfoques para cada tipo de coste.

Los resultados más importantes aparecen a continuación, según categoría de coste, siguiendo el esquema siguiente:

- Tipo de costes y sus principales factores explicativos.
- Aproximación general al problema y visión general de los pasos a seguir para el cálculo de los valores de los costes externos.
- Los mejores valores de entrada disponibles para realizar este cálculo (por ejemplo, el valor de un año perdido de vida).
- Los valores unitarios de los costes externos estimados por defecto para diferentes situaciones de tráfico (por ejemplo, los costes de contaminación del aire de un vehículo, expresados en euros por km).

Este capítulo se basa en la evaluación de los estudios y datos disponibles que se describen con más detalle en el anexo del informe IMPACT de la versión inglesa.

#### 3.1 Costes de congestión y de escasez

##### 3.1.1 Tipo de costes y sus principales factores explicativos

La congestión se debe a la interacción mutua entre usuarios de una infraestructura que compiten por una capacidad limitada de transporte. Dependiendo del modo de transporte, tipo de usuario, características de la propia infraestructura, tiempo de viaje y alternativas, cuando hay un exceso de demanda pueden aparecer diversos efectos:

- **El aumento del tiempo de viaje** constituye el principal componente de la congestión. Aplicando valoraciones estándar de las pérdidas de tiempo de viaje de este tipo, éstas suponen normalmente el 90% de los costes económicos de congestión. Según la tipología de viaje, el modo



utilizado, la duración del trayecto, si se trata de transporte de pasajeros o de mercancías, cabe distinguir entre el valor del tiempo (VOT) y el valor del ahorro del tiempo de viaje (VTTS).

- **Los costes de acceso al uso de un vehículo y sus gastos de funcionamiento**, incluidos la amortización, el personal de conducción y el aumento del desgaste cuando circulan sobre sistemas congestionados, resultan muy importantes en el caso del transporte comercial. Pero éstos normalmente se incluyen en los valores atribuidos al incremento del tiempo de viaje.
- **Los inconvenientes de los sistemas saturados** aparecen en el transporte de viajeros, tanto en carreteras congestionadas como en sistemas de transporte público. El valor del tiempo de viaje en condiciones de saturación se incrementa aproximadamente en un 50% con respecto a las condiciones ordinarias de viaje.
- **Los gastos adicionales de combustible** nacen del hecho de que el consumo de combustible, cuando los vehículos arrancan y paran, y cuando los aviones sobrevuelan los aeropuertos mientras esperan para aterrizar, es superior a cuando el tráfico se lleva a cabo bajo condiciones de flujo libre. Normalmente esta tipología supone un 10% de los costes de congestión.
- **Fiabilidad:** La mayor valoración que se da al tiempo cuando hay un retraso, en comparación con la que se da al tiempo normal, habitualmente se relaciona con la falta de fiabilidad cuando hay congestión en el tiempo de viaje. En el caso del transporte de mercancías, esto se considera un problema que va más allá del mero aumento del tiempo de viaje. Existen indicadores específicos, como el índice de tiempo de búfer (Schrank y Lomax, 2005), que persiguen describir los márgenes de recuperación de tiempo que viajeros y empresas operadoras crean para mantener la hora de llegada prevista según las diferentes condiciones de tráfico.
- **La escasez de surcos, o de franjas horarias**, es un fenómeno particular en las infraestructuras de acceso regulado, es decir, en redes ferroviarias,

en el espacio aéreo y en los aeropuertos. Los costes de escasez denotan los costes de oportunidad para los proveedores de servicio por la no disponibilidad de la salida deseada o del tiempo de llegada. El valor de los efectos de la escasez depende de una forma muy importante de las condiciones del mercado y de la estructura de los costes internos del proveedor de servicios. Los procesos de subasta o la aplicación de modelos operativos son muy recomendables para valorarlos. Además de los costes de escasez de surcos, pueden surgir costes adicionales como los costes por los retrasos, debido a las condiciones inestables del servicio, en forma de costes adicionales de funcionamiento y del propio coste del tiempo. El debate actual es si ambos elementos pueden formar parte de un sistema de tarificación de la capacidad y cómo se pueden tratar las diferentes valoraciones de los servicios desplazados, tanto desde el punto de vista social y como del empresarial (Nash et al., 2006).

- Determinadas externalidades positivas debidas a la mejora de los servicios o a nuevos servicios creados benefician a los pasajeros y las empresas que ya utilizan el sistema, son conocidas como **efecto Mohring**. Estas externalidades positivas pueden equilibrar o incluso compensar algunos costes de congestión y de escasez (UNITE, 2002c).

Los costes de congestión tienen componentes internos y externos. Los costes de congestión internos o privados son aquellos que incrementan el tiempo de viaje y los costes de funcionamiento de un operador cuando se acercan a la máxima capacidad de carga o la exceden. Los costes externos de congestión son aquellos que sufren el resto de usuarios del sistema debido a la entrada de este operador en el sistema. Los costes externos de la congestión no se suelen tener en cuenta por los usuarios del transporte a pesar que disminuyen el bienestar social. Por tanto, deben estar sujetos a medidas correctoras de tarificación.

Según el tipo de infraestructura, los efectos de la congestión se puede clasificar en dos tipos (AFFORD, 2000).



- Los que se producen en **cuellos de botella de congestión**; aparecen principalmente en cruces de carreteras, estaciones de ferrocarril, puertos y aeropuertos.
- **La congestión en un flujo** indica que se ha superado la capacidad de carga de los enlaces.

Según el tipo de congestión que se produzca en una determinada infraestructura, se necesitan diferentes tipos de medidas correctoras. La superior relevancia de la congestión en las carreteras interurbanas sugiere la aplicación de medidas de internalización basadas en la distancia, mientras que las tasas o peajes en los accesos encajan mejor en zonas urbanas, puertos o aeropuertos.

La internalización de los costes externos de congestión (por ejemplo, mediante el cobro de tasas) requiere conocer **los costes sociales marginales (CSM)**, los cuales expresan el cambio en el total de costes externos para todos los usuarios del transporte cuando un nuevo usuario entra en el sistema. Matemáticamente, se pueden determinar dividiendo los costes totales de los usuarios por el número de usuarios o, experimentalmente, a través de observaciones de campo o aplicaciones de sistemas de macro simulación. Puesto que establecer un sistema de tasas por los costes externos a los usuarios del transporte afectará el nivel de la demanda y, por tanto, al propio nivel de congestión, los costes sociales marginales de congestión se calculan para el equilibrio entre oferta y demanda, o, lo que es lo mismo, los costes externos de la congestión al nivel óptimo de tráfico.

Para monitorizar la calidad de un sistema de transporte, normalmente se usan diversos **indicadores de retraso o de exceso de coste**. La idea es calcular los costes medios para el usuario o los tiempos de viaje por encima de un determinado umbral del estándar mínimo aceptable de calidad. Este procedimiento requiere menos datos que el enfoque de MSC, pero no permite distinguir entre costes de congestión privados y costes de congestión externos. Así, los indicadores basados en el retraso apenas pueden ser utilizados como sustituto de los costes sociales marginales de congestión o de escasez.

Los valores de los **costes totales de congestión** pueden resultar de interés para la monitorización. La pérdida global de bienestar por no haber internalizado los costes externos se denomina pérdida de peso muerto. Se calcula integrando la diferencia entre los costes sociales marginales de congestión (privados más externos) con la disposición de los usuarios a pagar por la demanda de equilibrio. La internalización de los costes externos impide la aparición de una pérdida de peso muerto y lleva a un aumento de la eficiencia social. El aumento de eficiencia social también se puede visualizar a través del cálculo de una tasa de congestión que establece un estado de equilibrio o mediante el cálculo del retraso total o costes de acceso. INFRAS/IWW (2004) ofrece una comparación de estos tres valores para el transporte por carretera en Europa.

### 3.1.2 Enfoque general de los pasos a dar

Desde el punto de vista formal, los costes externos marginales de congestión para un determina-

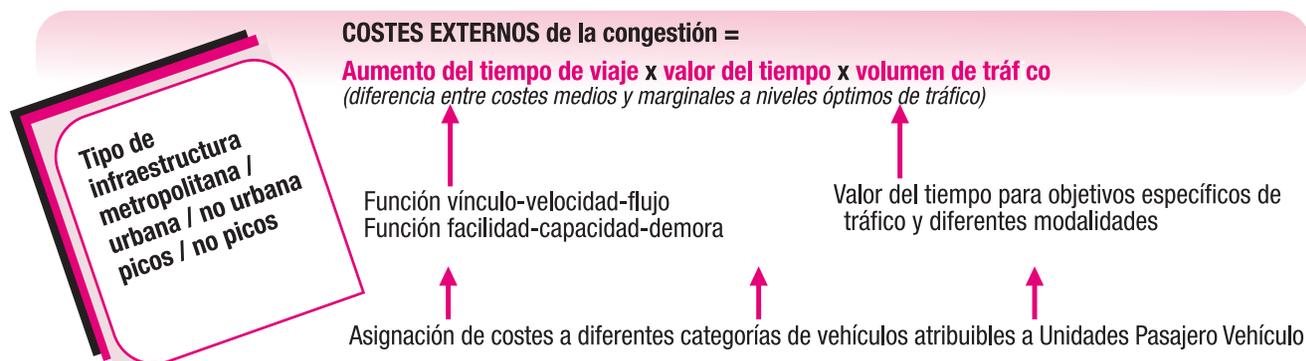


Tabla 6. Valores recomendados del tiempo en el transporte de viajeros y en el de mercancías (Promedio UE-25)

Sector	Unidad	Coche/Camión	Ferrocarril	Autobús/autocar	Aéreo
<b>Transporte de viajeros</b>					
Por trabajo / negocio	€ 2002 /viajero-hora	23,82		19,11	32,80
Pendular de corta distancia		8,48		6,10	“
Pendular de larga distancia		10,89		7,83	16,35
Otro, de corta distancia		7,11		5,11	“
Otro, de larga distancia		9,13		6,56	13,62
Transporte de mercancías		€ 2002/ t-hora	2,98	1,22	/

do volumen de tráfico, Q, se calculan de la forma siguiente:

$$MEC_{cong}(Q) = \frac{VOT \cdot Q}{v(Q)^2} \cdot \frac{\delta v(Q)}{\delta Q}$$

Donde MECCong son los costes marginales externos de congestión

VOT es el valor del tiempo (€ / vehículos-hora)

Q es el nivel de tráfico (vehículos / hora)

(Q) es la función flujo-velocidad (km / hora)

Dependiendo de la elasticidad del precio de la demanda y de la pendiente de la función flujo-velocidad (Q), la tasa de equilibrio resultante MECCong (Q) en el flujo de tráfico de equilibrio, Q\*, será un 50% o menor que MECCong(Q). Q\* cumple la condición de que la curva de demanda o de “la voluntad de pagar” D(Q\*) es igual a los costes medios del tiempo (VOT / v(Q\*)) más los costes marginales externos MECCong (Q\*).

Para modos diferentes de la carretera, los retrasos y los costes de escasez cobran una gran importancia. La disposición a pagar por ‘rutas específicas’ constituye un medio adecuado para estimar los costes de escasez. Este procedimiento ha sido desarrollado en el proyecto GRACE. En la práctica, sin embargo, los costes de escasez son más fáciles de aplicar a través de métodos de prueba y error para determinar el precio de un surco o de una ruta teniendo en cuenta los componentes en los sistemas de tarificación, los cuáles a menudo se aplican a escala europea en los sistemas de tasación de rutas. Por tanto, es mucho más difícil estimar valores unitarios para servicios regulares que para el transporte no regular.

### 3.1.3 Valores de entrada

La estimación de los costes económicos de congestión y de los costes de oportunidad debidos a la escasez de surcos requiere una serie de parámetros y supuestos, ya que no se puede medir en términos físicos. Los más importantes son:

- El valor del tiempo de viaje (VOT), necesario para traducir en unidades monetarias las pérdidas de tiempo y/o la reducción de la fiabilidad y confort.

- Las relaciones flujo-velocidad que describen el efecto de un vehículo adicional cuando entra en el sistema de transporte y, por tanto, sobre los costes de otros usuarios y de la sociedad.

- Las elasticidades de la demanda que describen la posible reacción de los usuarios cuando los costes externos de la congestión se internalizan.

Hay una gran cantidad de estudios disponibles sobre el valor del tiempo.

UNITE ha utilizado para el transporte por carretera un valor del tiempo de 21€ por persona-hora en viajes de negocio (1998) y de 4€ por persona-hora en viajes privados y de ocio. Otros estudios, como los de INFRAS/IWW, han utilizado valores más altos a fin de considerar también los posibles costes indirectos de congestión que afectan a los empleadores, clientes u otras personas (sobre todo en el caso de viajes de negocios y de transporte de mercancías). Estos costes indirectos son plenamente relevantes para los precios ya que constituyen el componente externo de congestión del sector del transporte.

HEATCO, 2006a, recomienda valores de tiempo similares basados en vehículos en vez de pasajeros-horas. Las diferencias se producen, en particular, entre desplazamientos pendulares (8,48-

Tabla 7. Intervalos propuestos para los costes sociales marginales de congestión por tipo de carretera y zona (€/veh-km 2000)

Área y tipo de vía	Vehículos de pasajeros			Vehículos de mercancías			Vehículos pesados PCU
	Valores Mínimos	Valores Medios	Valores Máximos	Valores Mínimos	Valores Medios	Valores Máximos	
<b>Áreas urbanas extensas (&gt; 2.000.000)</b>							
<b>Autovías urbanas</b>	0,30	0,30	0,50	0,90	1,75	3,15	3,5
<b>Circunvalaciones urbanas</b>	0,20	0,20	0,50	1,20	1,25	3,00	2,5
<b>Centros urbanos</b>	1,50	1,50	2,00	3,00	4,00	6,00	2
<b>Cinturones urbanos</b>	0,50	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2
<b>Pequeñas y medias áreas urbanas (&lt; 2.000.000)</b>							
<b>Autovías urbanas</b>	0,10	0,25	0,40	0,35	0,88	1,40	3,5
<b>Circunvalaciones urbanas</b>	0,05	0,30	0,50	0,13	0,75	1,25	2,5
<b>Centros urbanos</b>	0,10	0,30	0,50	0,20	0,60	1,00	2
<b>Áreas rurales</b>							
<b>Autovías*</b>	0,00	0,10	0,20	0,00	0,35	0,70	3,5
<b>Pistas forestales*</b>	0,00	0,05	0,15	0,00	0,13	0,23	2,5

vkkm= Km/Vehículo, HGV= Vehículos pesados, PCU= unidad de vehículo de pasajeros  
\*Calculado con una flexibilidad de precio de demanda de -0.3

10,89 €/veh-km) y en viajes privados (7,11-9,13 €/veh-km, tabla 6) por retrasos por congestión o retrasos en el transporte público. Se recomienda valorar el tiempo en situación de congestión en el transporte por carretera en 1,5 veces superior al que se produciría en condiciones normales de tráfico. Para el transporte de mercancías, el factor es de 1,9. Para el transporte público, se recomienda asignar a los retrasos un valor del tiempo 2,5 veces superior al valor normal. Estas valoraciones se refieren principalmente a la reducción de fiabilidad por aumento de los tiempos de viaje promedio bajo condiciones de congestión.

Por último, se recomiendan como valores por defecto del tiempo de viaje ahorrado los que se proponen por país, modo, propósito y longitud del viaje en el proyecto HEATCO, ya que incluyen los datos más recientes obtenidos a través de encuestas sobre la 'voluntad de pagar'. Sin embargo, cuando sea posible, deberían utilizarse valores locales. Los resultados para la UE-25 por modo y propósito del viaje se presentan en la Tabla 6. Para recuperar valores para determinados países o de otros años, se debe ajustar a través del PIB per capita, con el ajuste de PPP y una elasticidad de 1,0 (INFRAS/IWW 2004a; UNITE, 2001). Otros estudios

utilizan elasticidades más bajas para los ingresos; por ejemplo, Wardman, 1998, estableció un valor de 0,7 para el Reino Unido.

$$VOT_{k,c} = VOT_{k,EU25} \left( \frac{GDP/capita_{k,l} \cdot PPP_l}{GDP/capita_{k,EU25} \cdot PPP_{EU25}} \right)^{1.0}$$

Con VOT, valor del tiempo.  
k, modo de transporte y condiciones del tráfico.  
l, país.

### 3.1.4 Valores de salida

#### Transporte por carretera

En el Manual se describen las estimaciones actuales de los precios del coste social marginal de congestión (MSCP<sub>Cong</sub>). Los costes sociales marginales externos describen el efecto que un usuario adicional o un vehículo producen sobre el resto de usuarios, sin que este efecto haya sido tenido en cuenta en su decisión de viaje. Cuando se imponen tasas para compensar estos costes externos, la intensidad de tráfico se modifica y disminuirá la congestión y las externalidades. Por tanto, los precios finales de MSCP<sub>Cong</sub> son el resultado de un proceso de equilibrio entre el coste marginal de congestión



y la función de demanda. En cualquier caso, la elasticidad-precio de la demanda juega un papel crucial en el nivel de estos equilibrios o sobre las tasas 'óptimas' de congestión.

La mayoría de las MSCP que estiman los costes de congestión provienen de estudios de Europa o del Reino Unido; los estudios continentales a menudo se limitan a retrasos, velocidades e indicadores de coste total. La Figura 4 muestra las estimaciones para toda las zonas urbanas, donde aparece claramente que en este nivel de agregación, y teniendo en cuenta la muestra de ciudades pequeñas y medianas, el tamaño de las ciudades no es un factor decisivo en los valores que toman los  $MSCP_{Cong}$ .

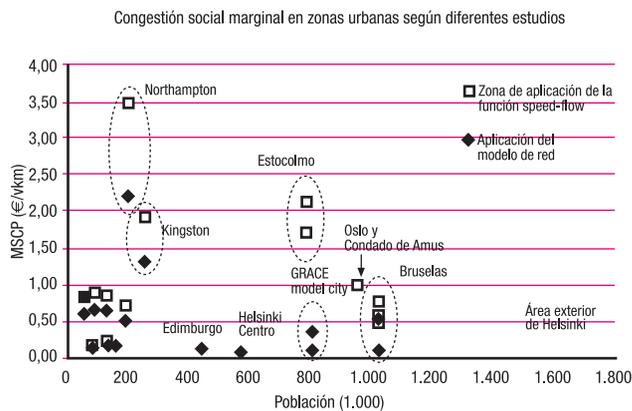


Figura 4

La figura 5 diferencia los resultados disponibles para algunos corredores interurbanos según el tipo de carretera y el tamaño de ciudad. Aquí aparece claro que, en particular para vías locales, el tamaño de la ciudad sí importa.

Existen varias opciones para convertir los costes de congestión por vehículo-kilómetro que se indican en la tabla 7, en esquema prácticos de internalización según las diversas condiciones de tráfico:

- **Tarifación en cordón.** En este caso, se pondrá precio a los viajes o actividades de transporte. Para convertir tasas kilométricas en peajes en cordón, se sugiere suponer longitudes de viaje

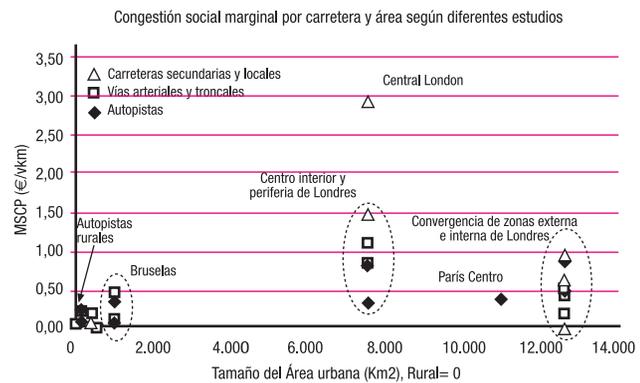


Figura 5

de alrededor de 5 km en ciudades pequeñas y por encima de 10 km en grandes aglomeraciones. Pero como los patrones de comportamiento de los usuarios difieren de ciudad en ciudad y de aglomeración en aglomeración, se recomienda realizar un análisis específico para ver si los niveles de peaje y su estructura resulta adecuada. En caso que los precios no debiesen variar según la hora del día, las tasas calculadas para las horas punta hay que reducirlas de manera tal que reflejen una parte del tráfico en la hora valle.

- **Peajes según el momento del día.** Los precios del coste social marginal derivados directamente de las curvas de flujo-velocidad, por lo general, muestran un rápido aumento cuando la demanda se acerca a la máxima capacidad variada. Esto podría resultar técnicamente difícil de aplicar y además implica que los costes del viaje son impredecibles para los usuarios. En este caso, resulta más sencillo utilizar una progresión en el valor del peaje de congestión.

**Ejemplos:**

- Peaje igual cero hasta que la demanda sea igual al 50-60% de la capacidad (Schade et al. 2006).
- Entre el 50-60% y el 100% de la capacidad, o bien se aumenta lentamente el peaje hasta los niveles máximos MSCP recomendados en la Tabla 7.
- Se introduce una tarifa plana, por ejemplo, igual al valor promedio de los intervalos propuestos anteriormente.
- De acuerdo con las recomendaciones del proyecto HEATCO, se debe considerar un aumento del 50% en el coste caso que el tráfico exceda la capacidad viaria.



### Otros modos de transporte.

No existen valores preparados para el transporte regular, por ejemplo, para el transporte ferroviario y aéreo. La evidencia muestra que la escasez está ya indirectamente incluida en algunos de los sistemas actuales de precios por la consideración de la demanda o el nivel de calidad de las rutas o surcos.

Ferrocarril. A partir de la base de datos del Reino Unido y Suiza, UNITE D7 sugiere para el transporte ferroviario valores de coste marginal externo de congestión en torno a 0,20 €/tren-km en la hora punta de la mañana.

Aviación. A partir de los casos estudiados por UNITE (UNITE, 2002c), los costes marginales externos de congestión se pueden estimar alrededor a 10€/avión-km para un vuelo medio operado en el aeropuerto de Madrid. Se incluyen tanto la congestión del aeropuerto como la del espacio aéreo.

Transporte marítimo. Cuando se estudian los costes y tiempo de espera en la manipulación de cargas y la logística portuaria (estiba) en varios puertos internacionales, con valores para la década de 1970, UNITE 2002c concluye que en las operaciones portuarias no existen costes externos de congestión.

Transporte fluvial interior. Los resultados de COMPETE indican que las redes de navegación interior de los países europeos no tienen que hacer frente a problemas de capacidad.

## 3.2 Costes de accidentalidad

### 3.2.1 Tipo de costes y factores principales

Los costes externos de accidentalidad son aquellos costes sociales por accidentes de tráfico que no están cubiertos por las pólizas de seguros. Por tanto, el nivel de los costes externos no sólo depende del nivel de accidentalidad, sino también del sistema de seguros.

Las categorías de coste más importantes en accidentes son los daños materiales, los costes administrativos, los gastos médicos, las pérdidas de producción y el llamado valor de riesgo (riskvalue), que quiere ser una aproximación a la valoración monetaria del dolor, el luto y el sufrimiento causado por los accidentes de tráfico. Este último no está normalmente cubierto por los sistemas privados de seguros.

Los factores más importantes de coste en el **transporte por carretera** son, además del kilometraje, la velocidad de los vehículos<sup>2</sup>, el tipo de carretera, las características de los conductores, como su comportamiento, experiencia, exceso de velocidad, la velocidad y la intensidad del tráfico, el momento del día (día/noche) y las condiciones meteorológicas. El nivel de mantenimiento de la infraestructura, el grado de utilización de su capacidad y el nivel de segregación de los carriles desempeñan un papel importante, al lado de los avances tecnológicos en vehículos -medidas activas y pasivas de seguridad- y en la infraestructura, por ejemplo, en la gestión del tráfico.

Los principales factores de coste en el **transporte ferroviario** son las intensidades de tráfico, condiciones climáticas, el nivel de mantenimiento y el nivel de segregación entre sistemas, sobre todo entre la carretera y el ferrocarril, y entre diferente tipo de trenes. Por eso, el sistema de paso nivel o cruce con una carretera constituye un factor im-

<sup>2</sup> La velocidad se correlaciona especialmente con la gravedad de las lesiones y con la probabilidad de sufrir un accidente mortal. Estudios recientes realizados en Australia y Gran Bretaña muestran que los conductores que van a mayor velocidad tienen mayor riesgo de accidentes. Por otro lado, hasta la fecha no se ha podido probar que los conductores que circulan a menor velocidad tengan mayor riesgo de accidentes (véase ERSO, 2006, para más detalles).

Tabla 8.

Recomendación europea de factores promedio de corrección por los accidentes no declarados

	Mortal	Grave	Leve	Lesión media	Sólo daños
<b>Media</b>	1,02	1,50	3,00	2,25	6,00
<b>Automóvil</b>	1,02	1,25	2,00	1,63	3,50
<b>Moto</b>	1,02	1,55	3,20	2,38	6,50
<b>Bicicleta</b>	1,02	2,75	8,00	5,38	18,50
<b>Peatones</b>	1,02	1,35	2,40	1,88	4,50

Source : HEATCO (2005)

portante en los costes, ya que cuando menos protegidos sean los puntos de cruce, mayor será el riesgo de accidente (véase UNITE D9).

En el caso de la aviación, los factores clave del coste son el nivel de mantenimiento de aeronaves y los sistemas de orientación, las condiciones

climáticas y el nivel de preparación y formación de los pilotos.

Para el transporte marítimo y por vías navegables apenas existe información sobre los costes de accidentalidad.



### 3.2.2 Enfoque general de los pasos a dar:

Si la atención se centra en todos los tipos de externalidades de accidentes -no sólo en la tarificación de la infraestructuras-, se puede aplicar el enfoque de arriba-abajo, resultando, en general, valores promedio del coste de accidentalidad. Consiste en los siguientes pasos.

1 Las estadísticas de accidentes: recogida de datos estadísticos y corrección de la tradicional in-

fraestimación que se produce en las estadísticas de accidentes de tráfico.

2 Valoración: la valoración de las víctimas de accidentes y de los daños materiales, teniendo en cuenta los pagos transferidos por el sistema de seguros y los debidos a la acción judicial.

3 Cálculo del coste total: cálculo de los costes totales de accidentes por modo de transporte y asignación de los costes totales a los diferentes

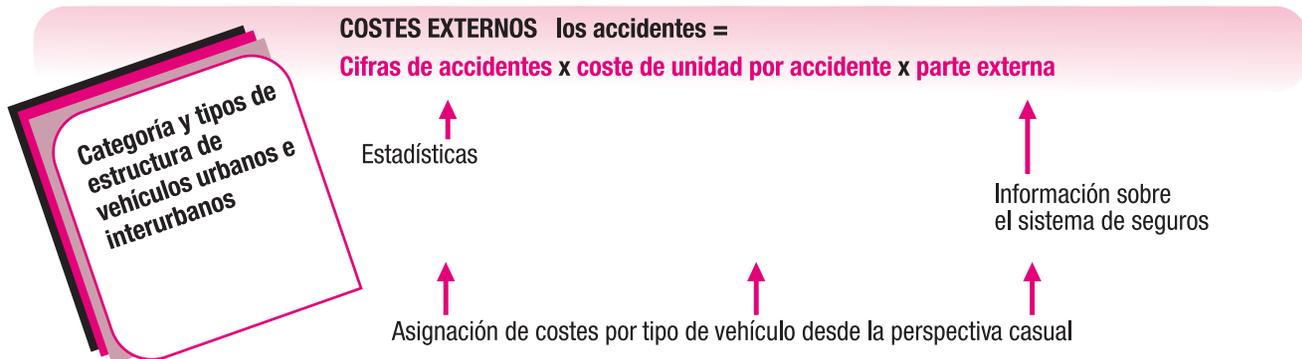


Tabla 9.  
Valores estimados para accidentes, (€/veh-km 2002)

País	Valor de la seguridad per se			Costos directos e indirectos			Total		
	Muertes	Graves	Leves	Mortales	Graves	Leves	Mortales	Graves	Leves
Austria	1,600,000	208,000	16,000	160,000	32,300	3,000	1,760,000	240,300	19,000
Belgica	1,490,000	194,000	14,900	149,000	55,000	1,100	1,639,000	249,000	16,000
Chipre	640,000	83,000	6,400	64,000	9,900	400	704,000	92,900	6,800
Rep. Checa	450,000	59,000	4,500	45,000	8,100	300	495,000	67,100	4,800
Dinamarca	2,000,000	260,000	20,000	200,000	12,300	1,300	2,200,000	272,300	21,300
Estonia	320,000	41,000	3,200	32,000	5,500	200	352,000	46,500	3,400
Finlandia	1,580,000	205,000	15,800	158,000	25,600	1,500	1,738,000	230,600	17,300
Francia	1,470,000	191,000	14,700	147,000	34,800	2,300	1,617,000	225,800	17,000
Alemania	1,510,000	196,000	15,100	151,000	33,400	3,500	1,661,000	229,400	18,600
Grecia	760,000	99,000	7,600	76,000	10,500	800	836,000	109,500	8,400
Hungría	400,000	52,000	4,000	40,000	7,000	300	440,000	59,000	4,300
Irlanda	1,940,000	252,000	19,400	194,000	18,100	1,300	2,134,000	270,100	20,700
Italia	1,300,000	169,000	13,000	130,000	14,700	1,100	1,430,000	183,700	14,100
Letonia	250,000	32,000	2,500	25,000	4,700	200	275,000	36,700	2,700
Lituania	250,000	33,000	2,500	25,000	5,000	200	275,000	38,000	2,700
Luxemburgo	2,120,000	276,000	21,200	212,000	87,700	700	2,332,000	363,700	21,900
Malta	910,000	119,000	9,100	91,000	8,800	400	1,001,000	127,800	9,500
Holanda	1,620,000	211,000	16,200	162,000	25,600	2,800	1,782,000	236,600	19,000
Noruega	2,630,000	342,000	26,300	263,000	64,000	2,800	2,893,000	406,000	29,100
Polonia	310,000	41,000	3,100	31,000	5,500	200	341,000	46,500	3,300
Portugal	730,000	95,000	7,300	73,000	12,400	100	803,000	107,400	7,400
Eslovaquia	280,000	36,000	2,800	28,000	6,100	200	308,000	42,100	3,000
Eslovenia	690,000	90,000	6,900	69,000	9,000	400	759,000	99,000	7,300
España	1,020,000	132,000	10,200	102,000	6,900	300	1,122,000	138,900	10,500
Suecia	1,700,000	220,000	17,000	170,000	53,300	2,700	1,870,000	273,300	19,700
Suiza	2,340,000	305,000	23,400	234,000	48,800	3,700	2,574,000	353,800	27,100
Reino Unido	1,650,000	215,000	16,500	165,000	20,100	2,100	1,815,000	235,100	18,600

Notas: el valor de la seguridad, per se, se basa en los valores de UNITE (ver Nellthorp et al., 2001): muerte, 1,5 millones de euros (precio de mercado de 1998 - 1,25 millones de euros al coste de los factores de 2002); herido grave / leve, el 13% y 1%, respectivamente, del coste de una muerte. Costes directos e indirectos, para una muerte el 10% del valor per se de la seguridad; heridos graves y leves se basan en datos de la Comisión Europea (1994). \* Transferencia de beneficios para valores de la UE 1,25 millones de euros basados en ratios del PIB per cápita (elasticidad de ingreso de 1,0). : HEATCO (2006 a)

tipos de vehículos. Se recomienda una asignación de costes basada en la responsabilidad de un accidente (principio de quién contamina, paga). Si estos datos no están disponibles para un determinado país, pueden usarse datos de de países similares.

- 4 Cálculo de costes medios: se basa en el coste total de un vehículo por modo, país y kilometraje. Si se dispone de datos desglosados, se puede estimar el coste medio para diversos tipos de infraestructura.

### 3.2.3 Valores de entrada

#### Valores inferiores a los reales

El número de muertes y heridos por accidentes de tráfico en las bases de datos y estadísticas oficiales no refleja el número total real de accidentes, muertos y heridos. Para algunos países, se dispone de estas cifras; sin embargo, a veces se basan en estimaciones más que en análisis a fondo.

En HEATCO se presentan los factores correctores promedio para Europa (HEATCO, 2005): Tabla 8.

Tabla 10. Valores unitarios de accidentes para diferentes tipos de red en céntimos de € / veh-km para usuarios de coches, de moto y de camión (€ de 2002)

	Vehículos de pasajeros			Motocicletas			Vehículos pesados		
	Vías urbanas	Autopistas	Otras	Vías urbanas	Autopistas	Otras	Vías urbanas	Autopistas	Otras
	€ ct / vehículo-km								
<b>Austria</b>	5.7 (-0.41-8.95)	0.41 (-0.68-0.68)	2.17 (-2.58-3.53)	49.92 (-2.58-119.64)	0.27 (-0.81-0.81)	7.46 (-17.4-21.16)	14.51 (-0.54-19.26)	0.41 (-0.41-0.41)	3.66 (-3.53-4.88)
<b>Belgica</b>	6.58 (-0.47-10.35)	0.47 (-0.78-0.78)	2.51 (-2.98-4.08)	48.43 (-2.98-138.25)	0.31 (-0.94-0.94)	8.62 (-17.4-24.45)	16.77 (-0.63-22.26)	0.47 (-0.47-0.47)	4.23 (-4.08-5.64)
<b>Bulgaria</b>	1.24 (-0.09-1.95)	0.09 (-0.15-0.15)	0.47 (-0.56-0.0)	9.11 (-0.56-26.01)	0.06 (-0.18-0.18)	1.62 (-3.27-4.6)	3.16 (-0.12-4.19)	0.09 (-0.09-0.09)	0.8 (-0.77-1.06)
<b>Suiza</b>	4.36 (-0.31-6.85)	0.31 (-0.52-0.52)	1.66 (-1.97-2.7)	32.05 (-1.97-91.48)	0.21 (-0.62-0.62)	5.7 (-11.51-16.18)	11.1 (-0.41-14.73)	0.31 (-0.31-0.31)	2.8 (-2.7-3.73)
<b>Chipre</b>	5.08 (-0.36-7.98)	0.36 (-0.6-0.6)	1.93 (-2.3-3.14)	37.35 (-2.3-106.62)	0.24 (-0.73-0.73)	6.65 (-13.42-18.86)	12.93 (-0.43-17.17)	0.36 (-0.36-0.36)	3.26 (-3.14-4.35)
<b>Rep. Checa</b>	3.33 (-0.24-5.23)	0.24 (-0.4-0.4)	1.27 (-1.51-2.06)	24.5 (-1.51-69.94)	0.16 (-0.48-0.48)	4.36 (-8.8-12.37)	8.48 (-0.32-11.26)	0.24 (-0.24-0.24)	2.14 (-2.06-2.85)
<b>Alemania</b>	4.12 (-0.29-6.47)	0.29 (-0.49-0.49)	1.57 (-1.86-2.55)	30.29 (-1.86-86.45)	0.2 (-0.59-0.59)	5.39 (-10.88-15.29)	10.49 (-0.39-13.92)	0.29 (-0.29-0.29)	2.65 (-2.55-3.53)
<b>Dinamarca</b>	4.44 (-0.32-6.97)	0.32 (-0.53-0.53)	1.69 (-2.01-2.75)	32.65 (-2.01-93.21)	0.21 (-0.63-0.63)	5.81 (-11.73-16.49)	11.31 (-0.42-15.01)	0.32 (-0.32-0.32)	2.85 (-2.75-3.8)
<b>Estonia</b>	3.24 (-0.23-5.09)	0.23 (-0.39-0.39)	1.23 (-1.47-2.01)	23.84 (-1.47-68.05)	0.15 (-0.46-0.46)	4.24 (-8.56-12.04)	8.26 (-0.31-10.96)	0.23 (-0.23-0.23)	2.08 (-2.01-2.78)
<b>España</b>	5.24 (-0.37-8.24)	0.37 (-0.62-0.62)	2 (-2.37-3.25)	38.57 (-2.37-110.08)	0.25 (-0.75-0.75)	6.86 (-13.85-19.47)	13.35 (-0.5-17.72)	0.37 (-0.37-0.37)	3.37 (-3.25-4.49)
<b>Finlandia</b>	3.43 (-0.25-5.4)	0.25 (-0.41-0.41)	1.31 (-1.55-2.13)	25.27 (-1.55-72.12)	0.16 (-0.49-0.49)	4.5 (-9.08-12.76)	8.75 (-0.33-11.61)	0.25 (-0.25-0.25)	2.21 (-2.13-2.94)
<b>Francia</b>	6.69 (-0.43-10.52)	0.48 (-0.8-0.8)	2.55 (-3.03-4.14)	49.25 (-3.03-140.56)	0.32 (-0.96-0.96)	8.0 (-17.69-24.86)	17.05 (-0.64-22.63)	0.48 (-0.48-0.48)	4.3 (-4.14-5.74)
<b>Grecia</b>	5.29 (-0.38-8.32)	0.38 (-0.63-0.63)	2.02 (-2.39-3.28)	38.94 (-2.39-111.14)	0.25 (-0.76-0.76)	6.93 (-13.99-19.66)	13.48 (-0.5-17.89)	0.38 (-0.38-0.38)	3.4 (-3.28-4.54)
<b>Hungría</b>	2.78 (-0.2-4.37)	0.2 (-0.33-0.33)	1.06 (-1.26-1.72)	20.44 (-1.26-58.36)	0.13 (-0.4-0.4)	3.64 (-7.34-10.32)	7.08 (-0.26-9.4)	0.2 (-0.2-0.2)	1.79 (-1.72-2.38)
<b>Irlanda</b>	6.2 (-0.44-9.74)	0.44 (-0.74-0.74)	2.36 (-2.8-3.84)	45.59 (-2.8-130.12)	0.3 (-0.89-0.89)	8.11 (-16.38-23.01)	15.79 (-0.59-20.95)	0.44 (-0.44-0.44)	3.98 (-3.84-5.31)
<b>Italia</b>	4.78 (-0.34-7.51)	0.34 (-0.57-0.57)	1.82 (-2.16-2.96)	35.17 (-2.16-100.39)	0.23 (-0.68-0.68)	6.26 (-12.63-17.76)	12.18 (-0.46-16.16)	0.34 (-0.34-0.34)	3.07 (-2.96-4.1)
<b>Lituania</b>	3.45 (-0.25-5.43)	0.25 (-0.41-0.41)	1.32 (-1.56-2.14)	25.4 (-1.56-72.51)	0.16 (-0.49-0.49)	4.52 (-9.13-12.83)	8.8 (-0.33-11.67)	0.25 (-0.25-0.25)	2.22 (-2.14-2.96)
<b>Luxemburgo</b>	10.81 (-0.77-16.99)	0.77 (-1.29-1.29)	4.12 (-4.89-6.69)	79.54 (-4.89-227.05)	0.51 (-1.54-1.54)	14.16 (-28.57-40.16)	27.54 (-1.03-36.55)	0.77 (-0.77-0.77)	6.95 (-6.69-9.27)
<b>Letonia</b>	3.49 (-0.25-5.49)	0.25 (-0.42-0.42)	1.33 (-1.58-2.16)	25.69 (-1.58-73.33)	0.17 (-0.5-0.5)	4.57 (-9.23-12.91)	8.9 (-0.33-11.8)	0.25 (-0.25-0.25)	2.24 (-2.16-2.99)
<b>Malta</b>	1.28 (-0.09-2.01)	0.09 (-0.15-0.15)	0.49 (-0.58-0.79)	9.4 (-0.58-26.84)	0.06 (-0.18-0.18)	1.67 (-3.38-4.75)	3.26 (-0.12-4.32)	0.09 (-0.09-0.09)	0.82 (-0.79-1.1)
<b>Holanda</b>	3.2 (-0.23-5.03)	0.23 (-0.38-0.38)	1.22 (-1.45-1.98)	23.56 (-1.45-67.25)	0.15 (-0.46-0.46)	4.19 (-8.46-11.89)	8.16 (-0.3-10.83)	0.23 (-0.23-0.23)	2.06 (-1.98-2.74)
<b>Noruega</b>	3.92 (-0.28-6.16)	0.28 (-0.47-0.47)	1.49 (-1.77-2.43)	28.85 (-1.77-82.34)	0.19 (-0.56-0.56)	5.13 (-10.36-14.56)	9.99 (-0.37-13.26)	0.28 (-0.28-0.28)	2.52 (-2.43-3.36)
<b>Polonia</b>	3.25 (-0.23-5.1)	0.23 (-0.39-0.39)	1.24 (-1.47-2.01)	23.89 (-1.47-68.19)	0.15 (-0.46-0.46)	4.25 (-8.58-12.06)	8.27 (-0.31-10.98)	0.23 (-0.23-0.23)	2.09 (-2.01-2.78)
<b>Portugal</b>	6.35 (-0.45-9.98)	0.45 (-0.76-0.76)	2.42 (-2.87-3.93)	46.73 (-2.87-133.4)	0.3 (-0.91-0.91)	8.32 (-16.79-23.59)	16.18 (-0.6-21.48)	0.45 (-0.45-0.45)	4.08 (-3.93-5.44)
<b>Rumanía</b>	1.14 (-0.08-1.8)	0.08 (-0.14-0.14)	0.44 (-0.52-0.71)	8.41 (-0.52-24.01)	0.05 (-0.16-0.16)	1.5 (-3.02-4.25)	2.91 (-0.11-3.87)	0.08 (-0.08-0.08)	0.74 (-0.71-0.98)
<b>Suecia</b>	2.68 (-0.19-4.21)	0.19 (-0.32-0.32)	1.02 (-1.21-1.66)	19.72 (-1.21-56.28)	0.13 (-0.38-0.38)	3.51 (-7.08-9.95)	6.83 (-0.26-9.06)	0.19 (-0.19-0.19)	1.72 (-1.66-2.3)
<b>Eslovenia</b>	4.45 (-0.32-6.99)	0.32 (-0.53-0.53)	1.69 (-2.01-2.75)	32.73 (-2.01-93.42)	0.21 (-0.64-0.64)	5.83 (-11.76-16.52)	11.33 (-0.42-15.04)	0.32 (-0.32-0.32)	2.86 (-2.75-3.81)
<b>Eslovaquia</b>	2.61 (-0.19-4.1)	0.19 (-0.31-0.31)	0.99 (-1.18-1.61)	19.19 (-1.18-54.78)	0.12 (-0.37-0.37)	3.42 (-6.89-9.69)	6.65 (-0.25-8.82)	0.19 (-0.19-0.19)	1.68 (-1.61-2.24)
<b>Reino Unido</b>	2.61 (-0.19-4.1)	0.19 (-0.31-0.31)	0.99 (-1.18-1.61)	19.19 (-1.18-54.77)	0.12 (-0.37-0.37)	3.42 (-6.89-9.69)	6.64 (-0.25-8.82)	0.19 (-0.19-0.19)	1.68 (-1.61-2.24)

### Valor de riesgo (Valor estadístico de una vida, VSL)

En el proyecto GRACE (GRACE, 2006b) se discuten los sesgos de las diferentes metodologías para estimar el valor de riesgo / (VSL=valor estadístico de una vida). Las estimaciones empíricas de VSL difieren diametralmente según estudios. Van desde un valor de menos 200.000 hasta 30.000.000 dólares USA. (De Blaeij, 2003). HEATCO hizo una encuesta de la actual práctica europea, el resultado del cual muestra en la Figura 6.

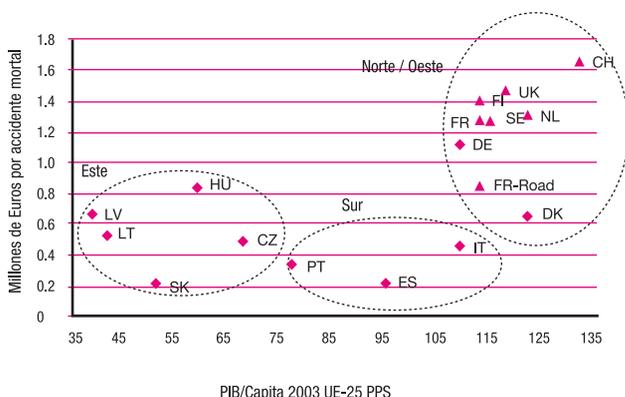


Figura 6. Valores de los accidentes mortales por el PIB per cápita (euros de 2002, PPS = poder adquisitivo estándar)

A fin de superar las enormes diferencias entre países, se ha elaborado un enfoque unificado sobre esta cuestión por medio de detallados estudios de investigación en la UE. En cuanto a las distintas estimaciones de los costes externos (UNITE, INFRAS / IWW), se ha utilizado un valor promedio de 1,5 millones de euros, con un intervalo entre 1 y 3 millones de euros, basados en diferentes métodos de valoración y rangos de incertidumbre. Este valor promedio se deriva del mejor estado de la cuestión y se aproxima más a la realidad que los antiguos datos usados en diferentes países. Por tanto, se recomienda utilizar un valor promedio por muerte de 1,5 millones € que debe ajustarse de acuerdo con el PIB per cápita y el PPP de cada país.

La base para la valoración del riesgo de accidentes de tráfico es el valor estadístico de una vida que es de 1,5 millones de euros, de acuerdo con el estudio de UNITE (2000a). Los valores de ries-

go para heridos graves y leves son, respectivamente, un 13% de VSL y un 1% de VSL.

Además de los valores del riesgo, se deben considerar otros costes económicos directos e indirectos, como costes médicos, pérdidas netas de producción, costes administrativos, etc. HEATCO (2006a) presenta la siguiente tabla 9 con los valores de riesgo, así como los valores para los costes directos e indirectos en 27 países.

### 3.2.4 Valores de salida

#### Transporte por Carretera

Debido a las diferentes pruebas realizadas y especificaciones, de red, modo, sistema de seguros y enfoque metodológico, se hace difícil conseguir una generalización y transferencia de los costes externos de accidentes. Las recomendaciones se basan en los estudios de caso realizados por UNITE (2002d); por las razones siguientes:

- UNITE y GRACE son los que han llevado a cabo los estudios más importantes a escala europea.
- Los estudios se basan en enfoques diferenciados 'abajo-arriba' usando los valores de entrada recomendados.
- La comparación entre diferentes estudios muestra que los casos estudiados por UNITE sobre las carreteras de Suiza son los más representativos y diferenciados. Además se ajusta a la gama de resultados del estudio de diferentes enfoques 'abajo-arriba' y 'arriba-abajo'.

La tabla 10 ofrece una visión general de los costes marginales para usuarios de automóvil, moto y camión en diferentes países según el tipo de red.

#### Otros modos

Es importante considerar que los sistemas de seguros para el transporte individual en carretera son diferentes de los sistemas de seguros de otros modos. Por lo general, esto supone unos costes de accidentalidad menores para modos diferentes de los de carretera.

**Para el transporte ferroviario** hay pocos estudios sobre sus costes marginales y medios de acci-



dentalidad. Los resultados obtenidos representan más bien el promedio que no los costes marginales, porque en el caso del transporte ferroviario no hay estudios disponibles sobre las elasticidades de riesgo. En INFRAS/IWW (2004a) los costes externos medios por accidentes en el transporte ferroviario se calculan en base a informaciones actualizadas de las estadísticas de UIC. El estudio del caso suizo en UNITE (2002d) ofrece también valores medios de los costes externos de accidentalidad para el transporte ferroviario. Los costes de accidentalidad que suceden cuando interviene un ferrocarril y otro modo de transporte se asignan sobre la base de una perspectiva de la causalidad, por lo que se atribuyen principalmente al transporte por carretera. Los costes medios externos de accidentalidad para el transporte ferroviario son entre 0,08-0,30 €/ren-km.

**Para el transporte aéreo** se recomienda usar los costes medios de INFRAS/IWW, 2004a. Los valores se convierten desde la unidad de €/veh-km a la unidad €/LTO (LTO=ciclo de aterrizaje-despegue) usando valores medios de veh-km de la base de datos de TRENDS y datos de OACI según el número de LTO. Se debe aplicar un ajuste de su valor de acuerdo con el PIB per capita. El PPP debe aplicarse para calcular los valores de cada país. Los valores para cada país oscilan entre 12 y 309 €/LTO.

## 3.3 El coste de contaminación del aire

### 3.3.1 Tipo de costes y principales factores explicativos

Los costes de contaminación del aire se deben a las emisiones a la atmósfera de contaminantes tales como partículas materiales (PM), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), dióxidos de azufre (SO<sub>2</sub>), y compuestos orgánicos volátiles (COV). Estas emisiones implican costes sobre la salud, daños materiales sobre los edificios, pérdidas de cultivos y daños adicionales sobre el ecosistema (la biosfera, el suelo y el agua). Los costes sobre la salud, causados principalmente por las emisiones de PM de los tubos de escape o por la transformación de otros contaminantes,

son, de largo, los principales responsables de estos costes. El estado de la investigación sobre ellos es mucho más avanzado que el de los costes, principalmente a partir de las estimaciones realizadas por el modelo de ExternE financiado por la UE a través de varios proyectos de investigación.

Los costes de la contaminación del aire no sólo son originados por el transporte, a través de las emisiones contaminantes a la atmósfera, sino también por otras fuentes, como la industria, la agricultura y el sector doméstico. Especialmente en el caso de los enfoques 'arriba-abajo' (ver más abajo), la aportación debida al transporte se debe estimar o modelizar en relación con la concentración total de contaminantes.

La contaminación del aire debida al transporte supone daños sobre los seres humanos, la biosfera, el suelo, el agua, los edificios y los materiales. Los contaminantes más importantes son los siguientes:

- Partículas en suspensión: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> (el valor subíndice indica el diámetro en micras de la partícula).
- Óxidos de nitrógeno, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>
- Óxidos de azufre, SO<sub>2</sub>.
- Ozono, O<sub>3</sub>
- Compuestos orgánicos volátiles, COV.

Los estudios sobre los costes de la contaminación del aire, en general, cubren las categorías siguientes de impacto:

- **Gastos sobre la salud.** Impactos sobre la salud humana debido a la aspiración de partículas finas, PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> y otros contaminantes del aire. Las partículas de las emisiones de los tubos de escape se consideran el contaminante más importante. Además, el ozono (O<sub>3</sub>) tiene efectos significativos sobre la salud humana.
- **Edificios y daños materiales.** Impactos sobre los edificios y bienes materiales de los contaminantes del aire. Principalmente hay dos efectos importantes: la suciedad de las superficies de los edificios / fachadas, sobre todo por partículas y el polvo. El segundo impacto, más importante en fachadas y bienes materiales, es la degradación a través de procesos de corrosión debido a contaminantes atmosféricos como los NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>.



Figura7: aproximación al impacto y la cuantificación de los costes externos marginales causados por contaminación ruido

- **Las pérdidas de cosechas en la agricultura** y los impactos sobre la biosfera. Las cosechas, bosques y otros ecosistemas están afectados por la deposición ácida de óxidos de nitrógeno y SO<sub>2</sub>, y por la exposición al ozono.
- **Efectos sobre la biodiversidad y los ecosistemas** (suelo y aguas superficiales y subterráneas). Los impactos sobre suelos y aguas subterráneas son causados principalmente por procesos de eutrofización y acidificación, debido a la deposición de óxidos de nitrógeno, así como por la contaminación de metales pesados (debido al desgaste de neumáticos).

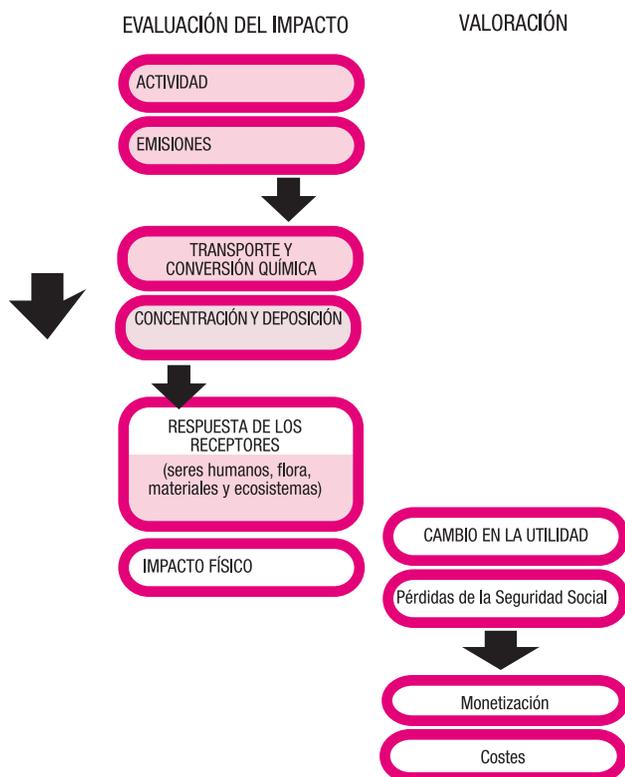
El factor explicativo clave de los costes de contaminación, para la mayor parte de contaminantes y en todos los modos, lo constituye la densidad de contaminación de la fuente emisora que se encuentra cerca de la población expuesta a esos contaminantes emitidos por el sector transporte.

Para el **transporte por carretera** los factores explicativos más importantes son las emisiones estándares de los vehículos que, a su vez, en parte dependen de la su antigüedad. Las emisiones de un vehículo de carretera dependen a la vez de su velocidad, tipo de combustible, tecnología de combustión y nivel de purificación de los gases de escape, factor de carga, tamaño, estilo de conducción y la situación geográfica de la carretera.

En el **transporte ferroviario**, la velocidad del vehículo, el tipo de combustible, los factores de carga, el mix utilizado en la generación de la electricidad usada en la tracción, así como el emplazamiento geográfico de las plantas generadoras de esa energía, son sus factores explicativos clave de costes.

En el **transporte aéreo**, el tipo de motor y su modo de funcionamiento son los principales factores explicativos de su sistema de costes. En cuanto a la **navegación interior y marítima**, los factores explicativos más importantes de su sistema de costes son el tipo de motor, el tipo de embarcación, la calidad del combustible, el modo de operación y, en el caso de las vías navegables interiores, la dirección del transporte (aguas arriba / aguas abajo).

3. En el Manual, los procesos arriba y abajo se tratan como un coste externo específico

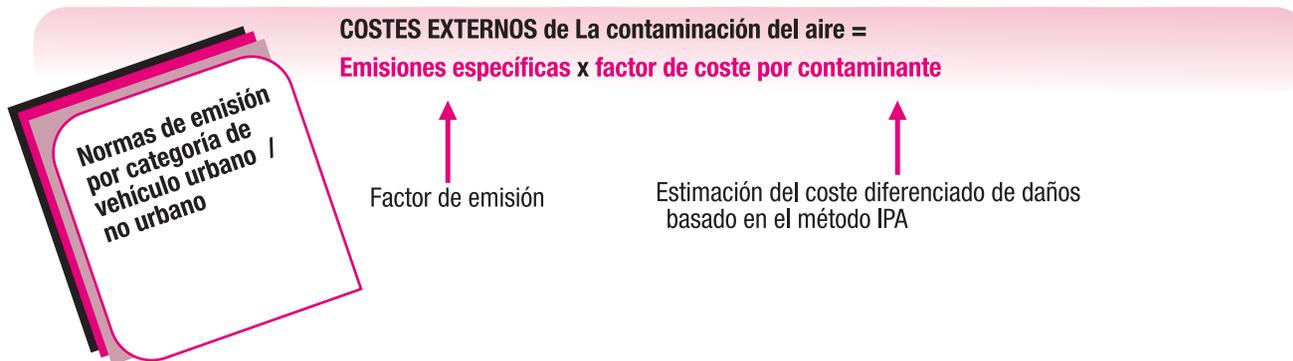


### 3.3.2 Enfoque general: Visión general de los pasos

El coste de la contaminación del aire es el principal componente de los costes externos. Un considerable número de estudios sobre sus costes marginales y medios han sido llevados a cabo. En el marco de los proyectos europeos de investigación, los estudios del proyecto ExternE y CAFE CBA quizá son los más destacados.

Cada paso necesita ser provisto con sus datos de entrada:

- **Flujos de transporte.** Los datos requeridos varían desde modelos de tráfico para una/s ruta/s o corredor/es específicos, hasta datos con un determinado nivel de agregación para una unidad geográfica dada, de país, región, etc. Se necesita siempre desagregar por tecnología de vehículos. Los requisitos son menos exigentes para el análisis específico de un solo vehículo en un determinado recorrido.
- **Emisiones:** se necesita conocer los factores de emisión para cada tipo diferente de tecnología de vehículo, tren, avión o barco incluyendo los factores de emisión en los principales procesos<sup>3</sup> arriba y abajo. Para modelizar la trans-



formación química de los contaminantes en la atmósfera, son necesarias bases de datos de todas las fuentes de emisión para las diferentes escalas espaciales.

- **Valoración monetaria.** Finalmente, se necesita la disponibilidad de WTP/WTA, los datos de costes por daños y los costes de restauración/reparación.

- Las concentraciones y los impactos: además de los flujos de transporte y emisiones, se requieren datos relativos a dos áreas principales:

- I) los datos de los receptores de la contaminación, tales como coordenadas geográficas, densidad de población y otras informaciones geomorfológicas, como el patrón de construcción en el medio, superficies construidas, etc,
- II) los datos meteorológicos, principalmente la dirección y velocidad del viento. Los impactos se derivan de las funciones de exposición o de dosis-respuesta, el conocimiento

de las cuales constituye una condición necesaria.

- **La valoración monetaria**, por último, se requiere la disponibilidad de datos sobre WTP/WTA, costes de los daños y datos sobre los costes de restauración o reparación.

### 3.3.3 Valores de entrada<sup>4</sup>

#### Aumento de la mortalidad y la morbilidad

Basándose en las investigaciones más recientes de ExternE (NewExt, 2004; ExternE, 2005, los resultados de NEEDS aparecerán pronto), para un año de vida perdido se recomiendan valores entre 50.000€(efectos crónicos) y 75.000€(efectos agudos). Estos valores corresponden a un VSL=valor estadístico de una vida de alrededor de 1 millón de euros.

Las principales razones entre la diferencia de los VSL debidos a salud y las estimaciones de costes de accidentalidad se explican por los diseños de investigación sobre el WTP y el hecho de que la

Tabla 12. Resumen de la valoración de daños sobre la salud, a precios de mercado, para CAFE CBA (CAFE 2005b)

Mortalidad	€ basado en valores medios		€ basado en los valores principales
Mortalidad infantil	1.500.000 / muerte		4.000.000 / muerte
Valor estadístico de la vida	980.000 / muerte		2.000.000 / muerte
Valor de un año de vida	52.000 / año		120.000 / año
Morbilidad	baja €	media €	alta €
Bronquitis crónica	120.000 / caso	190.000 / caso	250.000 / caso
Ingreso por parada respiratoria		2.000 / ingreso	
Consultas de atención primaria		52 / consulta	
Actividad restringida (en cama)		130 días	
Actividad restringida (ajustada)		83 días	
Días de actividad laboral restringida		38 días	
Días de medicación respiratoria		1 día	
Días con síntomas		38 días	

Observación: Para daños inducidos por ozono se presentan valores de coste similares en el CAFE CBA

4. Para una descripción detallada de CAFE CBA, HEATCO y ExternE ver el Anexo 2 del Manual





percepción del riesgo en accidentes (muerte súbita) es diferente a la de la contaminación atmosférica cuando se relaciona con riesgos de mortalidad a largo plazo (pérdida de años de vida). Por otra parte, y tal vez un argumento más importante, el número de años de vida perdidos difiere considerablemente en ambos casos.

### 3.3.4 Valores de salida

#### Las fuentes básicas

A partir del enfoque de la vía de impacto se puede calcular el coste unitario por tonelada de contaminante emitida a la atmósfera. Los costes más importantes son los de PM2.5 y NOx.

#### Resultados en € / vehículo-km

Los costes de la contaminación del aire se cuantifican a partir de los valores por tonelada de contaminante emitido. Los valores definidos para la tasa unitaria de coste por vehículo-km, tren-km y LTO (ciclo de aterrizaje-despegue) en el caso de la aviación, categoría de vehículo y país, representan así un valor de salida en la etapa de modelización.

Las siguientes tablas presentan los valores del coste por vehículo-km y están basadas en ejemplos de diferentes tipos de vehículos (base de valoración, la de Alemania). Los datos de emisiones representan los valores promedio de las emisiones de Alemania para cada categoría de vehículo, y se basan en los valores promedio del modelo TREMOVE. En cada categoría de vehículo (por ejemplo, coches de gasolina de 1,4 a 2 l) los valores son representativos de las emisiones medias europeas en la respectiva categoría. Para el ferrocarril y vías navegables interiores se han usado los factores de emisión de Alemania de la base de datos TREMOVE.

Los costes de transporte por carretera de coches y camiones se presentan diferenciados según tamaño de vehículos, categoría de emisiones (nor-

ma EURO) y tipo de red. Los costes de transporte por ferrocarril se diferencian entre transporte de viajeros y de mercancías, tipo de tracción y tipo de red. En el caso de los valores del transporte fluvial se usan los de un buque promedio.

Los valores representan diferentes factores de emisión para diversos tipos de emisión y diferentes situaciones de tráfico. Los valores CAFE CBA se usan para valorar los contaminantes NOx, CO-VNM y SO2. Para las emisiones de PM2.5/PM10 se usan los valores de HEATCO. Los valores representan los valores medios del valor de un año de vida (VOLY) en relación con sus efectos sobre la mortalidad.

Además, se debe considerar el ciclo del combustible. A parte de las emisiones directas generadas en el uso de la infraestructura (directamente en la fuente de transporte), aparecen daños adicionales por contaminantes del aire en el proceso anterior a la combustión. Son las emisiones del ciclo denominado well to tank, del pozo a la estación de servicio. Las tablas siguientes sólo muestran los costes directos. Los costes indirectos forman parte de los denominados costes de los procesos de flujo 'arriba-abajo' y se muestran en el capítulo 3.6.4. Una excepción la constituye la electricidad de ferrocarril en la que los costes directos -a través de motores diesel- y los indirectos -por tracción eléctrica- se muestran en la Tabla 16 del Manual.

#### El transporte por carretera

La tabla siguiente presenta los valores de los costes marginales por contaminación del aire para turismos y vehículos pesados. *Tabla 15.*

Las emisiones de contaminantes atmosféricos también varían considerablemente en función de la velocidad media de circulación.

La imagen siguiente muestra las emisiones de NOx de un automóvil con motor Diesel según su velocidad media. Dependiendo de la velocidad, las emisiones totales de NOx pueden variar en más de un factor de 2.



Tabla 15. Costes de contaminación del aire en céntimos de euro/ Veh-km (€ de 2000) para turismos y vehículos pesados. (Ejemplo: para Alemania se usan emisiones del modelo TREMOVE, coste de los factores HEATCO y CAFÉ CBA para Alemania). Precios referenciados a 2000.

Vehículo	Tamaño	EuroClass	Vía metropolitana	Vía urbana	Vía Interurbana	Autopistas	Media	
			€ ct / vehículo-km					
<b>Gasolina</b> <b>Vehículo de pasajeros</b>	<1,4 L	EURO-0	5,90	2,30	1,70	1,90	2,00	
		EURO-1	1,70	1,40	0,60	0,8	0,90	
		EURO-2	0,90	0,60	0,30	0,40	0,40	
		EURO-3	0,30	0,20	0,10	0,10	0,10	
		EURO-4	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10	
		EURO-5	0,30	0,10	0,10	0,00	0,10	
	<1,4-2 L	EURO-0	5,10	1,80	1,40	1,60	1,60	
		EURO-1	1,70	1,50	0,60	0,80	0,90	
		EURO-2	0,90	0,60	0,30	0,40	0,40	
		EURO-3	0,30	0,20	0,10	0,10	0,10	
		EURO-4	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10	
		EURO-5	0,30	0,10	0,10	0,00	0,10	
	>2L	EURO-1	1,40	1,20	0,60	0,80	0,80	
		EURO-2	0,80	0,60	0,30	0,40	0,40	
		EURO-3	0,30	0,20	0,10	0,10	0,10	
		EURO-4	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	
		EURO-5	0,20	0,10	0,10	0,00	0,10	
		EURO-0	4,00	1,80	0,80	0,90	1,10	
<b>Diesel</b> <b>Vehículo de pasajeros</b>	<1,4 L	EURO-3	3,10	1,50	0,90	1,00	1,10	
		EURO-4	1,70	0,80	0,50	0,50	0,60	
		EURO-5	0,70	0,40	0,30	0,30	0,40	
		EURO-0	13,80	4,80	1,40	1,50	2,40	
	<1,4-2 L	EURO-1	4,80	2,00	1,00	1,30	1,40	
		EURO-2	4,00	1,80	0,80	0,90	1,10	
		EURO-3	3,10	1,50	0,90	1,00	1,10	
		EURO-4	1,70	0,80	0,50	0,50	0,60	
		EURO-5	0,70	0,40	0,30	0,30	0,40	
		EURO-0	14,10	5,10	1,70	1,80	2,70	
	>2L	EURO-1	4,80	2,00	1,00	1,30	1,40	
		EURO-2	4,00	1,80	0,80	0,90	1,10	
		EURO-3	3,10	1,50	0,90	1,00	1,10	
		EURO-4	1,70	0,80	0,50	0,50	0,60	
		EURO-5	0,70	0,40	0,30	0,30	0,40	
		EURO-0	20,10	11,30	9,10	9,00	9,11	
	<b>Camiones</b>	7.5t	EURO-1	12,00	6,70	5,40	5,30	5,40
			EURO-2	8,10	5,60	5,00	5,00	5,00
EURO-3			7,50	4,80	4,00	3,90	4,00	
EURO-4			3,20	2,50	2,30	2,30	2,30	
EURO-5			2,30	1,60	1,40	1,40	1,40	
EURO-0			28,20	15,70	11,90	11,10	11,60	
7.5-16t		EURO-1	18,40	10,60	8,10	7,60	7,90	
		EURO-2	12,40	8,50	7,20	6,90	7,10	
		EURO-3	7,50	4,80	4,00	3,90	4,00	
		EURO-4	3,20	2,50	2,30	2,30	2,30	
		EURO-5	2,30	1,60	1,40	1,40	1,40	
		EURO-0	28,20	15,70	11,90	11,10	11,60	
16-32t		EURO-1	18,40	10,60	8,10	7,60	7,90	
		EURO-2	12,40	8,50	7,20	6,90	7,10	
		EURO-3	10,20	7,20	6,00	5,50	5,80	
		EURO-4	5,30	4,10	3,50	3,30	3,40	
		EURO-5	3,80	2,70	2,20	2,00	2,10	
		EURO-0	38,30	22,30	16,80	14,90	15,30	
>32t	EURO-1	28,1	16,10	12,00	10,60	10,90		
	EURO-2	18,90	13,20	10,70	9,60	9,80		
	EURO-3	14,60	10,60	8,50	7,60	7,70		
	EURO-4	7,40	6,10	5,10	4,50	4,60		
	EURO-5	5,20	3,80	3,10	2,80	2,80		
	EURO-0	38,30	22,30	16,80	14,90	15,30		

Fuente: Tremove Base Case (Versión modelo 2.4.1) . Nota: Metropoli > 500.000 personas. Urbe <500.000 hab.

Tabla 16. Costes de la contaminación del aire en céntimos de €/tren-km de pasajeros y mercancías. (En el ejemplo de Alemania, se usan los factores de coste de Alemania de HEATCO y CAFE CBA).

			Áreas metropolitanas			Áreas urbanas			Áreas no urbanas		
			Emisiones indirectas	Emisiones directas	Total	Emisiones indirectas	Emisiones directas	Total	Emisiones indirectas	Emisiones directas	Total
			€ ct / tren-km								
<b>Pasajeros</b>	Eléctrico	Locomotora	4,90	0,00	4,90	4,90	0,00	4,90	4,90	0,00	4,90
		Vagones	7,60	0,00	7,60	7,70	0,00	7,70			
		Alta velocidad							9,20	0,00	9,20
	Diesel	Locomotora	8,70	204,70	213,30	8,70	108,80	117,50	8,70	90,70	99,40
		Vagones	11,50	271,00	282,4	11,50	144,80	156,40			
<b>Carga</b>	Eléctrico	Locomotora	13,70	0,00	13,70	13,70	0,00	13,70	13,70	0,00	13,70
		Diesel	29,2	690,00	719,20	29,20	366,80	396,00	29,20	305,80	335,00

Fuente de los factores de emisión: TREMOVE, caso base (modelo de la versión 2.4.1). Notas:

- 1) Las emisiones directas no incluyen las emisiones de los procesos de abrasión y por tanto sólo se aplican a la tracción diesel. Las emisiones indirectas están causadas por la producción de electricidad para la tracción eléctrica y la producción de combustible y su transporte en el caso de tracción diesel.
- 2) Área metropolitana: ciudades con > 0,5 millones de habitantes; otras urbanas, ciudades con < 0,5 millones de habitantes.
- 3) Los valores de los trenes de mercancías en área metropolitana y otras áreas urbanas se basan en estimaciones del ratio 'metropolitano / no urbano' y 'otros urbanos / no urbanos' en el caso de trenes de viajeros (con tracción eléctrica y a diesel). Los valores de los trenes de mercancías en áreas metropolitanas y urbanas no están incluidos en la base de datos TREMOVE.

### El transporte ferroviario

Los costes de la contaminación del aire para el caso de los ferrocarriles se diferencian según el tipo de tracción y las emisiones directas e indirectas. Los valores de los costes unitarios se basan en los resultados del modelo TREMOVE. **Tabla 16.**

### Vías navegables

Los valores unitarios de coste en el caso de barcos en navegación interior se diferencian según el peso.

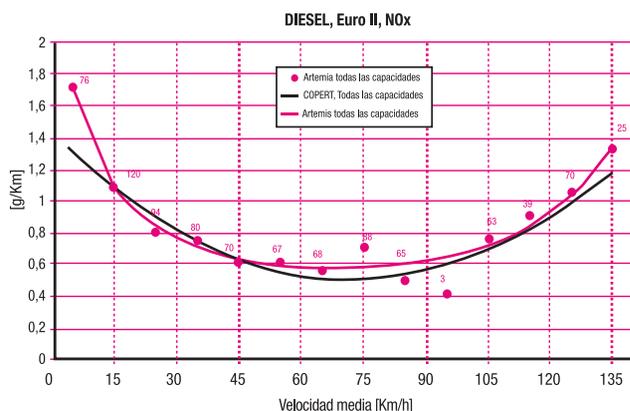


Figura 8. Los factores de emisión de NOx, de un turismo convencional dotado de un motor de la clase EURO 2.

Fuente: COPERT 4, Metodología y software actualizados.

Tabla 17. Costes de la contaminación del aire en €/barco-km en la navegación interior (Alemania como ejemplo; se han usado los factores de coste de HEATCO y CAFE CABA)

Tipo de embarcación	Emisiones directas
€/barco-km	
Mercancías <250 ton	0.89
Mercancías 250-400 ton	0.89
Mercancías 400-650 ton	1.22
Mercancías 650-1,000 ton	1.86
Mercancías 1,000-1,500 ton	2.54
Mercancías 1 500-3 000 ton	4.63
Mercancías > 3 000 ton	4.63
Remolque <250 ton	6.05
Remolque 250-400 ton	6.05
Remolque 400-650 ton	6.06
Remolque 650-1000 ton	6.04
Remolque 1 000-1 500 ton	6.05
Remolque 1,500-3,000 ton	6.05
Remolque > 3,000 ton	12.60
Cisterna <250 ton	0.89
Cisterna 250-400 ton	0.90
Cisterna 400-650 ton	1.22
Cisterna 650-1,000 ton	1.86
Cisterna 1,000-1,500 ton	2.54
Cisterna 1,500-3,000 ton	7.28
Cisterna > 3,000 ton	7.28

Fuente: TREMOVE, caso base (modelo de la versión 2.4.1)

Tabla 18. Costes de la contaminación del aire del transporte aéreo en céntimos de €/ viajero-km y €/ ciclo de aterrizaje-despegue (LTO), respectivamente. (Ejemplo de Alemania, se usan los factores de coste de Alemania de HEATCO y CAFE CBA).

Distancia de vuelo	Emisiones directas	
	€ ct /pkm	€ LTO
< 500 km	0,21	45
500 -1.000 km	0,12	70
1.000 -1.500 km	0,08	117
1.500 -2.000 km	0,06	138
> 2.000 km	0,03	300

Fuente de los factores de emisión: TREMOVE, caso base (modelo de la versión 2.4.1).

### Transporte Aéreo

Para el transporte aéreo los valores unitarios de los costes debidos a la contaminación del aire han sido estimados a partir del modelo TREMOVE. Los valores para el transporte aéreo se proporcionan en céntimos de €/ viajero-km para aeronaves, según diferentes distancias. Se supone que las emisiones se producen fuera de las zonas urbanas. Se han deducido los factores de carga medios y los costes de vuelo promedio en euros por ciclo de aterrizaje-despegue (LTO). Hay que tener en cuenta que las principales emisiones contaminantes, en relación con la cuestión de la calidad del aire en la aviación, se limitan a las producidas en la fase del ciclo de aterrizaje-despegue (LTO).

## 3.4 Costes de ruido

### 3.4.1 Tipo de costes y principales factores explicativos

Los costes derivados del ruido se componen de los costes debidos a las molestias y los daños que se ocasionan sobre la salud. Los costes por las molestias suelen basarse en las preferencias de los individuos (por métodos de preferencia declarados o revelados), mientras que los costes sobre la salud (especialmente debido al incremento del riesgo de ataques al corazón) se basan en valores de dosis de respuesta. Dado que los costes marginales del ruido disminuyen con el aumento del tráfico, la definición y medición de estos costes es muy importante y necesitan una buena diferenciación.

El ruido puede definirse como el sonido no deseado o como aquel sonido de duración, intensidad o calidad tal que cause daño físico o psicológico sobre los seres humanos. En general, se pueden distinguir entre dos tipos de impactos negativos debidos al ruido generado por el transporte:

- **Costes por molestias:** el ruido generado por el transporte supone unas alteraciones sociales que se traducen en costes sociales y económicos como restricciones en el disfrute de actividades de ocio, molestias o inconvenientes (sufrimiento, dolor), etc.
- **Costes sobre la salud:** el ruido de transporte pueden causar también daños físicos sobre la salud. El daño auditivo se puede dar con niveles de ruido superiores a 85 dB (A), mientras que niveles más bajos de ruido, aunque por encima de 60 dB (A), pueden dar lugar a reacciones de estrés nervioso, tales como el cambio de la frecuencia cardiaca, aumento de la presión arterial y cambios hormonales. Además, la exposición al ruido aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Finalmente, el ruido de transporte puede suponer una disminución de la calidad subjetiva del sueño. Para estimar efectos en la salud se recomiendan valores por defecto de acuerdo con las guías de la OMS sobre impacto del ruido en enfermedades<sup>5</sup>. Además, se recomienda tener en cuenta a grupos vulnerables, como niños y ancianos. Los efectos negativos del ruido sobre la salud humana suponen diferente tipo de costes; gastos médicos, pérdidas de productividad y costes por aumento de mortalidad.

Puede suponerse que estos dos efectos son independientes; es decir, el riesgo potencial para la salud a largo plazo no se tiene en cuenta en las molestias por el ruido que la gente percibe.

5. Estaba previsto publicar el informe en diciembre de 2008.

En el caso del transporte aéreo existe un impacto negativo adicional debido a un tipo de ruido que puede ser identificado. En muchos casos los gobiernos establecen “cordones sanitarios” en torno a fuentes importantes de ruido como aeropuertos. En estos cordones sanitarios el desarrollo urbanístico está restringido; por ejemplo, es posible que no se permita la construcción de nuevas viviendas. Esto supone una restricción urbanística dentro del perímetro de limitación cuando se compara con la situación que existiría si no se produjese ruido y también, indirectamente, una limitación de las opciones en otros lugares, lo cual conduce a pérdidas de bienestar. Estos costes están sólo en parte relacionados con el movimiento de las aeronaves. Otros aspectos, como los el valor del suelo y la construcción de pistas para futuros vuelos, influyen en estos costes. En estas cuestiones las compañías aéreas no tienen ninguna influencia. Por tanto, las estrategias eficaces de internalización deben tener en cuenta también a otros actores, por ejemplo, el control del tráfico aéreo o las instituciones de ordenación territorial.

El índice de medida básico de medición de ruido es el decibelio (dB). Esta unidad tiene una escala logarítmica, reflejando así la forma logarítmica en la que el oído humano responde a una presión sonora. Dado que el oído humano es más sensible a algunas frecuencias que a otras, se aplica una ponderación de la frecuencia en las mediciones y cálculos. La ponderación más común de la frecuencia es la que se conoce como “ponderación”, de ahí el uso de dB(A).

La naturaleza logarítmica de ruido también se refleja en la relación entre el ruido e intensidad de tráfico. Si se reduce a la mitad o se dobla la intensidad de tráfico, el nivel de ruido cambiará en 3 dB, independientemente del flujo existente. Esto significa que un aumento del volumen de tráfico de 50 a 100 vehículos por hora tendrá como resultado el mismo aumento en el nivel de ruido en términos relativos, 3 dB, que si hubiese doblado el volumen del tráfico, de 500 a 1.000 vehículos por hora.

Debido a la naturaleza logarítmica de la relación entre el ruido y la intensidad del tráfico, los costes marginales del ruido son extremadamente sensibles a los flujos de tráfico o, de forma más general, al ruido de fondo existente. Los costes marginales del ruido se definen como los costes adicionales del ruido causados cuando se añade un vehículo al flujo de tráfico existente. Si los niveles de tráfico existentes ya son altos, la adición de un vehículo se traducirá en un incremento inapreciable en el nivel de ruido existente. Debido a esta disminución de la función de costes los costes marginales del ruido puede ser inferiores a los costes medios cuando se dan intensidades de tráfico entre medias y altas. Por otra parte, en el transporte por carretera y en el tráfico aéreo en algunos casos pueden superar los costes medios ya que el tráfico atraviesa con frecuencia zonas densamente pobladas y la oscilación de cargas de tráfico a lo largo del día varía considerablemente entre modos. Lo mismo puede decirse de los aeropuertos, en los que las rutas de acceso aéreas podrían estar directamente sobre zonas con viviendas.

Para estimar los valores del coste del ruido se necesita saber el número de personas expuestas. Los valores de la población expuesta no están aún disponibles en muchos países europeos. Sin embargo, la situación cambiará con la introducción de los mapas estratégicos de ruido en los términos establecidos por la Directiva 2002/49/CE. Estos mapas deben proporcionar datos sobre la exposición al ruido (número de personas por intervalo de nivel de ruido) en las aglomeraciones de más de 100.000 habitantes, las carreteras con más de 3 millones de vehículos al año, los ferrocarriles con más de 30.000 trenes al año y los aeropuertos con más de 50.000 movimientos anuales.

El coste marginal del ruido debido al tráfico marítimo y el transporte fluvial se supone insignificante, porque los factores de emisión son comparativamente bajos y la mayor parte de actividades suceden fuera de zonas densamente pobladas. Por esa razón, el coste del ruido de la navegación no se ha tenido en cuenta.



### Factores explicativos clave

Pueden distinguirse tres factores explicativos clave en el caso del coste del ruido:

- La hora del día. Las molestias nocturnas por ruido dan lugar a costes marginales superiores a los que se dan en otros momentos del día. Esta es la razón por la que la Directiva 2002/45/CE sobre el ruido ambiental obliga a que los Estados miembros, entre otros requerimientos, a realizar un mapa de ruido ambiental mediante la  $L_{den}$  métrica (CE, 2002c). Este indicador utiliza una medida de ruido ponderado para tener en cuenta el impacto según el momento del día. Comparado con el ruido durante las horas de luz solar, el ruido se pondera con 5 dB(A) cuando oscurece y con 10 dB(A) cuando anochece.
- Densidad de posibles receptores de ruido cerca de la fuente de emisión. Este factor explicativo da una indicación de la población expuesta al ruido. Hablando en términos generales, cuanto más cercano se está a una fuente sonora, más ruido hay, y mayores serán los costes marginales. Por ejemplo, la salida de una aeronave desde un aeropuerto en una zona densamente poblada causará en general costes marginales superiores a los que el despegue de la misma aeronave provocaría en un aeropuerto que estuviera situado en una zona más rural. La situación y distancia de las personas expuestas a las emisiones de ruido está relacionada con la densidad de receptores.
- Los niveles de ruido existentes (dependiendo de la intensidad del tráfico, su composición y la velocidad). A lo largo de una carretera con mucho tráfico, el coste marginal del ruido que provoca un vehículo adicional es pequeño en comparación con el que produciría en una carretera rural. Cuanto mayor sea el nivel de ruido de fondo existente, menor será el coste marginal de vehículos adicionales. Además de estos factores explicativos generales, hay también algunos costes explicativos para algunos modos específicos.

### Carretera

En el transporte por carretera, el ruido que se emite está principalmente compuesto por el sonido del sistema de tracción y por el de rodadura. La relación de ambas fuentes depende de la velocidad del vehículo. Además de la velocidad del vehículo, hay otros importantes factores explicativos de los costes, como el tipo de vehículo (por ejemplo, porcentaje de camiones sobre el total del flujo), el tipo de neumáticos y el estado de mantenimiento del vehículo. Estrechamente relacionado con estos costes aparecen también factores como la edad del vehículo, la pendiente de la carretera y el tipo de superficie, incluyendo la presencia de barreras anti-sónicas. En zonas urbanas el comportamiento de los conductores, como la aceleración, es también un importante factor explicativo de los costes.

### Ferrocarril

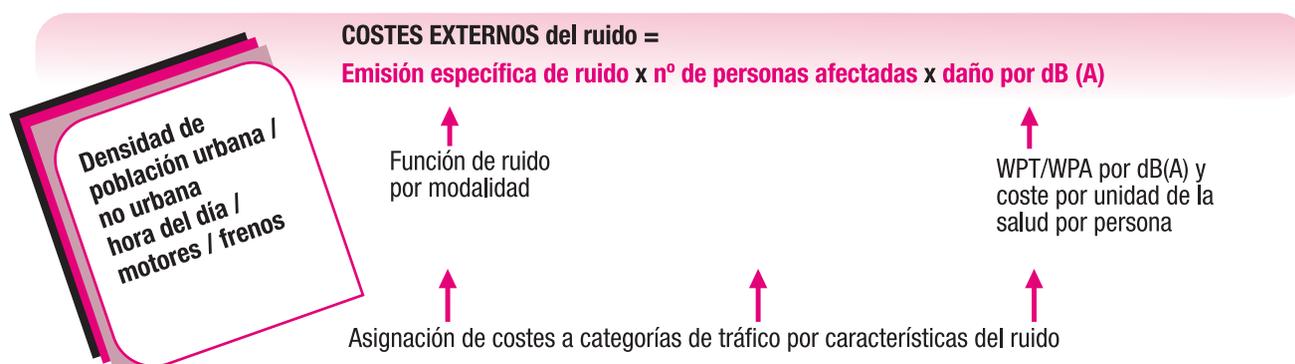
El factor dominante en las emisiones sonoras del ferrocarril lo constituye la superficie de rodadura de la rueda de acero sobre la vía de acero (CE, 2003). Estas emisiones sonoras dependen de la velocidad del tren, del tipo de vagón/coche, de las condiciones de la superficie de la rueda y el carril, y del tipo de vía, incluyendo el nivel de mantenimiento. Estrechamente relacionado con éstos aparecen también otros factores explicativos de coste como el tipo de frenos, la longitud del tren y la presencia de barreras anti-sónicas. Especialmente, el tipo de freno tiene un impacto significativo en los costes de ruido. Por ejemplo, Andersson y Ögren de 2007 demuestran que en el caso de los vagones de mercancías, el cambio de zapatas de hierro a bloques de composite disminuye los niveles de ruido en 8 dB. En este sentido, el ruido de los trenes de mercancías, especialmente durante la noche, es mucho más importante.

### Aviación

Las emisiones de ruido de los aviones en su mayor parte se producen durante el aterrizaje y despegue (LTO). Así, los niveles sónicos en el despegue y aterrizaje de un avión, son indicadores importantes de los costes del ruido. Otros importantes factores de coste en la aviación son la clasificación del ruido según el tipo de aeronave y el tipo de motor.



### 3.4.2 Enfoque general: visión general de los pasos



### 3.4.3 Valores de entrada

Para valorar los inconvenientes debidos al ruido del tráfico, se recomienda utilizar un valor anual de la disposición a pagar (WTP) igual al 0,09% - 0,11% de la renta per capita por dB, lo cual está en consonancia con el intervalo de valores de WTP que Navrud recomendó a la UE en 2002 (Navrud, 2002). Aunque desde un punto de vista teórico los valores de WTP obtenidos para diferentes niveles de molestias son preferibles a los valores de WTP por dB, hay pocos estudios que ofrezcan datos promedio fiables para Europa. HEATCO, 2006c ofrece esos datos, pero no está todavía claro el nivel de fiabilidad de estos valores (véase el anexo E del Manual).

Se recomienda un valor de 50.000 - 75.000 € para un año perdido de vida, lo cual se corresponde con las investigaciones más recientes de ExternE (NewExt, 2004 y 2005, adoptado también por UBA, 2006). Estos valores corresponden a un valor estadístico de una vida (VSL) de alrededor de 1.000.000.

Por último, hay un alto nivel de acuerdo sobre los valores de los costes médicos. Los valores del estado actual presentados en estudios como UNITE, 2003b, UBA, 2006a + b y RECORDIT, 2001 son casi iguales. En la tabla 19 se ofrecen los valores proporcionados por UNITE, 2003b (basados en ExternE).

Tabla 19. Valores monetarios de los efectos debidos al ruido (€ 2000).

<b>Infarto de Miocardio no mortal, 8 días de hospitalización, 24 días en casa</b>	
Costes médicos	4.700
Costes de absentismo laboral	2.800
WTP	15.000
<b>Total por caso</b>	<b>22.500</b>
<b>Angina de pecho severa no mortal, 5 días de hospitalización, 15 días en casa</b>	
Costes médicos	2.950
Costes de absentismo laboral	1-750
WTP	9.400
<b>Total por caso</b>	<b>14.100</b>
<b>hipertensión Tratamiento hospitalario, 6 días de hospitalización y 12 días en casa</b>	
Costes médicos	1.800
Costes de absentismo laboral	1.575
WTP	550
<b>Total por caso</b>	<b>3.925</b>
Costes médicos anuales debidos a trastornos del sueño	<b>200</b>

Nota : Corregidos por el PIB per capita desarrollado por CE Delft (PIB percapita en PPP índice de precios a partir de <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>) Fuente: UNITE (2003b)

### 3.4.4 Valores de salida

#### Los costes medios del ruido por persona por dB(A)

Para los costes medios del ruido por persona, dB (A) y año, se recomiendan los valores del estado de la cuestión proporcionado por HEATCO (2006a). En la tabla 20 se presentan, a modo de ejemplo, los valores para el caso alemán. Los valores para otros países también se pueden encontrar en HEATCO (2006a). Estos valores son una media ponderada durante el día, la tarde y la

noche. Para asignar los costes medios del ruido a distintos modos, se recomienda la ponderación de factores que aparece en la tabla 21. CE Delft (2004a) ofrece los factores de ponderación para el ruido de las aeronaves. Hay que tener en cuenta que este enfoque proporciona más bien el promedio de costes de ruido que los costes marginales.

Tabla 20. Costes anuales de ruido en Alemania por persona expuesta (€ 2000).

Iden (dB(A))	Carretera	Ferrocarril	Aviación
≥ 51	9	0	14
≥ 52	18	0	27
≥ 53	26	0	41
≥ 54	35	0	54
≥ 55	44	0	68
≥ 56	53	9	82
≥ 57	61	18	95
≥ 58	70	26	109
≥ 59	79	35	122
≥ 60	88	44	136
≥ 61	96	53	149
≥ 62	105	61	163
≥ 63	114	70	177
≥ 64	123	79	190
≥ 65	132	88	204
≥ 66	140	96	217
≥ 67	149	105	231
≥ 68	158	114	245
≥ 69	167	123	258
≥ 70	175	132	272
≥ 71	233	189	334
≥ 72	247	204	354
≥ 73	262	218	373
≥ 74	277	233	393
≥ 75	291	248	412
≥ 76	306	262	432
≥ 77	321	277	451
≥ 78	335	292	471
≥ 79	350	306	490
≥ 80	365	321	509
≥ 81	379	336	529

Fuente: HEATCO (2006a)

## Factores de ponderación según modos

Tabla 21. Factores de ponderación para diferentes tipos de vehículo.

Carretera	Vía urbana (50 Km/h)	Otras vías de $\geq 80$ km/h
Vehículo de pasajeros (gasolina)	1,0	1,0
Vehículo de pasajeros (diesel)	1,2	1,0
Vehículo de pasajeros (gasolina-gas licuado)	1,0	1,0
Ciclomotor	9,8	3,0
Motocicleta	13,2	4,2
Autobús	9,8	3,3
Furgoneta	1,5	1,2
Vehículo pesado solo < 12 ton GVW	9,8	3,0
Vehículo pesado solo > 12 ton GVW	13,2	4,2
Vehículo pesado con remolque	16,6	5,5
Ferrocarril		
Tren de pasajeros		1
Tren de carga		4

Fuente: CE Delft (2004a).

## Costes marginales de ruido en euro / vehículo-km

Teniendo en cuenta que HEATCO (2006a) no ofrece valores en euro / vehículo-km y éstos no pueden utilizarse para el cálculo de los costes marginales de ruido, los resultados en euro / vehículo-km se basan en otras fuentes, por ejemplo, las de INFRAS/IWW 2003 y 2004. Por tanto, los resultados en euro / vehículo-km no se puede calcular a partir de los valores basados en euros por persona y dB(A).

## Transporte por carretera y ferrocarril

Para el transporte por carretera la comparación entre diferentes estudios ha demostrado que los valores proporcionados por INFRAS/IWW, 2004a, representan una media europea sumamente útil sobre la base de las fórmulas del estado de la cuestión de la exposición al ruido, valores de entrada y niveles de diferenciación. En contraste con las estimaciones del coste medio proporcionadas por diferentes estudios, estos valores tienen un gran intervalo de variación según las situaciones de tráfico, condiciones locales y la hora del día. Por desgracia, la diferenciación según el momento del día sólo incluye dos períodos (diurno y nocturno), aunque sería preferible que hubiese tres diferentes momentos, diurno,

al anochecer y nocturno. Sin embargo, apenas hay estudios que presenten valores diferenciados para estos tres diferentes momentos. Además, puesto que estos valores de INFRAS/IWW, 2004a, se pueden considerar valores medios de la UE, éstos pueden extenderse sobre todas las carreteras de Europa. Otros estudios que estiman los costes marginales del ruido en el transporte por carretera utilizan casos concretos, con lo cual resulta casi imposible la generalización de sus resultados a otras carreteras. Por último, los valores propuestos están en consonancia con los valores encontrados en otros estudios importantes, como los de UNITE, 2003b y RECORDIT, 2001.

Para el transporte ferroviario se recomienda usar los costes marginales que proporciona INFRAS/IWW, 2003. En general, el estudio de INFRAS/IWW, 2003, es el único que trata específicamente la cuestión del ruido de los ferrocarriles. En él se aplica el mismo enfoque que el de INFRAS/IWW, 2004a. Sin embargo, comparativamente con el de INFRAS/IWW, 2004a, en el de INFRAS/IWW, 2003, se utiliza un método más sofisticado para estimar los costes marginales debidos al ruido del tráfico ferroviario; especialmente para el caso del tráfico ferroviario de mercancías, véa-

se el apéndice del informe en la versión original inglesa. Puesto que los resultados de INFRAS/IWW, 2003, no incluyen los valores de zonas urbanas, éstos se calculan utilizando la relación entre los costes marginales de ruido ferroviario en zonas interurbanas y en zonas urbanas, a partir de los valores proporcionados por INFRAS/IWW, 2004a. Aplicando esta proporción se han

establecido los valores que corresponden al tráfico ferroviario urbano.

Los valores propuestos están en línea con los encontrados en otros estudios importantes, como los de UNITE, 2003b y RECORDIT, 2001.

Los valores recomendados de salida<sup>6</sup> para el ruido ferroviario y de la carretera se presentan en la tabla 22.

**Tabla 22.** Valores unitarios de los costes marginales para diferentes clases de red (céntimos de € / veh-km) para el tráfico de carretera y el ferroviario

	Momento de la jornada	Tráfico urbano	Tráfico suburbano	Tráfico rural
Automóvil	Día	<b>0.76</b> (0.76 - 1.85)	<b>0.12</b> (0.04 - 0.12)	0.01 (0.01 - 0.014)
	Noche	<b>1.39</b> (1.39 - 3.37)	<b>0.22</b> (0.08 - 0.22)	<b>0.03</b> 0.01 - 0.03
Motocicleta	Día	<b>1.53</b> (1.53 - 3.70)	<b>0.24</b> (0.09 - 0.24)	<b>0.03</b> (0.01 - 0.03)
	Noche	<b>2.78</b> (2.78 - 6.74)	<b>0.44</b> (0.16 - 0.44)	<b>0.05</b> (0.02 - 0.05)
Autobús	Día	<b>3.81</b> (3.81 - 9.25)	<b>0.59</b> (0.21 - 0.59)	<b>0.07</b> (0.03 - 0.071)
	Noche	<b>6.95</b> (6.95 - 16.84)	<b>1.10</b> (0.39 - 1.10)	<b>0.13</b> (0.06 - 0.13)
Vehículo de carga ligero	Día	<b>3.81</b> (3.81 - 9.25)	<b>0.59</b> (0.21 - 0.59)	<b>0.07</b> (0.03 - 0.071)
	Noche	<b>6.95</b> (6.95 - 16.84)	<b>1.10</b> (0.39 - 1.10)	<b>0.13</b> (0.06 - 0.13)
Vehículo de carga pesado	Día	<b>7.01</b> (1.01 - 17.00)	<b>1.10</b> 0.39 - 1.10	<b>0.13</b> (0.06 - 0.13)
	Noche	<b>12.78</b> (12.78-30.98)	<b>2.00</b> 0.72 - 2.00	<b>0.23</b> (0.11 - 0.23)
Tren de pasajeros	Día	<b>23.65</b> (23.65 - 46.73)	<b>20.61</b> 10.43 - 20.61	<b>2.57</b> (1.30 - 2.57)
	Noche	<b>77.99</b>	<b>34.40</b>	<b>4.29</b>
Tren de carga	Día	<b>41.93</b> (41.93-101.17)	<b>40.06</b> 20.68 - 40.06	<b>5.00</b> (2.58 - 5.00)
	Noche	<b>171.06</b>	<b>67.71</b>	<b>8.45</b>

Los valores centrales, en negritas; el intervalo, entre paréntesis.

Nota: El límite inferior del intervalo corresponde a situaciones de tráfico denso. El límite superior es para situaciones de tráfico débil. Los valores centrales, en negrita, muestran la situación del tráfico predominante en cada región: urbano, denso; suburbano/rural

6. Los valores usados en INFRAS/IWW, 2004a e INFRAS/IWW, 2003 para estimar los valores de salida no son exactamente los mismos que los valores recomendados en la tabla 19. Así, no es posible calcular los valores recomendados de salida a partir de los valores recomendados de entrada. Sin embargo, los valores de entrada usados en INFRAS/IWW, 2004a y INFRAS/IWW, 2003 son del mismo orden de magnitud que los valores de entrada recomendados.

### El transporte aéreo

Los costes del ruido del tráfico aéreo dependen en gran medida de factores locales, por ejemplo, la densidad de población alrededor de los aeropuertos, la trayectoria de vuelo, el tipo y tecnología de aeronave y la hora del día. Por tanto, no es posible presentar valores generales ni rango de aplicación para cada situación. Se recomienda el análisis de casos específicos para obtener los costes concretos de cada aeropuerto. Así, hay que tener en cuenta datos específicos del aeropuerto, como la densidad de población, rutas de vuelo y tipo y tecnología de aeronave.

A título ilustrativo se presentan aquí las estimaciones del coste marginal para diversos aeropuertos. En primer lugar, en la tabla 23 aparecen los costes marginales de ruido según tipo de aeronave, la trayectoria de vuelo y la hora del día en el aeropuerto de Frankfurt.

En la tabla 24 se muestran los resultados de TRL (2001) para Heathrow, Londres.

Un factor importante que explica la amplia banda de ruido en las estimaciones de los costes marginales del ruido de la aviación es el tipo de aeronave. Öko-

institut y DIW, 2004, muestran que los costes de ruido pueden diferir en un factor de 700 según el tipo de aeronave. Asimismo, la densidad de población alrededor de los aeropuertos es un factor explicativo importante de los costes de ruido. Esto se ha comprobado, por ejemplo, en los aeropuertos de Schiphol, Amsterdam (CE Delft, 2002) y en el de Palma de Mallorca (TRL, 2001).

Tabla 24. Costes marginales de ruido en el aeropuerto de Heathrow, Londres

Tipo de aeronave	Coste marginal del ruido €/LTO
A-210	92,3
A340	111
A340	21,6
BAE146	326
B737-100	49,1
B737-400	242
B747-400	63,5
B757	77,9
B777	47,6
F-100	17,3
MD82	70,7

Fuente: TRL (2001)

Tabla 23. Costes marginales por ruido en el aeropuerto de Frankfurt, €/LTO (ciclo de aterrizaje-despegue)

Tipo de aeronave	Pista 07 izquierda, tráfico dirección Este			Pista 25 derecha, tráfico hacia el Oeste		
	Día	Tarde	Noche	Día	Tarde	Noche
737-800	32.4	17.0	240.8	29.0	69.0	216.4
747-200	71.6	170.0	524.0	55.8	132.4	412.6
747-400	128.0	304.0	934.0	113.6	269.4	836.6
767-300	42.6	101.2	316.0	34.6	82.0	257.2
A 300-62	17.8	184.6	572.0	76.6	181.6	567.8
A 319	14.6	34.4	108.8	12.8	30.6	96.6
A 320	26.0	61.8	194.4	23.2	54.8	193.0
A 340	51.6	122.4	385.8	54.0	127.8	403.4
ATR72	7.2	17.2	53.8	1.6	3.8	11.8
DHC8	2.6	6.2	19.6	0.2	0.4	1.4
EMS 145	7.0	16.6	52.0	2.2	5.2	16.2
MD82	9.2	21.8	68.6	3.4	8.2	26.2

Fuente: OkainslitulDIW (2004).

## 3.5 Cambio climático

### 3.5.1 Tipo de costes y principales factores explicativos

Los costes del cambio climático tienen un alto nivel de complejidad debido al hecho de que se producen a largo plazo y a que los patrones de riesgo son muy difíciles de prever. Por ello hay dificultades para valorar los daños y perjuicios que se imputarán a escala nacional a cada modo de transporte. Por tanto, es necesario realizar un enfoque diferenciado, mirando tanto los daños que causan como la estrategia para evitarlos. Además deberían incluirse los riesgos a largo plazo.

El cambio climático, o los impactos del calentamiento global del transporte, están principalmente

causados por las emisiones de los gases de efecto invernadero dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>). Aunque en una magnitud menor, las emisiones de refrigerantes (hidrofluorcarbonos) del aire acondicionado del transporte (ACT) también contribuyen al calentamiento global. En el caso de la aviación, hay otras emisiones a gran altura, como el vapor de agua, sulfatos, aerosoles de hollín y óxido nitroso, que también tienen un impacto sobre el calentamiento global. Los diferentes impactos sobre el calentamiento global que causan costes externos figuran en la Tabla 26.

*Tabla 26. Los costes sociales del cambio climático: áreas clave de análisis en la literatura científica y en los modelos*

**El aumento del nivel del mar** supone un incremento adicional de los costes de protección o, de otra manera, por la pérdida de tierras secas y de humedales. El saldo dependerá de decisiones futuras sobre si la protección es justificable. Los costes de protección son relativamente bien conocidos y se incluyen en casi todos los modelos. Pero hay otros costes que son más inciertos y a menudo están excluidos o son sólo parcialmente tenidos en cuenta en la valoración. Este es el caso, por ejemplo, del aumento del nivel del mar lo que conlleva un incremento en la probabilidad de tormentas, el incremento de la intrusión de la cuña de agua salada en los acuíferos y el peligro sobre los ecosistemas costeros y humedales. Las poblaciones que viven en pequeñas islas y / o en áreas costeras de baja cota se encuentran en una situación especial de riesgo debido a los graves efectos sociales y económicos ocasionados por la subida del nivel del mar, mareas y tempestades. Esto hace que aparezca la cuestión de la migración, por ejemplo, de los que viven en los pequeños Estados insulares. Estos costes dependen de diversos factores sociales y políticos y constituyen los llamados efectos contingentes sociales, pero no se tienen en cuenta en los actuales modelos de valoración.

**Los impactos por el uso de la energía** dependerán de la temperatura media y de su rango de variación, pero habrá una combinación de incrementos y disminuciones en la demanda de calefacción, tanto en términos de energía total suministrada, como la que se precise para satisfacer los picos de demanda. Los beneficios que producirá el aumento de las temperaturas en invierno, debido a que se reducirán las necesidades de calefacción, podrán ser compensados por un aumento en la demanda de aire acondicionado en verano, puesto que, en promedio, las temperaturas aumentarán en verano. Los modelos tienen en cuenta estos efectos, aunque es difícil de proyectar el escenario de referencia

**Los impactos de la agricultura** variarán según los cambios regionales de temperatura y precipitación, así como de los niveles atmosféricos de dióxido de carbono (y fertilización). Los impactos más relevantes se producirán sobre los cultivos y sus rendimientos. Estos efectos dependen de muchos factores y en algunas áreas aumentarán las zonas aptas para el cultivo y sus rendimientos. Hay que considerar la cuestión de la variabilidad del clima y del cambio climático medio. Las respuestas de adaptación que habrá que dar serán importantes: elección de cultivos y desarrollo de otros nuevos, así como otros cambios técnicos, como la cuestión del riego (véase también más abajo el suministro de agua). La mayor parte de estudios de valoración incorporan los impactos directos, pero es importante tener en cuenta que éstos no determinan totalmente los daños porque dependerán de los cambios operados sobre la demanda y sobre los modelos de comercio debido a factores socio-económicos, pero también de respuestas complejas a la variabilidad del clima, plagas y enfermedades, etc.

**Los impactos sobre el abastecimiento de agua** dependen de los cambios en las tasas de precipitación y evapotranspiración y de los cambios que se produzcan sobre la demanda, incluyendo aquellos que se deriven directamente del cambio climático. La demanda de agua de los sistemas biológicos se verá afectada por diversos factores climáticos, como la temperatura y humedad. Los sistemas de abastecimiento de agua están actualmente normalmente optimizados para satisfacer el suministro en condiciones extremas y los costes de la escasez de este recurso pueden llegar a ser muy altos. Así, la variabilidad climática es importante en la determinación de daños y perjuicios. El cambio climático agravará la escasez de agua en muchas zonas del mundo donde ésta ya escasea. Por eso, hay una gran posibilidad de que se produzca escasez en el suministro de agua lo cual acarrearía graves daños sociales, que en la actualidad no se cuantifican. El suministro de agua está incluido en algunos modelos aunque a menudo se tiene en cuenta sólo de forma parcial.

■ ■ ■

**Los impactos sobre la salud** incluyen tanto un aumento por estrés térmico en verano como una disminución del estrés por frío en invierno. A pesar de que se sitúan en direcciones opuestas, el impacto neto de la mortalidad global por los cambios en la temperatura puede ser muy reducido. Los impactos directos sobre la salud por cambios de temperatura se miden y valoran en muchos estudios. Podría aumentar el área sobre la que se podrían transmitir parásitos y enfermedades, como la malaria, y en este caso el impacto podría ser grande. El estudio del impacto de estas enfermedades ha avanzado a través de proyectos específicos. Algunos modelos los tienen en cuenta. Socialmente, son difíciles de estimar los daños sobre la salud, a través de otros impactos, como la producción de alimentos, recursos hídricos y el aumento del nivel del mar, pero éstos no están incluidos en ninguno de los modelos marco de valoración en comunidades vulnerables; sin embargo, podría llegar a ser muy importantes. En general, se prevé que el cambio climático aumentará las amenazas sobre la salud humana, especialmente en las poblaciones de menores ingresos, y de forma predominantemente en países tropicales y subtropicales.

**Los impactos sobre los ecosistemas y la biodiversidad** son uno de los más complejos y difíciles de evaluar. La productividad ecológica y la biodiversidad se verá alterada por el cambio climático y por la elevación del nivel del mar, con un mayor riesgo de extinción de algunas especies vulnerables. La mayoría de los grandes tipos de ecosistemas podrían verse afectados, al menos en alguna de sus partes significativas. Algunos de los sistemas aislados son particularmente vulnerables, incluidos sistemas únicos y valiosos, como por ejemplo, los arrecifes de coral. Evidencias recientes han identificado también una acidificación de los océanos, como consecuencia del aumento de los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, con un gran potencial de impacto sobre los ecosistemas marinos y el intercambio de gases de efecto invernadero entre el océano y la atmósfera. El análisis de los efectos sobre los ecosistemas es una de las cuestiones más problemáticas en términos de un análisis exhaustivo y fiable de los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas, y en la evaluación de ecosistemas. La mayor parte de estudios no reflejan plenamente los efectos sobre los ecosistemas y sólo hacen evaluaciones que se basan en estimaciones ad hoc de la pérdida de especies y en estudios de valoración de los contingentes. El valor de la función de los ecosistemas también puede ser importante, pero aún ha recibido menos atención, y no está incluida en la modelización de su valoración.

**También es probable que aumenten los fenómenos meteorológicos extremos**, con olas de calor, sequías, inundaciones y, potencialmente, tormentas, ciclones tropicales e incluso super-tifones. Sin embargo, la frecuencia y severidad de estos fenómenos extremos puede no ser linealmente dependientes del clima medio. La variabilidad del clima será también importante y no hay consenso sobre la forma en que se producirá. Los impactos y daños dependerán también de la situación y del momento en que aparezca el peligro y las respuestas para adaptarse a él. Por ejemplo, los daños de un ciclón sobre las propiedades tiende a aumentar con la riqueza, pero los efectos mortales puede disminuir considerablemente. Los fenómenos extremos han sido excluidos de todos los estudios, pero sólo algunos de ellos han intentado valorarlos.

**Los efectos meteorológicos de mayor magnitud**, es decir, el riesgo de efectos importantes o potencialmente catastróficos, o discontinuidades importantes del clima, constituyen la categoría más incierta. Se incluyen como posibles eventos la pérdida de la capa de hielo del Antártico Oeste y de Groenlandia; explosiones de metano, incluyendo las fugas de hidratos de metano, la inestabilidad o el colapso de la selva amazónica, los cambios en la circulación termo-halina, es decir, la pérdida o inversión de la Corriente del Golfo, los cambios en la formación de aguas profundas del Atlántico y en la emersión de las corrientes circumpolares desde las aguas profundas en los océanos del sur, la transformación de los monzones indios, el cambio en la estabilidad de la vegetación del Sahara, el cambio del albedo tibetano; la aparición del fenómeno de la corriente de 'El Niño' (ENSO), la reducción de la capacidad de los sumideros de carbono, y otros. Durante mucho tiempo se pensó que muchos de estos fenómenos sólo podrían producirse a largo plazo --es decir, cuando el cambio de temperatura fuera superior a 2°C--, aunque pruebas recientes presentadas en el Simposio Internacional sobre la estabilización de los gases de efecto invernadero, celebrado en febrero de 2005, indican que en muchos casos el riesgo de los impactos del cambio climático es mayor del que se pensaba en el momento de redactar el Tercer Informe de Evaluación en 2001 y, en realidad, estos cambios podrían producirse con umbrales bajos de temperatura. Estos grandes efectos no han sido incorporados a los modelos.

Fuente: Watkins, 2005b.

En el enfoque del coste de los daños debe llevarse a cabo una valoración individual de cada uno de estos efectos. En el enfoque del coste de evitación o mitigación se estiman los costes de evitar estos efectos a un cierto nivel.

### 3.5.2 Enfoque general: Visión general de los pasos

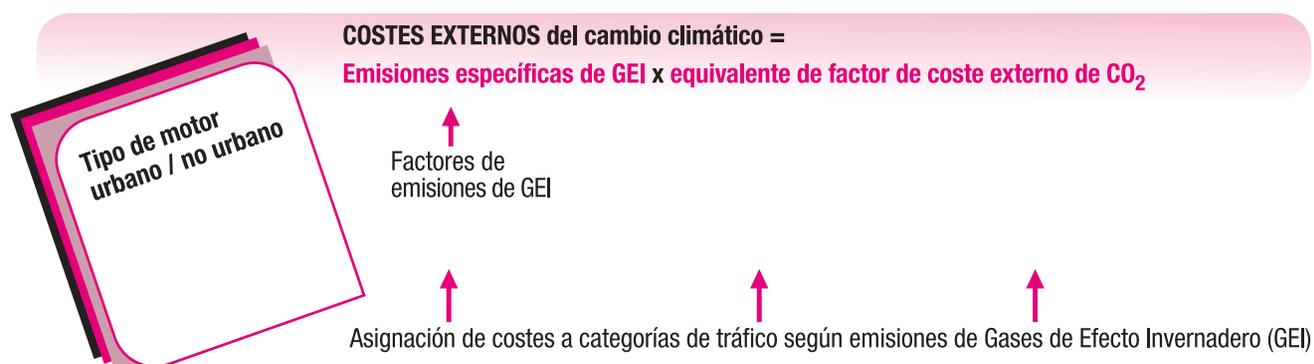
El enfoque general para cuantificar en el sector del transporte el total de costes externos debido a los impactos del cambio climático es el siguiente:

1. Analizar el total de vehículo-km por tipo de vehículos según diferentes categorías, para una zona, región o país.
2. Multiplicar de esos vehículos-km por los factores de emisión (en g/km) de los diversos gases de efecto invernadero.
3. Convertir las diferentes emisiones de gases de efecto invernadero a emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub> de estos gases a través de los potenciales de calentamiento global<sup>7</sup>.
4. Multiplicar el total de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente de emisión de gases de efecto invernadero por un factor de costes externos, expresado en €/t, para estimar el total de costes externos relacionados con el calentamiento global.

### 3.5.3 Valores de entrada

En el Manual no se entra en la cuestión de los valores específicos de entrada para determinar los costes de evitación o de mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Éstos son diferentes según los diferentes tipos de enfoques y estudios en los que han sido evaluados. Por un lado, dependen de la definición y el nivel del objetivo establecido y, por otro, de las estimaciones del coste y del potencial de medidas que puedan contribuir a alcanzar ese objetivo. Para ello, se remite a aquellos lectores que tengan más interés en esta cuestión a la literatura citada en el anexo sección F.7 del original del Manual en la versión inglesa.

Hasta ahora no hay consenso sobre cuáles son los valores más adecuados para la tasa de descuento y la equidad de pesos. Por ello se recomienda utilizar un rango de valores -análisis de sensibilidad- a fin de llegar a un rango apropiado de estimaciones.



7. Para el CH<sub>4</sub> el PCG (potencial de calentamiento global, GWP en inglés) = 23, para el N<sub>2</sub>O el PCG 296. Para los refrigerantes los valores de PCG son mucho mayores, por ejemplo, para el HCF-134a el PCG= 120, y para el CFC-12 el PCG = 8.500

### 3.5.4 Valores de salida

En la situación actual se recomienda basar los factores de los costes externos de las emisiones, a corto plazo, en la propuesta del coste de evitación y en utilizar el concepto de los gastos que suponen los daños como base para la evaluación, a largo plazo, de los costes externos de las emisiones de gases de efecto invernadero. Es importante indicar

los intervalos, especialmente en el caso del impacto del cambio climático, para evitar que los valores propuestos sean vistos como más verosímiles de los que hoy por hoy la ciencia justifica. El riesgo no es imaginario, cuando estos valores se vayan a utilizar en los procedimientos legislativos formales y en la definición de escenarios conceptuales para internalizar los costes externos, especialmente cuando esto se hace a escala de Europa.

Tabla 27. Valores recomendados para los costes externos del cambio climático, en €/tonelada de CO<sub>2</sub>, expresados como valores centrales de una estimación con valores inferiores y superiores.

Año de aplicación	VALORES MEDIOS (€/TONELADA CO <sub>2</sub> )		
	Valores más bajos	Valores medios	Valores más altos
2010	7	25	45
2020	17	40	70
2030	22	55	100
2040	22	70	135
2050	20	85	180

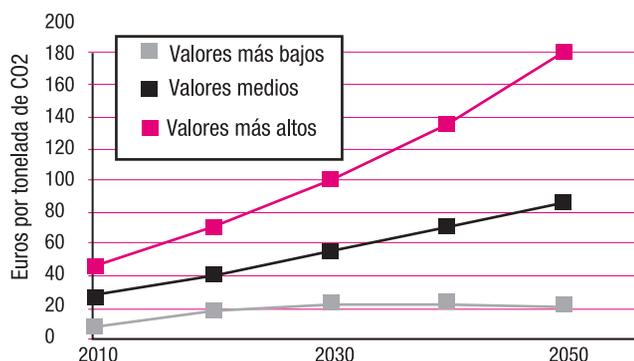
#### Valores recomendados

Basándose en el detallado análisis llevado a cabo en la sección F.7 del anexo del Manual, los valores recomendados son los que se derivan de los presentados en la Tabla 27, y en la Figura 9.

Valores recomendados para los costes externos del cambio climático, en €/tonelada de CO<sub>2</sub>, expresados como valores centrales de una estimación con valores inferiores y superiores.

Los valores recomendados han sido elegidos sobre la base de las siguientes consideraciones:

- **Para el corto plazo** (2010 y 2020) los valores recomendados se basan en el intervalo de los estudios que se basan en los costes de evitación (véase la figura 33 del Anexo F del documento en inglés). Los valores centrales para el corto plazo se encuentran en línea con los valores usados en el documento SEC (2007) 8.
- **A largo plazo** (de 2030 a 2050) los valores recomendados se basan en costes ocasionados por los daños (véase fig. 32 del Anexo F en el documento en inglés).



- Algunas ideas desarrolladas más en profundidad sobre los impactos del calentamiento global (como por ejemplo, las del modelo FUND o PAGE) muestran que los costes por daños asociados con el calentamiento global son superiores a los anteriormente analizados (véase, por ejemplo Watkiss, 2005a y 2005b, y Stern, 2006), especialmente a la vista de la aparición de posibles efectos no lineales y abruptos en el largo plazo. Así, en la literatura científica reciente se ha observado una tendencia a otorgar valores más altos en los gastos como consecuencia de estos daños.

Cabe destacar aquí que los objetivos de reducción de CO<sub>2</sub> varían de país a país y también que su traducción en objetivos nacionales para cada sector puede ser diferente. Además, los costes de evitación de CO<sub>2</sub> pueden diferir también de país a país. Puesto que los costes externos se definen sobre la base de los costes de prevención, éstos tendrían que calcularse para cada país. Los valores presentados en este Manual deben ser considerados como una guía a nivel europeo para la estimación de los costes externos asociados al cambio climático.

Los resultados provisionales para la carretera, el ferrocarril y el transporte por vías navegables, en €/Veh-km.

Los costes del cambio climático se cuantifican sobre la base de valores por tonelada de contaminante. Al multiplicar éstos por las emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de combustible según el ciclo 'del pozo a la rueda' ('well-to-wheel'), estos costes externos pueden expresarse en términos de coste por cantidad de combustible. En la tabla 28 se presentan los valores orientativos que, a su vez, se basan en los de la tabla 27. Las emisiones de CO<sub>2</sub> según el ciclo 'del pozo a la rueda' para cada tipo de combustible se basan en datos de Concawe, 2007. Se incluye el caso del GNC (gas natural comprimido) para el mix europeo así como el del GNC importado de Rusia o del Próximo Oriente sobre una distancia de 4.000 km.

*Tabla 28. Costes de cambio climático en € / litro o en € /m3 para diferentes combustibles utilizados en el transporte por carretera que se basan en los valores de costes externos de la Tabla 27 del Manual y las emisiones de CO2 en el ciclo 'del pozo a la rueda' deducidos a partir de Concawe, 2007*

		Gasolina	Diesel	Gas licuado de petróleo	Mezcla CNG (Gas Natural Comprimido)	CNG 4.000 km
		€/L	€/L	€/L	€/m <sup>3</sup>	€/m <sup>3</sup>
<b>2010</b>	Inferior	0.019	0.022	0.012	0.014	0.016
	Central	0.069	0.078	0.044	0.052	0.056
	Superior	0.124	0.140	0.078	0.093	0.101
<b>2020</b>	Inferior	0.047	0.053	0.030	0.035	0,038
	Central	0.111	0.125	0.070	0.083	0.090
	Superior	0.194	0.218	0.122	0.145	0.157
<b>2030</b>	Inferior	0.061	0.069	0.038	0.045	0.049
	Central	0.152	0.171	0.096	0.114	0.124
	Superior	0.277	0.311	0.174	0.207	0.225
<b>2040</b>	inferior	0.061	0.069	0.038	0.045	0.049
	Central	0.194	0.218	0.122	0.145	0.157
	Superior	0.373	0,420	0.235	0.279	0.303
<b>2050</b>	Inferior	0.055	0.062	0.035	0.041	0.045
	Central	0.235	0.265	0.148	0.176	0.191
	Superior	0,498	0.561	0.314	0.372	0,404

Fuente: Concawe (2007).

# Anexo 1

## Glosario

**Análisis social coste-beneficio.** Para un proyecto concreto es la evaluación sistemática de todos los costes y beneficios que son relevantes para la sociedad. Incluye tanto las externalidades tecnológicas como las monetarias, mientras no se trate de una mera redistribución de ingresos.

**Cantidad de tráfico.** Medida de la actividad del tráfico que puede expresarse en vehículos-kilómetro (veh-km), en viajeros-kilómetro (vi-km) o en tonelada-kilómetro (t-km).

**Ciclo completo de combustible.** Comprende el descubrimiento, extracción, procesamiento, transporte y utilización de un recurso energético.

**Ciclo de vida.** Es un enfoque por el que se incluyen los procesos 'aguas arriba y abajo' de los servicios de transporte. Es decir, se incluye el análisis sobre la producción y desguace de vehículos, el ciclo completo de producción de electricidad o de carburante, etc.

**CO<sub>2</sub>. Dióxido de carbono,** uno de los principales gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático.

**Coste fijo.** Es aquel coste que no depende de la intensidad o cantidad del tráfico, a corto plazo).

**Coste-eficacia.** Procedimiento por el que se intenta reducir al mínimo los costes de un determinado país, por ejemplo, los ambientales. Este principio es el "segundo mejor" criterio de eficiencia y a menudo se usa cuando no es factible realizar un análisis completo de coste-beneficio.

**Costes de oportunidad.** Son los costes que aparecen cuando un proyecto particular limita los usos alternativos de un recurso escaso. Por ejemplo, la ocupación del suelo por una infraestructura impide su uso alternativo como zona de ocio. La dimensión de un coste de oportunidad es el valor de un recurso en su uso alternativo más productivo.

**Costes marginales.** Son los costes relacionados con un pequeño incremento en la demanda; por ejemplo, con un vehículo-kilómetro recorrido adicional. A largo plazo, los costes marginales incluyen el aumento de capacidad necesario para atender una mayor demanda de tráfico.

**Costes medios.** Es el total de los costes en un período dividido por la cantidad producida o consumida en ese período. Los costes medios a largo plazo incluyen una parte de los costes fijos, por ejemplo, los costes asociados con el crecimiento de las infraestructuras existentes.

**Costes sociales.** La suma total de coste internos y externos.

**Costes unitarios.** Son los costes por unidad de servicio o bien suministrado, por ejemplo, sobre el volumen o cantidad de tráfico.

**Costes variables.** (Ver también costes fijos). Los costes totales pueden subdividirse en costes fijos y variables. Los costes fijos permanecen constantes aunque haya diferentes usos de un sistema de transporte. Por ejemplo, los costes de capital de una carretera o sistema ferroviario o los costes administrativos. La expresión «fijo» en la forma en que se utiliza en el sistema de coste reales debe entenderse como que es 'fijo a corto plazo', es decir, sin tener en cuenta que pueda necesitarse una nueva infraestructura, ya que a largo plazo el coste de proveer una infraestructura también varía de acuerdo con la demanda de tráfico, de manera que a largo plazo todos los costes pueden llegar a ser variables. Las principales relaciones de los costes variables son kilómetros recorridos o la intensidad de vehículos, por ejemplo, al cruzar una sección concreta.

**Decibelio dB.** Es la medida de la intensidad de la energía sónica. De acuerdo con las características del oído humano, la relación entre la energía sónica y el decibelio es logarítmica. Se han definido diversos filtros para lograr una mejor adaptación de las mediciones en decibelios, dB, y su efecto sobre los seres humanos. El tipo de filtro más común es el (A) y sus unidades se expresan en dB(A).

**Disposición a pagar (WTP).** La voluntad (o capacidad) de las personas para pagar por la supresión, reducción o recepción de un concepto puede calcularse de dos maneras: por encuestas sobre preferencias declaradas y por métodos de fijación de precios hedonísticos.



**Efecto barrera.** Se debe a la separación entre zonas adyacentes por la construcción de infraestructuras, como carreteras o ferrocarriles; produce un impacto negativo sobre los seres humanos (por ejemplo, limitando las zonas de ocio), o sobre la flora y fauna (por ejemplo, restringiendo los hábitats).

**Efecto Mohring.** Relación positiva entre la demanda adicional y la calidad de servicio en el transporte público. Herbert Mohring demostró por primera vez en los 60 la externalidad positiva de la demanda adicional de autobuses urbanos.

**Eficacia ambiental.** Mide el efecto sobre el medio ambiente que genera una determinada respuesta política. Este criterio hace caso omiso de los costes económicos que pudieran resultar de la aplicación de esta política.

**Eficiencia.** Se refiere a una asignación eficiente de recursos escasos. En el límite, los recursos deberían ser utilizados por el individuo que estaría dispuesto a pagar más por ellos. Esto se produce cuando el coste social marginal es igual al beneficio social marginal.

**Elasticidad.** Es el cambio proporcional en la demanda cuando responde a un aumento o disminución del precio (elasticidad de precios), o la reacción de la demanda total después de un aumento o disminución de ingresos (elasticidad al ingreso).

**Enfoque de prevención.** Técnica de valoración para la estimación de las externalidades en la que los costes para evitar un daño se utilizan como una aproximación del coste que este mismo daño produce en la sociedad.

**Enfoque de riesgo.** Técnica de valoración para evaluar las externalidades a través de la cual los costes externos se deducen de las primas por factores de riesgo; por ejemplo, el coste del seguro o de la diversificación del riesgo.

**Externalidad (coste externo).** Es un coste económico que el mercado y las decisiones que toman sus actores no suelen tener en cuenta.

**Externalidad tecnológica.** Efecto externo que de forma voluntaria o activa no se ha incorporado al mercado, por lo que se producen ineficiencias económicas. Esto sucede cuando alguna persona o empresa utiliza un bien sin pagar por él. Técnicamente, eso se produce cuando en una actividad productiva se cambia la cantidad de producción o servicio que puede ser producido por alguna otra actividad utilizando una determinada cantidad de recursos. Las externalidades tecnológicas negativas reducen la cantidad de producto o de bienestar que una economía puede producir con una determinada asignación de inputs.

**Función de velocidad-flujo.** Es una relación matemática o gráfica entre el flujo del tráfico en una carretera concreta, y la velocidad de ese flujo. A medida que aumenta la intensidad de tráfico, su velocidad acaba disminuyendo.

**Funciones de dosis-respuesta.** Son funciones que muestra la relación entre una concentración concreta de un elemento y sus efectos específicos. Son especialmente utilizadas en la medición de los impactos de contaminación del aire. Por ejemplo, sobre la salud y la mortalidad debidos a concentraciones específicas de contaminación en el aire.

**Gastos defensivos.** Técnica de valoración en el que un valor que tenga calidad ambiental se deduce de los gastos que la gente voluntariamente hace y que se dedican a mejorar su situación.

**HC/COV.** Hidrocarburos y compuestos orgánicos volátiles. Contribuyen a la formación de ozono. Algunos, como el benceno, butadieno y el benzo-pireno se ha comprobado que tienen un impacto sobre la salud pública.

**Internalización.** Procedimiento por el que se incorpora una externalidad al proceso de toma de decisiones del mercado a través de una tarificación o de una intervención reguladora. En sentido estricto, la internalización se lleva a cabo cuando los que contaminan pagan los costes de los daños de la contaminación por ellos generada, de acuerdo con el principio de quien contamina, paga.

**MC.** Motocicleta.



**Método de valoración contingente.** Es la técnica de valoración en la que se pregunta directamente a la gente cuánto está dispuesta a pagar por la mejora/deterioro de la calidad del medio ambiente. Este método se basa en el enfoque de las preferencias declaradas (ver también en este glosario). Es el único método que permite estimarlos. Los valores obtenidos se comparan con otras situaciones a fin de hacer más visible una restricción de presupuesto.

**Modo.** Categoría o tipo de transporte: carretera, ferrocarril, aviación, navegación, etc.

**NOx.** Óxidos de nitrógeno, formados principalmente a partir de la quema de combustible. Contribuyen a la formación de la lluvia ácida. También se combinan con hidrocarburos en presencia de luz solar para formar ozono.

**Paridad de poder adquisitivo (PPA).** Describe la cantidad de bienes o servicios que se pueden comprar en un país en concreto, comparativamente con otro país de referencia. El PPA debe expresarse necesariamente en relación con una determinada moneda.

**Pérdida de una vida humana.** Valor atribuido a la vida humana por encima de la media del valor de la producción económica producida por un individuo. Por ejemplo, dolor, sufrimiento, etc. Ver también VEV.

**PIB.** Producto Interno Bruto. El PIB es la suma de todos los bienes y servicios producidos en un país en un año. PIB per capita se puede considerar como el poder económico relativo de un país por habitante.

**p-km.** Pasajero-kilómetro o viajero-km (**vi-km**)

**PM.** Partículas. Puesto que las partículas finas ( $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ , con un diámetro menor de 10 y 2,5 micras, respectivamente) son suficientemente pequeñas pueden ser inhaladas por los pulmones y contribuir a producir enfermedades respiratorias crónicas y agudas, y una mortalidad prematura. Las partículas de mayor tamaño disminuyen de la visibilidad y aumentan la suciedad.

**Precios sombra.** Es el coste marginal de oportunidad del uso de un recurso, es decir, la pérdida del beneficio causado, cuando este recurso ya no se puede utilizar la siguiente vez con el mismo propósito.

**Precombustión.** Proceso de producción, almacenamiento y transporte de la energía antes de su uso final.

**Preferencia declarada.** Técnica de valoración en la que las estimaciones monetarias se derivan de hipotéticas declaraciones de los individuos sobre sus preferencias. El método más habitual utilizado es a través de un cuestionario, por ejemplo, el método de valoración contingente.

**Preferencia revelada.** Técnica de valoración en la que los consumidores muestran sus preferencias en un mercado, por ejemplo, por la compra de un determinado bien.

**Principio de quién contamina, paga.** Principio político y económico que estipula que el usuario debe pagar el coste social total de su actividad, incluyendo los costes medioambientales.

**Situación de flujo libre.** Estado del tráfico sin congestión. Se usa como nivel de referencia. En el caso del tráfico urbano, normalmente la situación de hora valle se puede usar como referencia.

**SO<sub>2</sub>.** El dióxido de azufre contribuye a la formación de aerosoles de sulfato y es el contaminante dominante en la formación de la lluvia ácida. También puede producir daños en las vías respiratorias de los seres humanos.

**Tarificación hedonística.** Técnica de valoración en la que se deduce de la renta o de los precios de una propiedad el valor de una cualidad ambiental.

**Tasa de accidentes.** Índice de accidentes que describe la probabilidad de que se produzca un accidente por cada 1.000 vehículo-kilómetro.

**Tasa sobre el usuario.** Tasa impuesta sobre el usuario de un bien, por ejemplo, una infraestructura de carretera. A menudo está vinculada con el coste que su uso genera.

**t-km.** Tonelada-kilómetro.



**UVC/UEVC.** Unidades de viajeros en coche / Unidades equivalentes de viajeros en coche. Se usan para estandarizar el uso de vehículos en relación con un coche estándar de pasajeros. Sus diferencias de velocidad y recorrido son las más comunes. En este estudio se utilizan para la asignación de distintos costes. Por ejemplo, de naturaleza y el paisaje, efectos urbanos o congestión.

La proporción utilizada en las previsiones de 2010 es:

- 15% de generación hidroeléctrica
- 35% de generación nuclear.
- 50% de combustibles fósiles.

**Valor de existencia.** Es el valor económico que las personas atribuyen a algo que contribuye exclusivamente a su existencia, y sólo puede ser estimado a través del método de valoración contingente.

**Valor de opción.** Valor de mantener abierta la posibilidad de consumir un bien o servicio en algún momento del futuro.

**Valor de riesgo.** El valor monetario que estima el dolor y sufrimiento que tiene una víctima en un accidente en un determinado modo de transporte. Se usa principalmente en para la estimación de los accidentes mortales.

**Valor de un año de vida (VAV).** Enfoque aplicado especialmente en la valoración de la contaminación del aire cuando se la relacionada con los efectos sobre la salud. Este enfoque valora los años perdidos de vida pero y las muertes prematuras (véase también valor estadístico de la vida, VEV). El valor de un año de vida se puede calcular a través del VEV teniendo en cuenta la edad, la esperanza de vida y las tasas de descuento.

**Valor estadístico de la vida (VEV).** Es una metodología para encontrar una equivalencia monetaria de un ser humano muerto o herido. VEV constituye el coste de oportunidad de salvar una vida humana.

**Valoración.** Proceso por el que se estima el valor económico de una determinada cantidad de un bien o servicio de transporte, generalmente expresado en términos monetarios.

**Veh-km.** Vehículo-kilómetro. Es la distancia de un kilómetro recorrido por un vehículo concreto.





## Las externalidades del transporte en Europa



