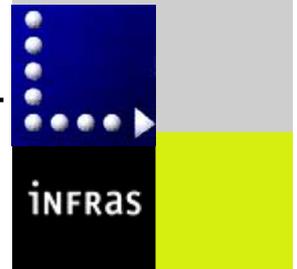


DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES Y OBRAS PÚBLICAS  
GOBIERNO VASCO

# COSTES EXTERNOS DEL TRANSPORTE EN EL PAIS VASCO

## INFORME FINAL



Leioa/Zurich, Agosto 2006

COSTES EXTERNOS INFORME FINAL.doc

LEBER

PLANIFICACIÓN E INGENIERÍA, S.A.  
APARTADO 79  
48930-LAS ARENAS, BIZKAIA  
SPAIN  
t +34 94 464 3355  
f +34 94 464 3562  
INFO@LEBER

WWW.LEBER.ORG

INFRAS

GERECHTIGKEITSGASSE 20  
POSTFACH  
CH-8039 ZÜRICH  
t +41 44 205 95 95  
f +41 44 205 95 99  
ZUERICH@INFRAS.CH

MÜHLEMATTSTRASSE 45  
CH-3007 BERN

WWW.INFRAS.CH

# COSTES EXTERNOS DEL TRANSPORTE EN EL PAIS VASCO

## Departamento de Transportes y Obras Públicas Gobierno Vasco

Informe Final, Leioa/Zurich, Agosto 2006

### EQUIPO DE TRABAJO

Mikel Murga LEBER

Iosu Ramírez LEBER

Eduardo García LEBER

Lasier Herrero LEBER

Lorena Balseira LEBER

Markus Maibach INFRAS

Mario Keller INFRAS

Christoph Schreyer INFRAS

Philipp Wüthrich INFRAS

Daniel Sutter INFRAS

Tobias Vogel INFRAS

COSTES EXTERNOS INFORME FINAL.doc

## RESUMEN

RESUMEN EJECUTIVO	4
ÍNDICE	36
1. INTRODUCCION	39
2. CUESTIONES GENERALES DE LA METODOLOGÍA	40
3. ESTIMACIONES POR CATEGORÍA DE COSTE A 2004	51
4. PREVISIÓN 2020	149
5. RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS RESULTANTES	197
ANEJO DE DATOS DE PARTIDA	207
GLOSARIO	249
BIBLIOGRAFÍA	254

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento abarca el estudio de los modos de transporte terrestre en el País Vasco: Carretera y Ferrocarril, dejando aparte el transporte aéreo y marítimo. La razón es que se pretende que sea una herramienta para el Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco cuyas competencias (más las de las Diputaciones Forales) se concentran en esos ámbitos.

Los conceptos valorados son los establecidos internacionalmente en estudios similares que se han llevado a cabo en Europa y otras esferas internacionales. Estos conceptos se han evaluado de modo transparente para que el/la responsable de la toma de decisiones en estos ámbitos pueda actuar de un modo eficaz en la relación causa efecto de la externalidad que considere más relevante.

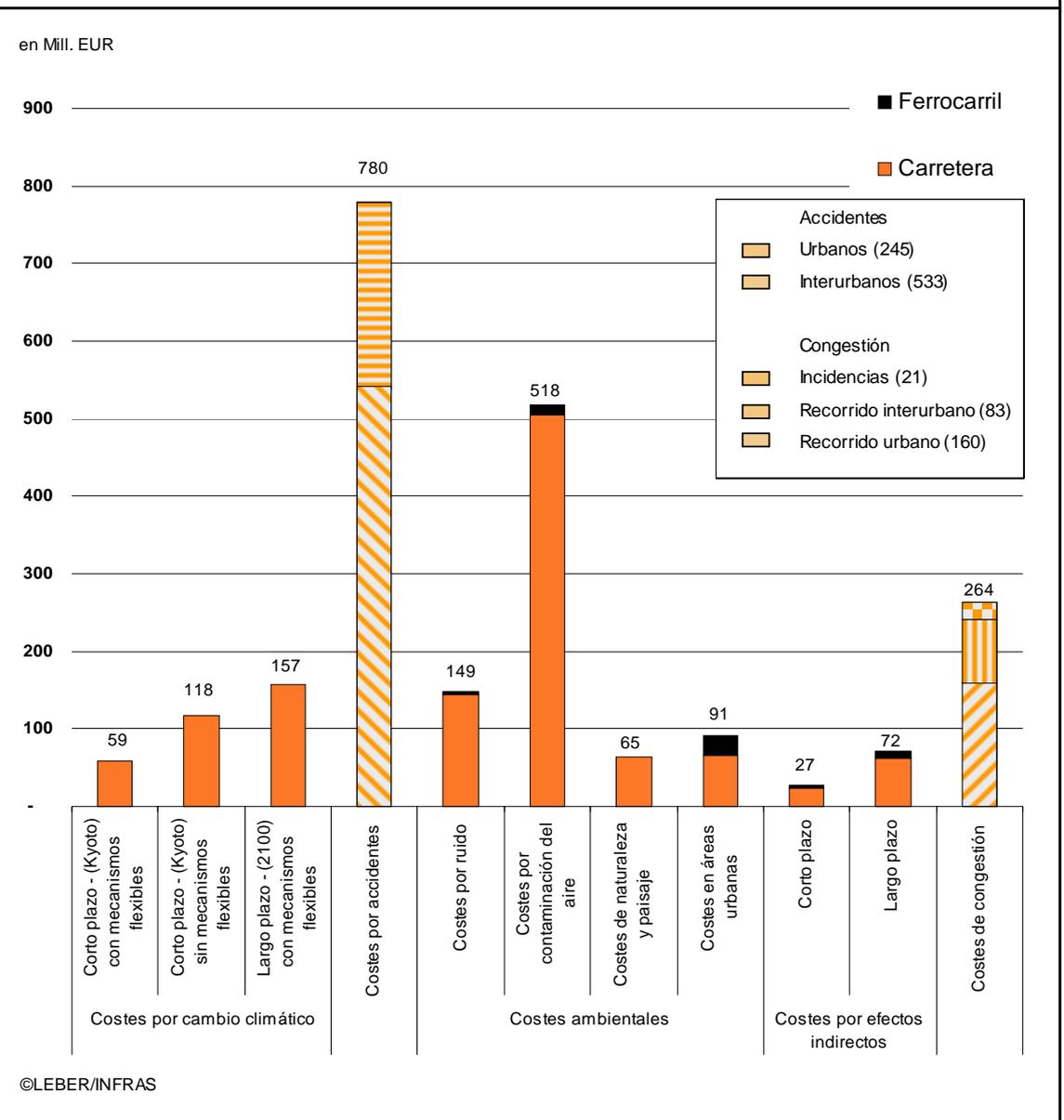
La transparencia se refleja en la plasmación de los datos de partida utilizados, las fuentes de las que provienen, la metodología empleada y los resultados obtenidos como consecuencia del análisis.

La asignación de costes se hace según el tipo de coste para cada una de las categorías de los distintos modos. Posteriormente se distribuyen estos costes por unidad transportada. Esta última parte resulta la más indicativa de la eficacia del modo estudiado. En algunos casos (costes por cambio climático) se plantean varios escenarios dependiendo del objetivo perseguido: bien a corto o bien a largo plazo.

Las diferencias con respecto a otros informes que del mismo ámbito, radican en que en el presente, tal y como se ha comentado, sólo abarca los modos de transporte terrestre, utiliza bases de datos y procedimientos de análisis más actualizados que resultan en unos valores más reducidos de los costes, y descansa en un detallado modelo de transportes que, abarcando el conjunto de la C.A.P.V. es al mismo tiempo muy detallado a nivel urbano. Además el uso de este modelo permite la proyección de este estudio hacia un horizonte futuro situado en 2020. Por otra parte, hemos buscado visualizar con detalle dentro de este estudio todos los pasos seguidos en el proceso analítico de estimación de los costes externos.

Como avance indicaremos que los conceptos que provocan más externalidades son los de accidentes, contaminación del aire y congestión. El transporte por carretera es el mayor protagonista de los costes globales, aunque también el que mayor unidades transporta. Por su parte el ferrocarril tiene su mayor incidencia relativa en los costes en áreas urbanas y en los efectos indirectos.

**COSTES TOTALES POR CATEGORÍA DE COSTE PARA TRANSPORTE POR CARRETERA Y POR FERROCARRIL (EN MILLONES. € POR AÑO) TOTAL COSTES = 1.952 MILL € (CORTO PLAZO)**



## CAMBIO CLIMÁTICO

La evidencia científica de que las emisiones de gases de efecto invernadero tienen impactos negativos en el medio ambiente global y en la atmósfera es cada vez más clara. El impacto del cambio climático, incluso hoy en día, conlleva daños considerables y por lo tanto costes adicionales (inundaciones, tormentas, corrimientos de tierras, sequías, etc.). Para el cálculo de costes externos del cambio climático se utilizan básicamente dos alternativas:

- › **Costes por daños:** este método trata de cuantificar los cambios actuales y futuros del clima relacionados con los daños que éste causa y sus costes, así como los costes del mañana a precios actuales. Estos costes están en relación con la cantidad de emisión de gases de efecto invernadero y como resultado se han calculado los costes por tonelada de CO<sub>2</sub>.
- › **Costes de prevención:** debido a las grandes incógnitas en relación con las emisiones futuras de gases de efecto invernadero y a los impactos y daños causados por el cambio climático, esta alternativa de costes de prevención trata de cuantificar los que se producen por la reducción de ciertos gases de efecto invernadero. Estos costes dependen en gran manera de las previsiones (institucionales) de reducción, el tiempo en el que la reducción se lleve a cabo, el sector económico en el que las reducciones de gases se realizan y en la zona donde se llevarían a cabo las mismas.

Se calcularán tres escenarios:

### **Previsiones de reducción de Kyoto (España +15% en comparación con 1990):**

- **Escenario 1:** Ratio de coste **22.5 €/t CO<sub>2</sub>** usando mecanismos flexibles.
- **Escenario 2:** Ratio de coste **45 €/t CO<sub>2</sub>** por la reducción de gases de efecto invernadero dentro del sector nacional de transporte sin mecanismos flexibles.

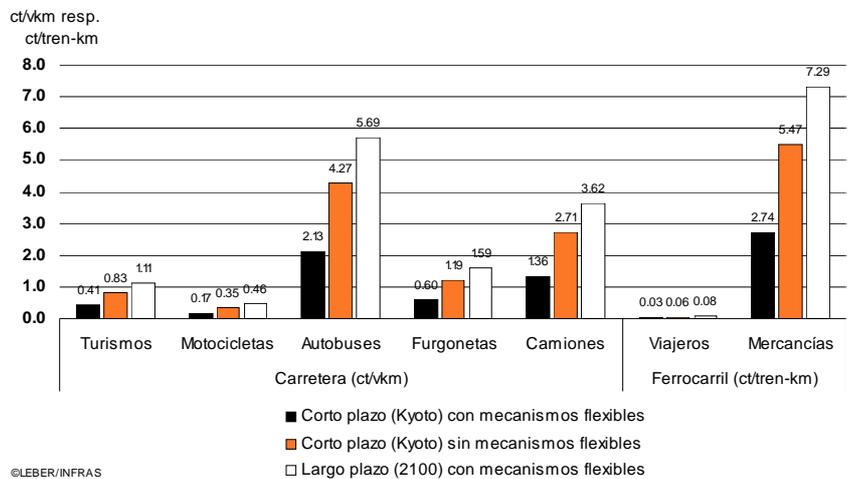
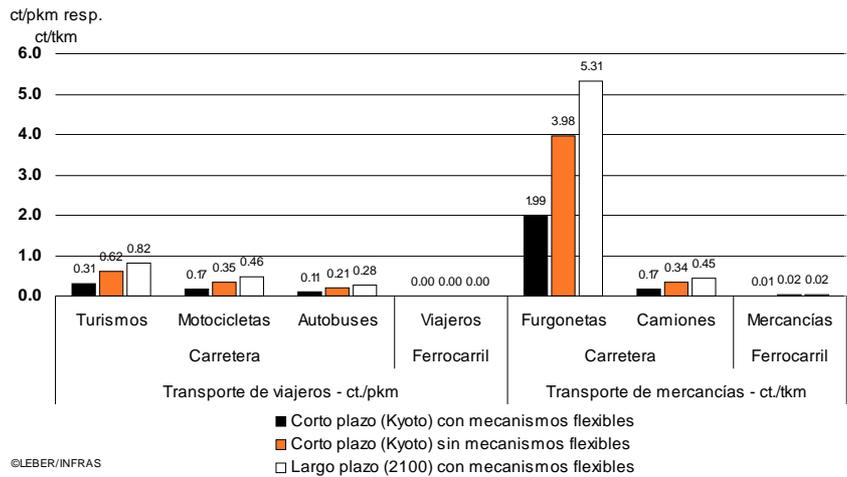
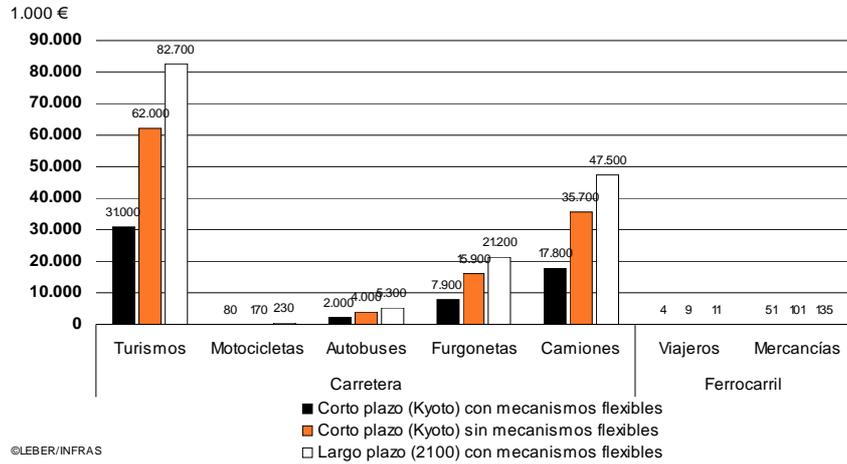
### **Previsión de reducción a largo plazo post-Kyoto (reducción global de un 34% en 2100 comparado con 1990):**

- **Escenario 3:** Ratio de coste **60 €/t CO<sub>2</sub>** utilizando mecanismos flexibles similares a los del protocolo de Kyoto.

El total de las emisiones de CO<sub>2</sub> relativas al transporte asciende a 2,6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes<sup>1</sup>. Los turismos y los camiones son los responsables de alrededor del 83% de estas emisiones. Para el transporte por ferrocarril sólo las emisiones directas de los trenes diesel se incluyen en esta categoría de coste. Las emisiones de gases de efecto invernadero de la producción de electricidad se cubren en la categoría de costes “Efectos indirectos”.

<sup>1</sup> Se consideran los siguientes los gases invernadero: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O. CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se extrapolan a CO<sub>2</sub> equivalente usando los factores GWP (Global Warming Potential).

### COSTES POR CAMBIO CLIMÁTICO EN 2004



## COSTES DE LOS ACCIDENTES

Los costes de los accidentes están basados en las cifras de accidentes en carretera y en ferrocarril. Los datos de accidentes en las carreteras se han obtenido de las estadísticas oficiales para el País Vasco: “Anuario Estadístico de Accidentes de Tráfico 2003” editado por el Gobierno Vasco. El cuadro que figura a continuación resume estos datos oficiales.

<b>VÍCTIMAS EN ACCIDENTES DE CARRETERA EN EL PAÍS VASCO 2003</b>				
	<b>Muertos</b>	<b>Heridos graves</b>	<b>Heridos leves</b>	<b>Total</b>
<b>Vehículos de dos ruedas</b>	10	118	399	<b>527</b>
<b>Vehículos ligeros (tur/furg)</b>	117	538	4943	<b>5598</b>
<b>Vehículos pesados (cam./bus)</b>	25	78	373	<b>476</b>
<b>Peatones</b>	22	72	174	<b>268</b>
<b>Otros vehículos</b>	1	4	46	<b>51</b>
<b>Total</b>	<b>175</b>	<b>810</b>	<b>5935</b>	<b>6920</b>

<b>Accidentes urbanos en el País Vasco</b>				
	<b>Muertos</b>	<b>Heridos graves</b>	<b>Heridos leves</b>	<b>Total</b>
Conductor	14	233	2.090	<b>2.337</b>
Pasajero	4	90	1.061	<b>1.155</b>
Peatón	9	131	482	<b>622</b>
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>454</b>	<b>3.633</b>	<b>4.114</b>

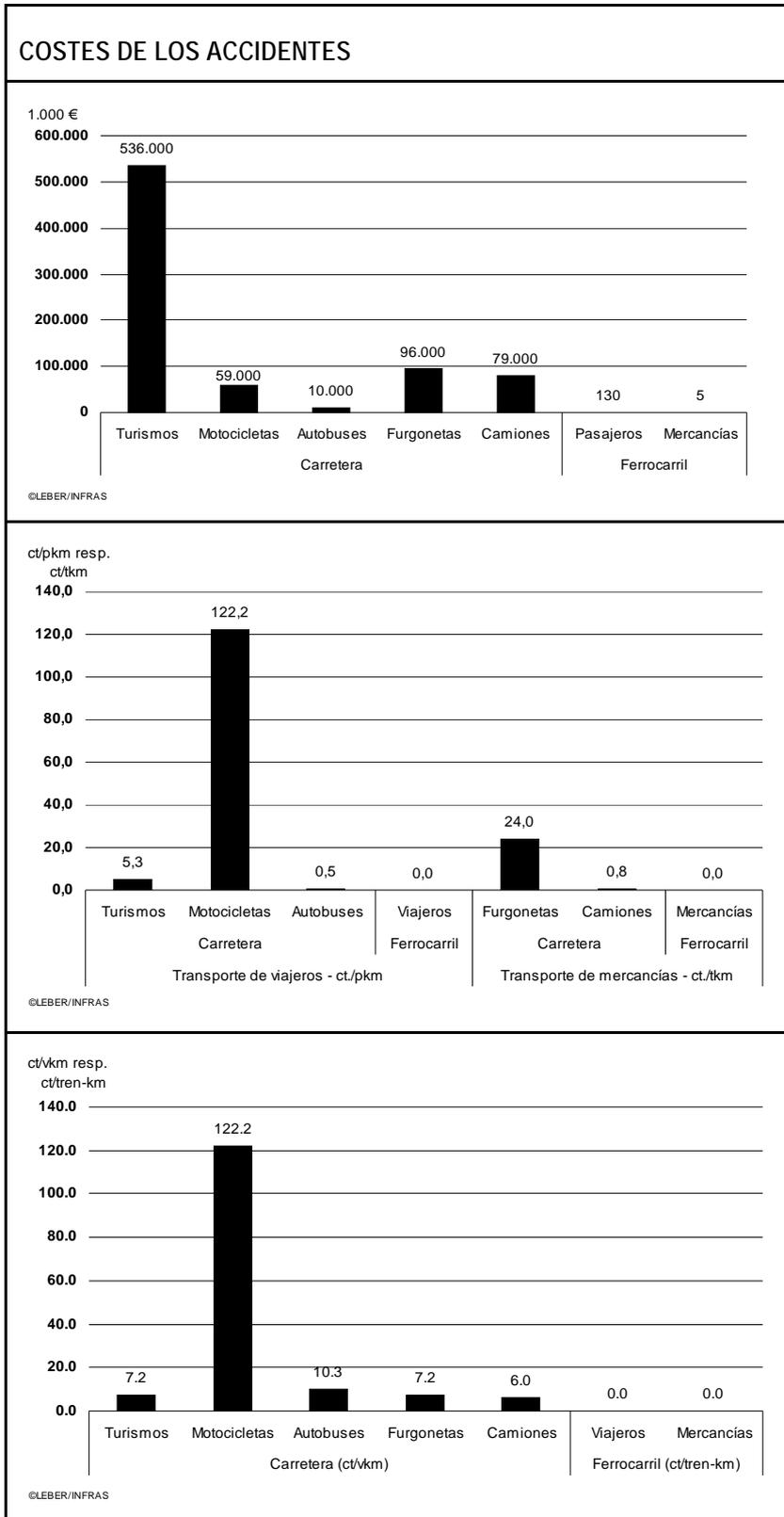
Los datos de accidentes en carretera han sido ajustados usando las cifras suizas del ratio de accidentes no-reportados. Este ratio está cerca de 0 para las víctimas mortales, pero llega a 3.6 para los heridos leves.

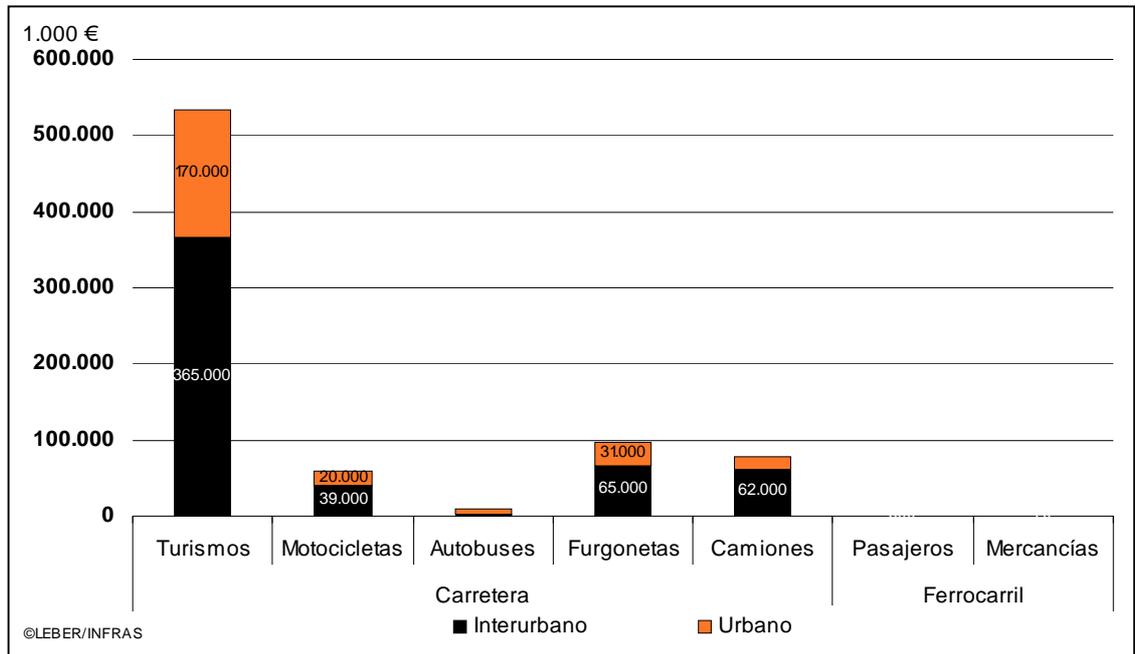
Para la mayoría de categorías de costes dentro de los costes de los accidentes (pérdida de mano de obra, costes médicos externos, etc.) se han usado datos recientes de Suiza y se han ajustado los valores del País Vasco para 2004. La principal fuente de información para los cálculos en el estudio suizo ha sido Costes Externos de Accidentes (ECOPLAN 2002).

Los costes totales por accidentes ascienden a 781 millones de euros anuales. Los turismos representan el 68% de estos costes, las furgonetas y los camiones alrededor del 12 y el 10%. Los costes de los autobuses son despreciables (alrededor del 1% de los costes totales).

El 1,8% de los costes totales de los accidentes, equivalente a 9,5 millones, proviene del modo de transporte en bicicleta, el cual no es una categoría oficial de vehículo en este estudio. Sin embargo, el número de ciclistas muertos o heridos sí debe ser estimado.

Los costes medios más altos se producen en las motocicletas, son 20 veces mayor que los de los turismos.





## RUIDO

La evaluación económica de los efectos negativos del ruido normalmente se centra en los siguientes dos aspectos que cubren los elementos más importantes:

- › Costes debidos a los efectos negativos en la salud (hipertensión, infarto de miocardio, angina de pecho). Estas enfermedades producen unos costes externos que constan de los siguientes componentes:
  - › Costes de tratamientos médicos (tratamientos hospitalarios y externos)
  - › Pérdidas de horas de trabajo (debido a las bajas laborales)
  - › Costes intangibles (pérdida de salud, dolor y sufrimiento): se cuantifica usando la disposición a pagar.
- › Costes debidos al malestar creado por el ruido: la molestia debida al ruido se refleja en la disposición de los ciudadanos a pagar para evitar el ruido producido por el tráfico.

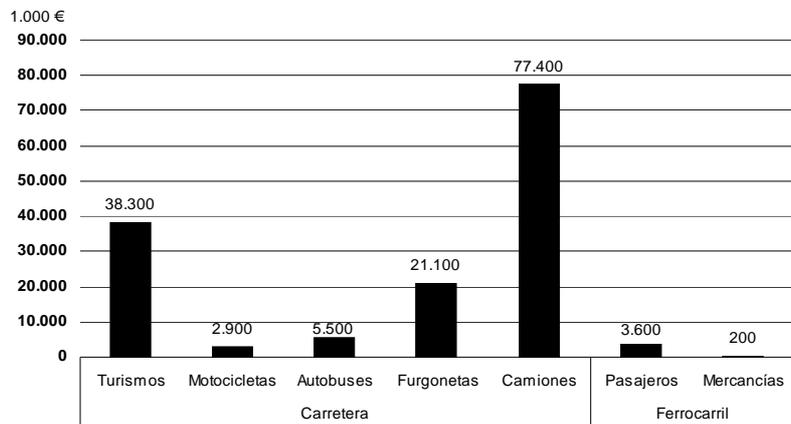
La exposición al ruido está determinada por el uso de un modelo de ruido de tráfico y ferroviario para Bilbao y Vitoria respectivamente. La situación de la exposición de estas dos ciudades está extrapolada a todo el País Vasco.

La extrapolación del ruido del **tráfico** (Bilbao sirve de referencia) se realiza considerando los siguientes factores relevantes: densidad de tráfico (veh-km/km<sup>2</sup>), porcentaje de transporte pesado (el porcentaje de motocicletas se supone similar en todas las ciudades), velocidad media, densidad de las carreteras, de la población y el empleo, en todas las áreas urbanas.

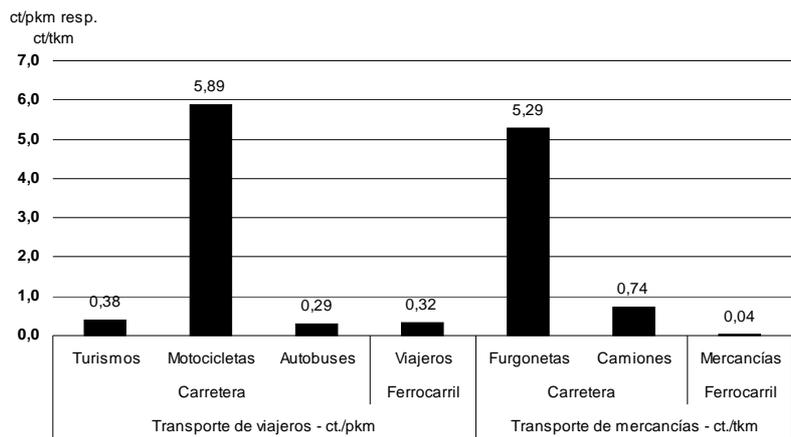
Para el **ferrocarril** el mapa de ruidos de Vitoria se toma como base para el resto de municipios. La gente que vive alrededor de las líneas de tren en las áreas urbanas se estima que es la misma en todos los municipios (proporcionales a la longitud de la línea). De este modo, se procede al cálculo de la gente afectada en cada municipio. El nivel de ruido a que se ve expuesta la población se hace de la misma manera que el caso del tráfico, usando como factores relevantes el número de circulaciones y el peso de los trenes (tres tipos: pasajeros de RENFE, pasajeros en trenes de vía métrica y trenes de mercancías).

Más del 50% de los costes de los ruidos en el País Vasco son causados por camiones y un 25% por turismos. El transporte por ferrocarril solo genera el 2,6% del total de los costes de ruido.

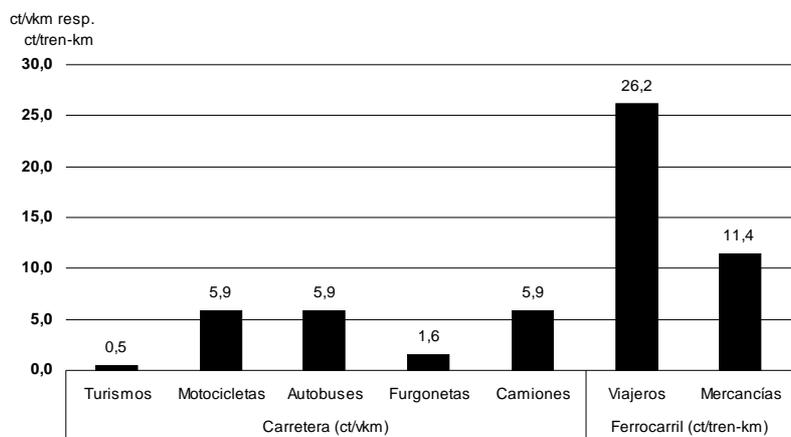
### COSTES DE RUIDO POR MODOS DE TRANSPORTE 2004



©LEBER/INFRAS



©LEBER/INFRAS



©LEBER/INFRAS

### **COSTES DE CONTAMINACION DEL AIRE (AMBIENTAL)**

La contaminación ambiental causa diferentes tipos de daños que provocan externalidades. En este estudio se tomarán en consideración los siguientes aspectos:

- › Impacto en la salud
- › Impacto en las cosechas y producción agrícola (pérdida de las cosechas)

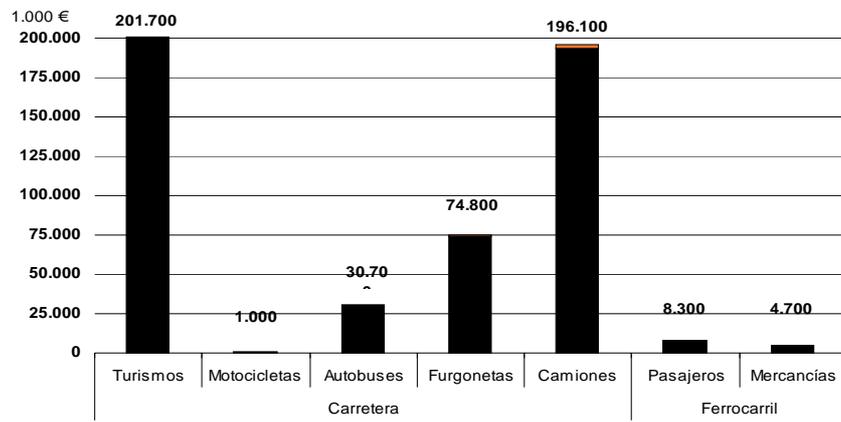
Además otros impactos negativos de la contaminación ambiental son el daño a los bosques y daños en materiales y edificios. El daño a los bosques es debido a la emisión de sustancias ácidas que llevan a crear un suelo ácido y la formación de ozono que reduce el crecimiento de los tallos. Sin embargo estos efectos negativos no pueden cuantificarse aquí debido a que la relación entre la respuesta y la dosis sólo es parcialmente conocida y a que no existen datos básicos para el País Vasco (p.e. datos sobre la acidez del suelo en los bosques).

En cuanto a los daños en la edificación, éstos son de menor importancia en comparación con los costes en la salud y al no existir una base de datos específica y suficientemente documentada sobre superficies de fachadas y tipos de materiales, la estimación de los costes sería muy grosera y con una alta probabilidad de error.

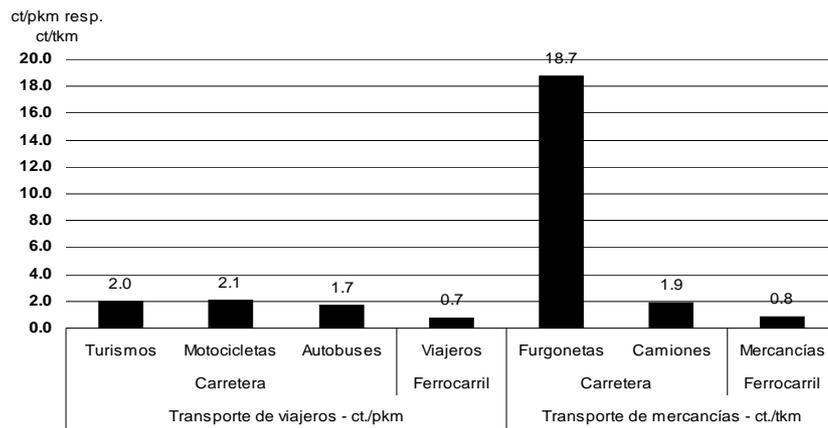
Por lo tanto en este estudio se cuantifican los otros dos aspectos negativos de la contaminación ambiental: costes para la salud, y pérdida de las cosechas.

Los costes externos por este concepto ascienden a la cantidad de 518 millones de euros al año. Los debidos al transporte por carretera son 482 millones, mientras que los de transporte por ferrocarril ascienden a 36 millones de euros.

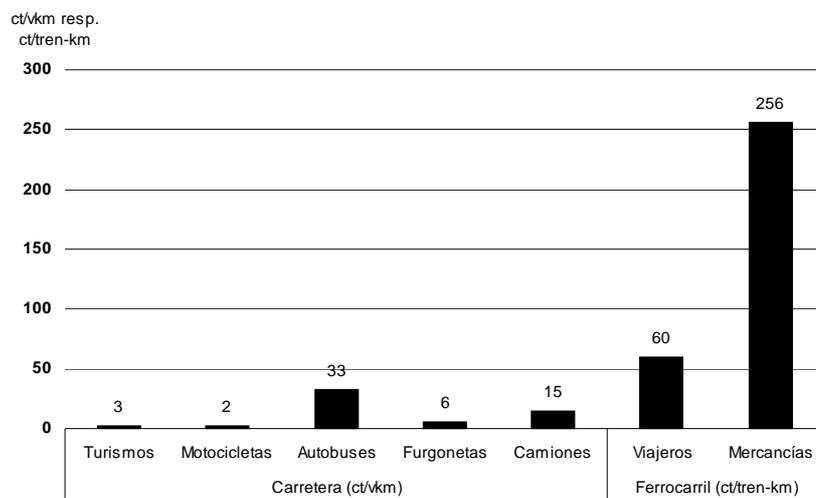
### COSTES DE CONTAMINACION DEL AIRE POR MODO DE TRANSPORTE 2004



©LEBER/INFRAS



©LEBER/INFRAS



©LEBER/INFRAS

## **COSTES PARA LA NATURALEZA Y EL PAISAJE**

Los costes por este concepto vienen dados por dos vertientes:

- › Costes de permeabilización de infraestructuras y restauración: se refieren a los impactos que las infraestructuras tienen directamente sobre el terreno (ocupación de suelo, efecto barrera) y el entorno afectando a los ecosistemas próximos.
- › Costes por contaminación de suelo: provocados por las emisiones de los vehículos que circulan por las infraestructuras.

### **Costes de permeabilización de infraestructuras y restauración**

Los impactos negativos en la naturaleza y el paisaje tienen diversas causas, dos son las más relevantes para este informe:

- › La ocupación de la zona por donde discurre la vía, causada por la infraestructura de transporte y en relación con el área donde la infraestructura está ubicada e incluso un área colindante afectada.
- › Los otros impactos, por ejemplo: trastorno de la vida animal y sus biotopos por ruido, efectos barrera o trastorno visual.

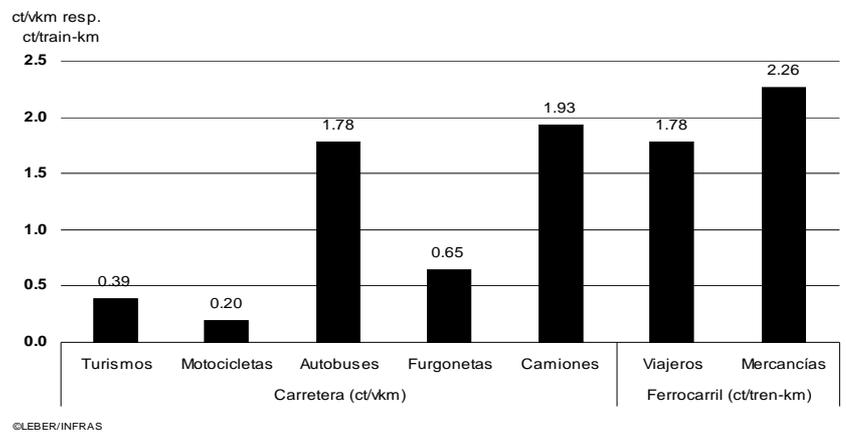
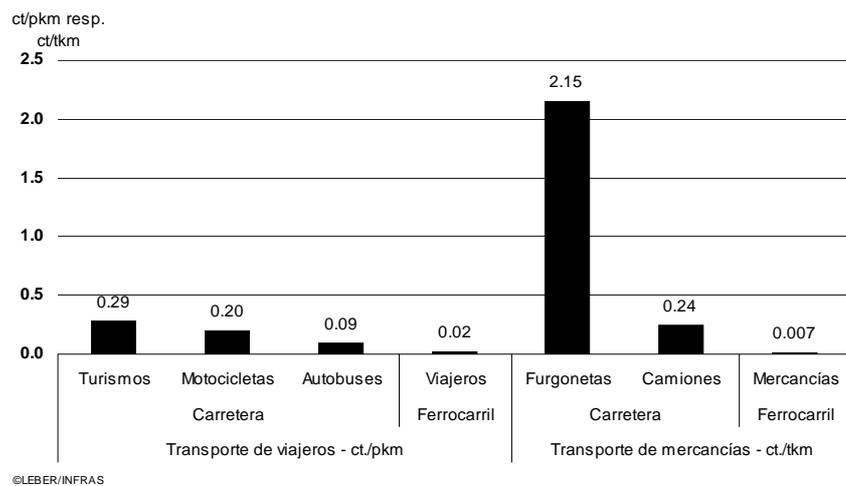
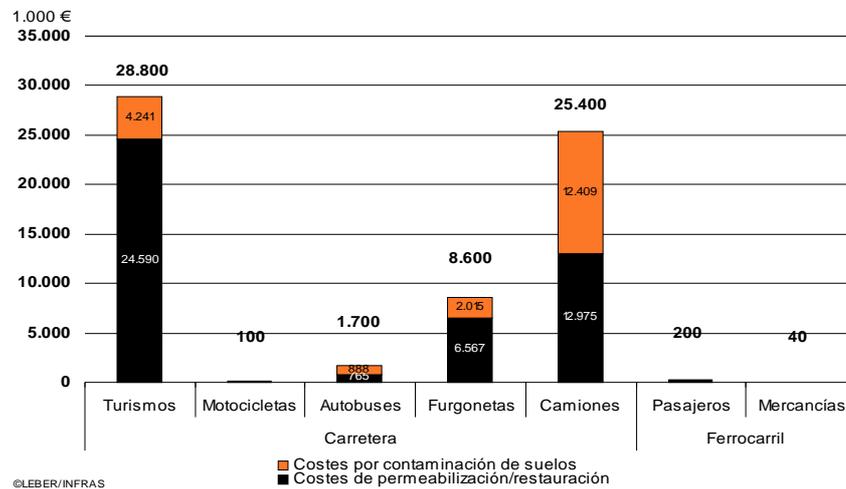
Se tiene en cuenta la evolución de las infraestructuras desde un año de referencia, se utiliza 1950.

### **Contaminación del suelo**

El efecto negativo más relevante del tráfico en los suelos se produce por la emisión de metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Estos contaminantes producen un daño en las plantas y disminuye la fertilidad del suelo a lo largo de las rutas y puede incluso suponer un riesgo para los animales y los humanos.

La suma de los costes externos para la naturaleza y el paisaje ascienden a 64.9 millones de euros por año. Aproximadamente la mitad de los costes se producen debido a los turismos. Los costes totales para la naturaleza y el paisaje causados por el ferrocarril son inferiores al 1%.

### COSTES TOTALES PARA LA NATURALEZA Y EL PAISAJE



## COSTES EN ÁREAS URBANAS

En áreas urbanas el tráfico motorizado tiene un efecto sobre los actores no-motorizados (peatones, ciclistas, etc.). En algunos estudios anteriores (UIC 2004, INFRAS 2006) se cuantificaron los dos siguientes efectos:

- › Pérdidas de tiempo debido a los efectos separados de los peatones
- › Problemas de falta de espacio (expresado como la pérdida de espacio disponible para las bicicletas)
- › Otro posible efecto (invasión visual debido al volumen de transporte e infraestructuras) es difícil de medir y no existen estimaciones seguras.

Además, los problemas de falta de espacio son bastante difíciles de cuantificar y los resultados en los estudios anteriores sugieren que son de menor importancia. Por lo tanto, este trabajo se centra en las pérdidas de tiempo debidas a los efectos de separación para los peatones, para lo cual se apoya en la encuesta de movilidad del año 2002 del Gobierno Vasco.

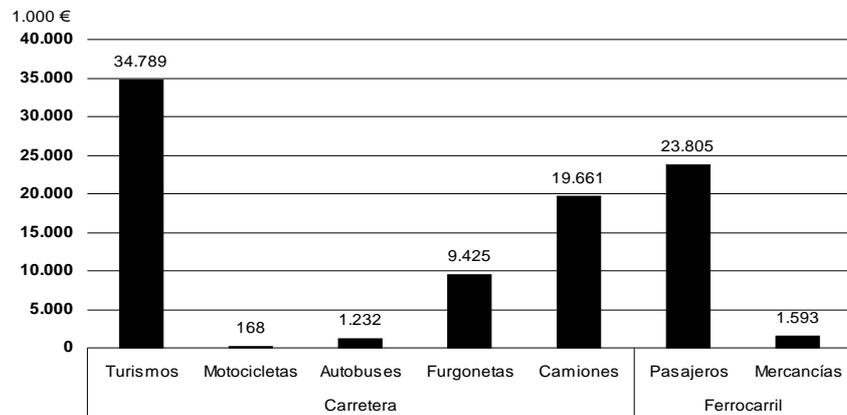
El proceso de cuantificación de cruces de vías está basado en un modelo de aproximación desarrollado por LEBER, el cual tiene en cuenta las pérdidas durante los cruces de carreteras y líneas de ferrocarril. Las pérdidas de tiempo difieren según el tipo de carretera (basado en EWS 1997 y estimaciones propias)

Los costes totales se calculan en base a datos anuales agregados y los valores del tiempo (Viajes por trabajo 13€/hora, resto de motivos 4€/hora). Para la asignación de los costes totales a las diferentes categorías de vehículos, se usan datos ponderados de kilometraje (usando la unidad de turismos equivalentes por categoría de vehículo)<sup>2</sup>.

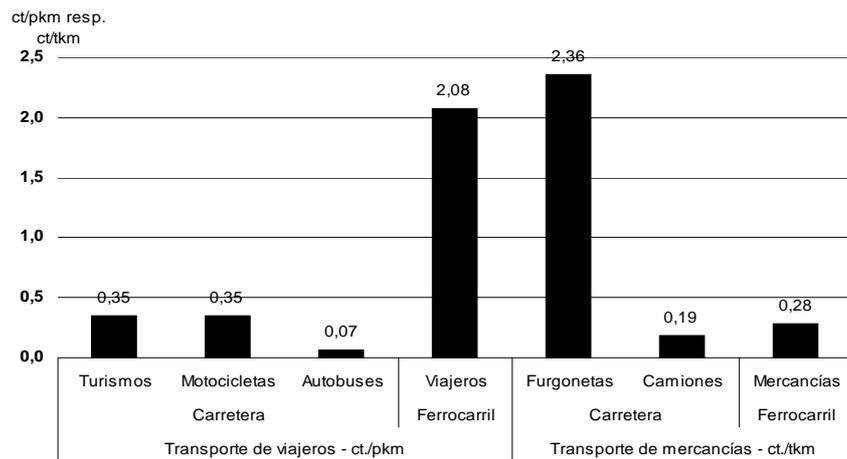
Los resultados arrojan que el transporte ferroviario de pasajeros tiene costes relativamente altos por pasajero-kilómetro comparado con el transporte por carretera. La razón para que ocurra esto, es que se transportan menos pasajeros en el ferrocarril de lo que una red ferroviaria tan densa permitiría.

<sup>2</sup> Unidades de turismos equivalentes por categoría de vehículo: Turismos 1, Motocicletas 0.5, Autobuses 2.5, Furgonetas 1.5, Camiones 3

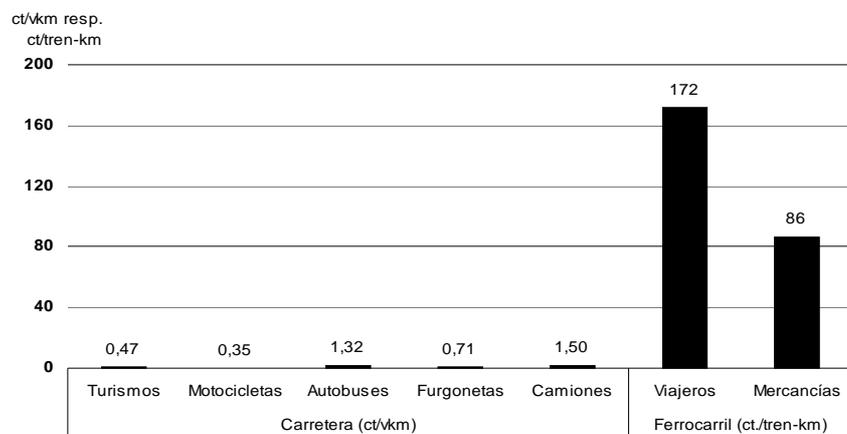
## COSTES EN ÁREAS URBANAS



©LEBER/INFRAS



©LEBER/INFRAS



©LEBER/INFRAS

## EFFECTOS INDIRECTOS

Los efectos indirectos del transporte originan efectos externos adicionales. Los procesos más relevantes considerados son:

- › Producción energética (precombustión)
- › Fabricación de vehículos, mantenimiento y desguace
- › Construcción de infraestructuras, mantenimiento y eliminación

El enfoque se centra en la emisión de los gases de efecto invernadero, debido a que causan efectos a nivel global, mientras que los efectos de las emisiones de otros contaminantes aéreos dependen fuertemente de las ubicaciones locales de cada uno (densidad de población, etc.). Debido a que el catálogo de datos de la LCA está únicamente disponible en un nivel alto de agregación, los efectos directos y locales de los contaminantes aéreos como PM10 no pueden ser calculados adecuadamente.

### **Fabricación de vehículos, mantenimiento y desguace**

Para los vehículos de carretera, la producción de los mismos y su mantenimiento son los procesos con las emisiones de CO<sub>2</sub> más elevadas.

### **Construcción de infraestructura, mantenimiento y destrucción**

Las emisiones de gases de efecto invernadero de las infraestructuras se expresan en kg por metro de infraestructura y año. Las emisiones de la infraestructura del ferrocarril tienen un factor 5 veces mayor que las de la carretera.

### **Precombustión**

Los GEIs se presentan también en la producción de petróleo, refino y transporte a las gasolineras. Todos estos procesos los abarca la base de datos de Ecoinvent para Suiza (Ecoinvent 2004).

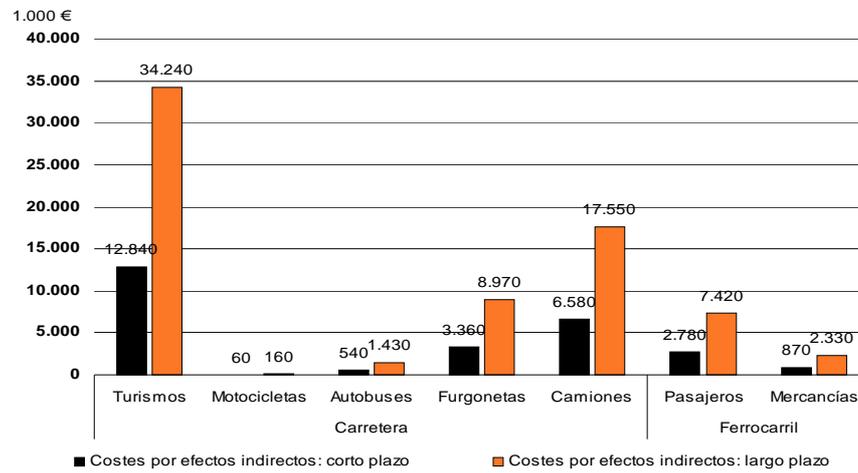
El segundo impacto más importante son las emisiones de GEIs por la generación de electricidad. El Ecoinvent (2004) dispone de datos sobre estas fuentes de energía eléctrica en España que abarcan la producción interna más las importaciones.

Dependiendo del factor de prevención (a corto plazo: objetivos de Kyoto, largo plazo: objetivos post Kyoto), los costes totales de los efectos indirectos varían entre 28 y 75 millones de €/año.

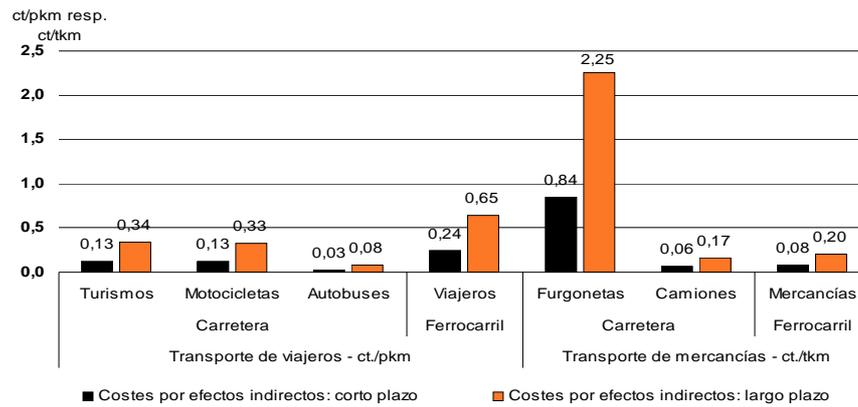
A corto plazo, se usa el valor de 22,5 €/Tm CO<sub>2</sub>-eq para los objetivos de Kyoto y los factores de costes de prevención. A largo plazo y para los objetivos de después de Kyoto se usa el valor de 60 €/Tm CO<sub>2</sub>-eq.

En general en el transporte por carretera los costes son menores que en el transporte por ferrocarril. La razón para que ocurra de esta manera es el alto número de centrales térmicas de combustible fósil que hay en España.

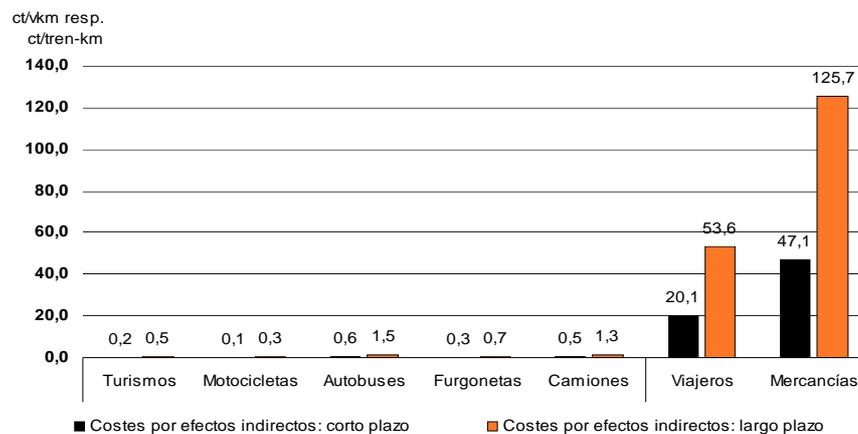
## EFECTOS INDIRECTOS



©LEBER/INFRAS



©LEBER/INFRAS



©LEBER/INFRAS

## CONGESTIÓN

Se han considerado tres tipos de congestión:

- › Congestión recurrente en áreas urbanas
- › Congestión recurrente en áreas interurbanas
- › Congestión por incidencias en la carretera.

Sólo se han contabilizado los costes por tiempos de demora, dado que no se han tenido en cuenta aspectos tales como contaminación del aire, cambio climático o accidentalidad, como causa efecto de la propia congestión en ausencia de datos feacientes en este sentido.

### **Congestión recurrente (urbana e interurbana)**

La metodología para la estimación de la congestión se basa en una medida de demora apoyada en la conocida relación flujo-velocidad para ejes interurbanos y en las demoras en intersecciones urbanas de dichos entornos. Se trata en suma de estimar los costes actuales del usuario, en términos de tiempos suplementarios a los de “flujo libre” sobre la base de los niveles de servicio a las que están sometidos los diversos elementos de la red viaria.

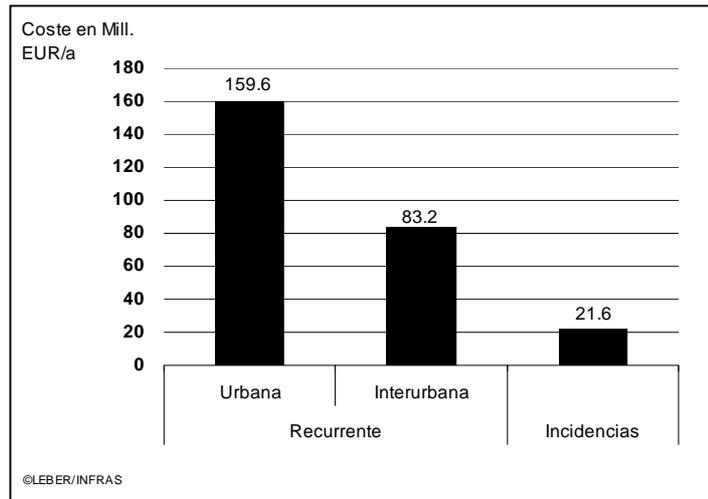
Para representar los “**entornos urbanos**”, se usa el modelo de transporte de la C.A.P.V. enfocándose en la ciudad de Bilbao, dado que incluye todos los esquemas de regulación en sus intersecciones.

Para incorporar los efectos de congestión de “**ejes interurbanos**”, se ha recurrido a la asignación de tráfico para cuatro periodos horarios al conjunto de la red viaria de la C.A.P.V. Esta asignación ha permitido estimar mediante las relaciones flujos-velocidad del Manual de Capacidad de Carreteras Americano, de uso universal, adoptando las curvas B.P.R. (Bureau of Public Roads) con factores  $\alpha=0.3$  y  $\beta=15$ .

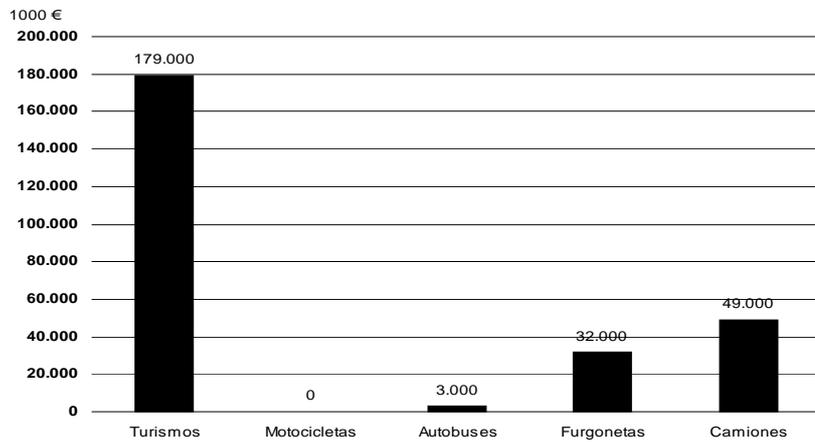
### **Congestión por incidencias**

Se apoya en el estudio del tramo de la A8 que discurre por el Bilbao metropolitano, sus resultados se extrapolarán al área de San Sebastián en función de los factores que consideramos relevantes, que no son otros que la longitud del tramo estudiado, el volumen de tráfico y el número de carriles en proporción inversa. El estudio de la situación tomada como base se realiza teniendo en cuenta el intervalo horario en que se produce la incidencia, su duración y la afección a la carretera, así como la intensidad en dicho tramo.

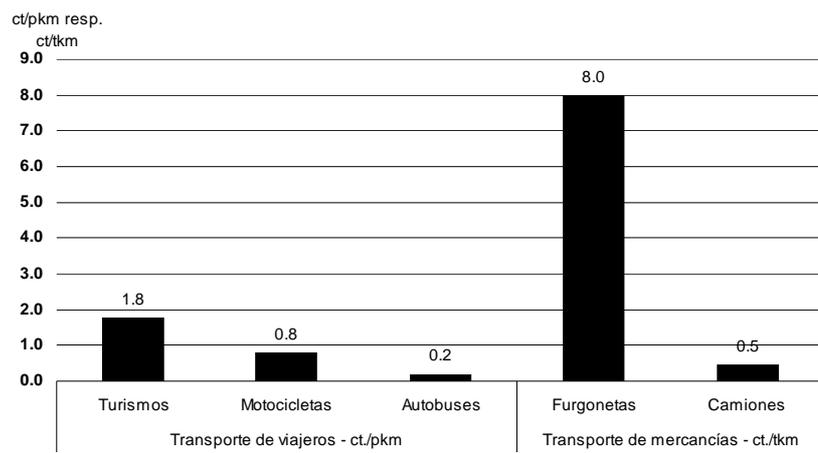
Los resultados finales dan unos valores de casi 160 millones de euros anuales para la congestión recurrente urbana, 83 millones para la recurrente interurbana y casi 22 millones para la provocada por incidencias.



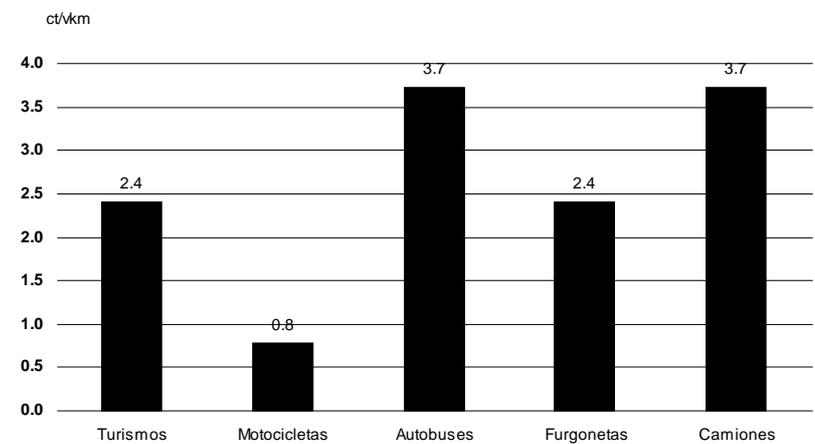
### CONGESTIÓN



©LEBER/INFRAS



©LEBER/INFRAS



©LEBER/INFRAS

## RESULTADOS A 2020

Se han proyectado tres escenarios para el año 2020 que pretenden reflejar los aspectos que figuran a continuación.

- › Escenario A: continuación de las tendencias sociales y económicas actuales.
- › Escenario B: agudización de las actuales tendencias de transporte, aumento de la inmigración y aumento de la actividad económica.
- › Escenario C: aumento de la inmigración como en el B, aumento de la actividad económica y adopción agresiva de políticas activas de reducción de externalidades.

Los resultados, que aparecen de forma gráfica en páginas posteriores, son elocuentes en comparación con la situación de 2004.

Para el escenario A que supone una continuación de las tendencias demográficas actuales con reducción de la población (y de la actividad económica), y sin políticas activas que mitiguen los costes externos provocados por el transporte, se produce un aumento de éstos entorno al 17,4 %. Una parte significativa del aumento de los costes externos con respecto al 2004 está asociada a la congestión viaria, dado que las tendencias muestran la continuación del fenómeno de dispersión espacial de residencia y de ubicación de actividades económicas.

Con los escenarios B y C en los que existe una mayor tasa de inmigración que conlleva un mantenimiento de la población y un aumento del PIB, se observan dos situaciones muy elocuentes: con el mantenimiento de las actuales políticas de transporte y de ordenación del territorio la situación resulta insostenible debido a los altos costes de congestión, lo que denota la imposibilidad de alcanzar semejantes niveles de PIB y de ocupación laboral sin tomar medidas importantes en el campo del transporte.

Por contra, con el escenario C, en el que se ha estimado una aplicación agresiva de políticas encaminadas a reducir las externalidades del transporte (mejora del transporte público, peajes viarios...) así como una cierta aglomeración urbana de residencia y empleo, la situación final resulta bastante más plausible, si bien, aún con estas condiciones ya comentadas, los costes externos aumentan con respecto a la situación actual (un 27% en el escenario C y un ¡955%! En el B aunque se trata de un escenario “analítico” de estado final, en el que el proceso hasta llegar allí se tornaría inviable).

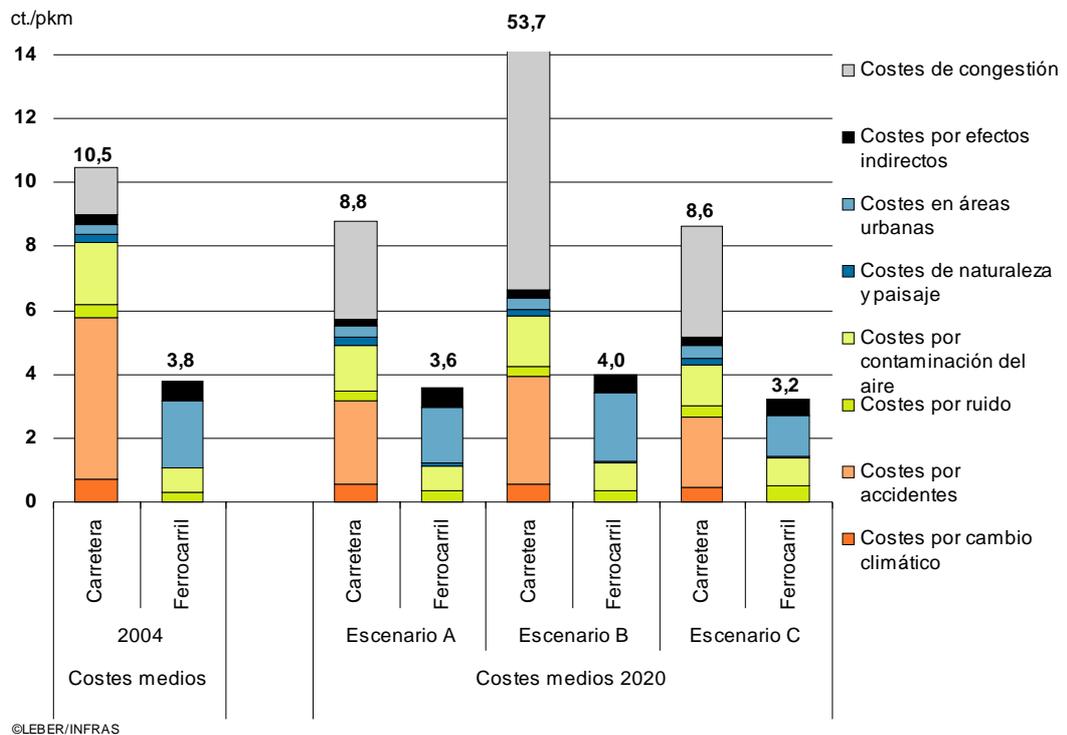
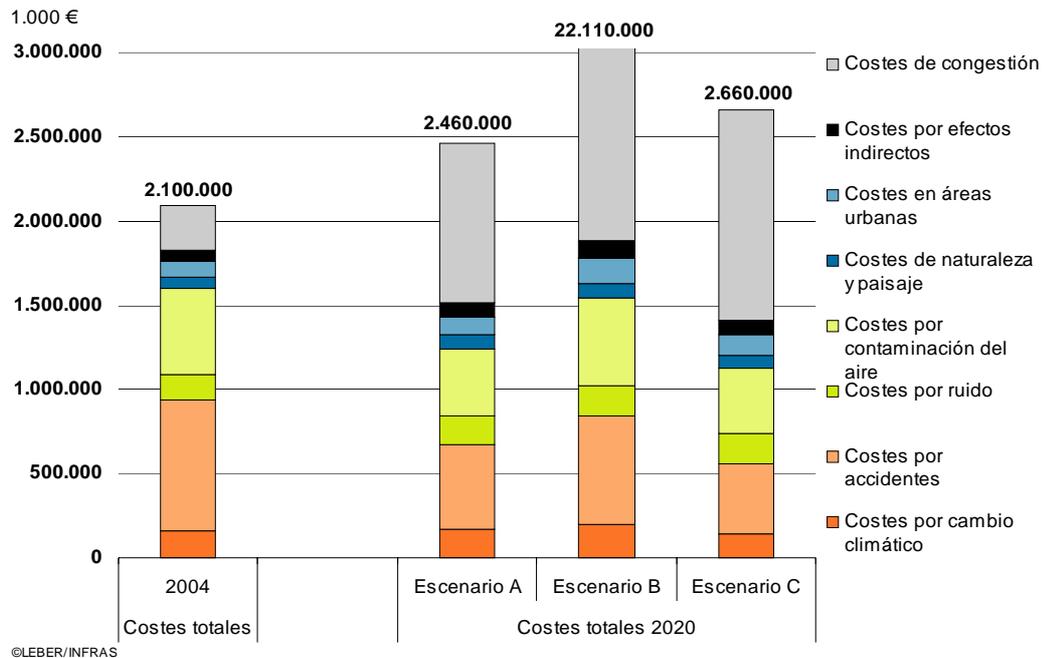
Si no consideráramos el efecto de la congestión, los resultados serían mejores que la situación actual, tanto en el escenario A como en el C, y sólo aumentarían un 3% en el C. Esto sería gracias a los avances tecnológicos en materia ambiental aplicados a los motores y a la mejora en la seguridad. Todo ello a pesar de que con un aumento del PIB/cápita la valoración de los aspectos ambientales y de seguridad sería mayor que en la actualidad.

Todo ello apunta a la urgencia de adoptar ya medidas drásticas en tanto el campo del desarrollo urbanístico como en una auténtica gestión multi-modal del sistema de transporte con políticas agresivas que logren invertir en el momento actual las actuales tendencias. Se trata de conseguir que las proyecciones realizadas tanto para el escenario A como para el C no lleguen a materializarse mediante un proceso que debería iniciarse ahora.

A continuación exponemos estos resultados de un modo gráfico.

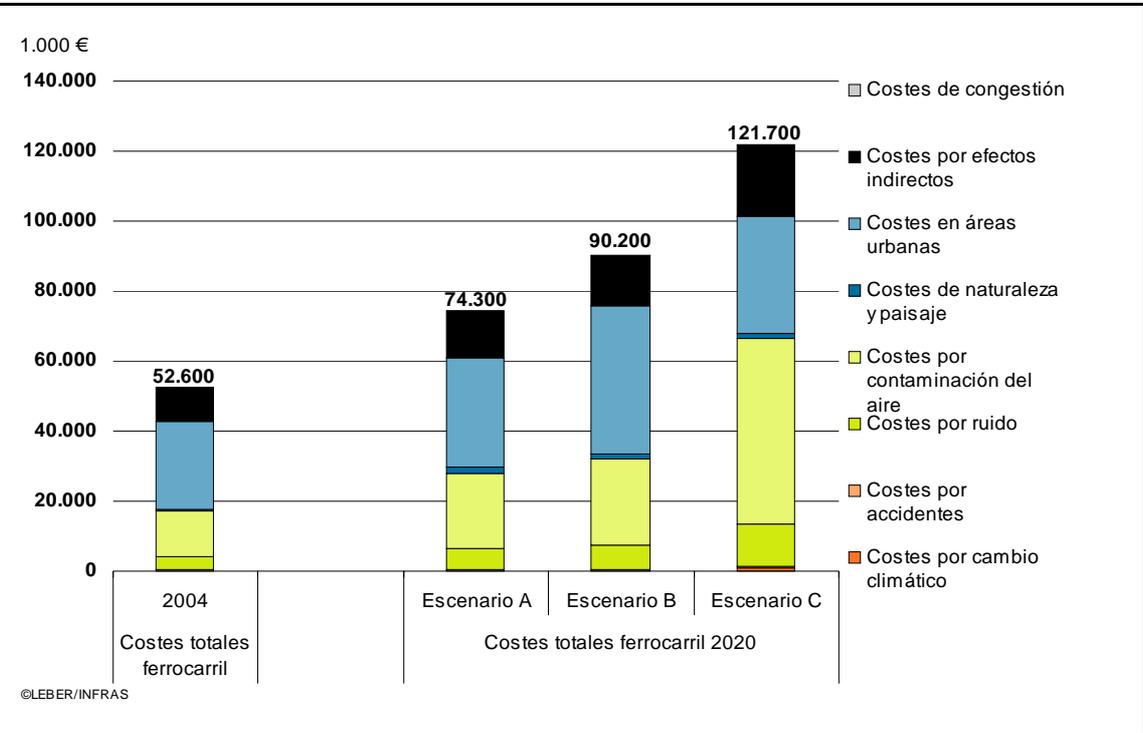
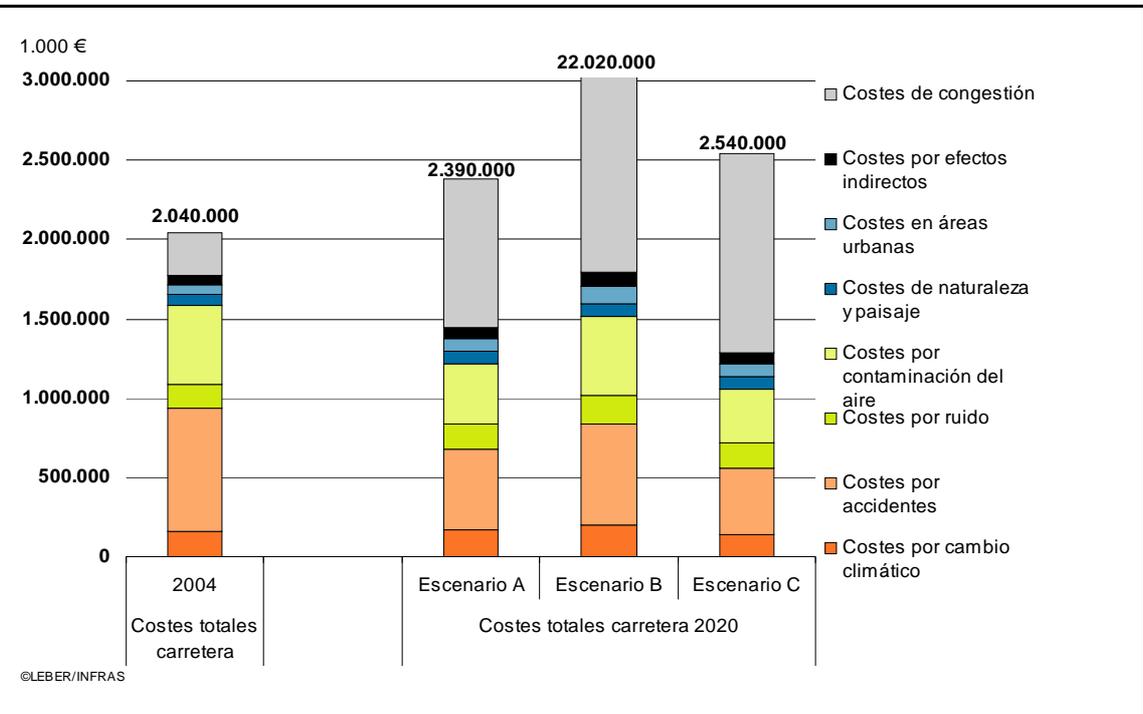
## COMPARACIÓN DE RESULTADOS 2004 – 2020

## COSTES TOTALES Y MEDIOS A PRECIOS DE 2004



COMPARACIÓN DE RESULTADOS 2004 – 2020

COSTES TOTALES POR CARRETERA Y FERROCARRIL A PRECIOS DE 2004



## RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS

Los costes totales en términos absolutos corresponden a un total de **1.952 millones de euros**, cifra suficientemente elevada si se compara por ejemplo con los presupuestos anuales de inversión y gestión del conjunto del Gobierno Vasco. En términos relativos, dicho monto medio total se puede relativizar por ejemplo en base a su repercusión por habitante en la C.A.P.V., resultando una cifra de unos **930 euros por habitante y año o bien 2.600 euros por familia**.

Este estudio no pretende ser un mero ejercicio contable, sino que sus redactores entendemos que puede servir para influenciar la política de transporte. En concreto, nos referimos a las fases de evaluación de la rentabilidad socio-económica de todo nuevo proyecto, que debiera tener en cuenta los resultados objeto de este estudio. El cálculo de los costes externos nos permite visualizar los problemas del transporte mediante la asignación de un valor monetario.

Hay dos tipos de problemas provocados por las externalidades del transporte: El primero es que la congestión, la accidentalidad y el deterioro del medioambiente están provocando costes muy importantes para la economía. La reducción de estos costes conlleva una mejora de la eficiencia del sistema. El segundo tipo de problema es la falta de equidad social derivada del hecho de que a menudo pagan los que no deben, contraviniendo el principio tradicional de que sea el usuario quién absorba las consecuencias de su decisión.

Los costes futuros que se han estimado en base a la proyección al 2020 de las variables críticas del transporte y de su entorno – a pesar del progreso tecnológico y la mejora en la seguridad – siguen aumentando, aunque su crecimiento es más bajo que el incremento de los volúmenes de tráfico, no así en el caso de la congestión, dado su carácter no lineal.

El escenario en el que se obtienen los mejores resultados de los tres planteados, es aquel en el que se establecen políticas agresivas enfocadas a minimizar las externalidades del transporte y mejorar su rendimiento. Pero incluso dentro de este escenario, los costes externos siguen creciendo con respecto al 2004 como año de referencia, además de mostrar valores absolutos relativamente altos. Esto se debe a los siguientes motivos: en primer lugar, una razón importante para el incremento de los costes futuros es el hecho de que el valor que da la sociedad a la seguridad y al medio ambiente también se incrementan. Un segunda razón es que no se adopta una política especialmente drástica de internalización de estos costes, aumentando las tasas de uso entre los usuarios del sistema de transporte.

Es por esto que no exista política capaz de reducir los costes ambientales o los costes por accidentes a cero. De todos modos esta postura utópica no sería eficaz, ya que los costes derivados de reducir las externalidades a cero podrían ser a su vez demasiado altos. Sin embargo una política de asignar valores monetarios que absorbiesen los usuarios del sistema de transporte (como peajes, sistemas de financiación, tasas de aparcamiento) podría reducir una importante parte de estos costes. Además, estos instrumentos de tarificación tienen la ventaja añadida de que pueden repercutir la factura a quien realmente le corresponde, y al mismo tiempo, se erigen en mecanismo para garantizar la funcionalidad del sistema viario.

**Resulta útil definir el objetivo de cuál queremos que sea el nivel de costes externos futuros, para en base a él definir las políticas de transporte.** Una posibilidad sería la estabilización y reducción de los costes externos, hasta un nivel aceptable. Teniendo en cuenta los resultados de los escenarios de futuro de este estudio, podría plantearse como meta el escenario referido a una política encaminada hacia una mejora ambiental, ya que tiene una mezcla óptima entre ampliación de capacidades (medidas físicas como variantes viarias y mejoras en el transporte público), sistemas inteligentes para mejorar la eficiencia del tráfico como la gestión del tráfico y los peajes, y un importante recurso a mejoras tecnológicas y de seguridad.

Un objetivo futuro, como es el nivel de este escenario, unido a un instrumento de tarificación para que sean los usuarios del transporte los que paguen los costes (como los peajes o un incremento en los impuestos de los vehículos) sería lo más adecuado. En una segunda fase sería recomendable una reducción de estos costes un 5% cada año a título orientativo.

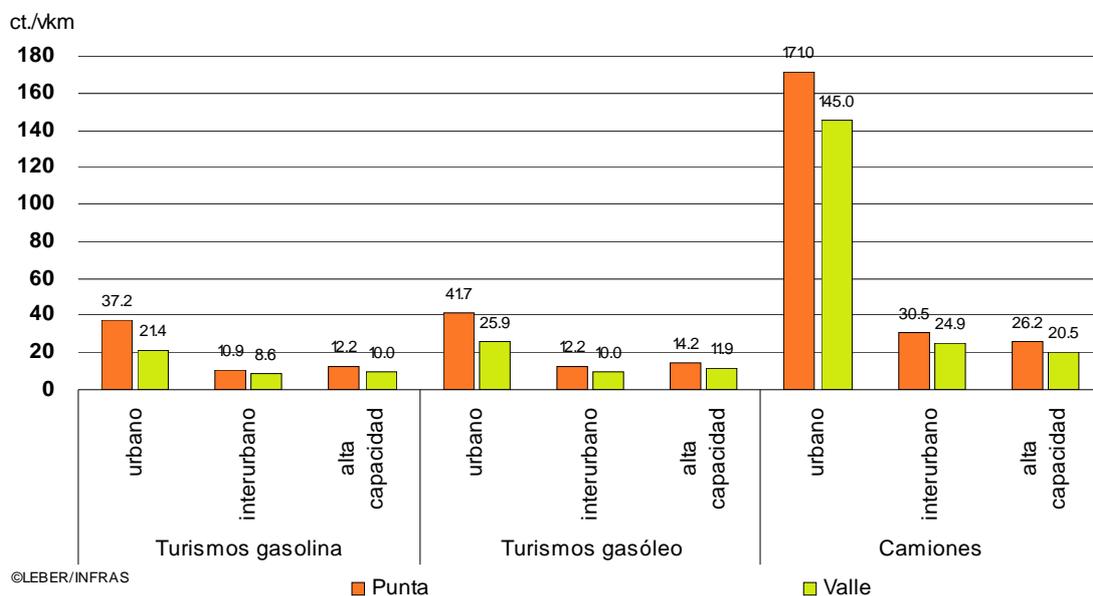
Este proceso requiere definir una serie de indicadores: número de accidentes, niveles de tráfico (durante el día, en horas punta), emisiones y consumo de energía, número de autobuses con filtros de partículas...; de cara a su gestión para garantizar la satisfacción de dicho objetivo.

#### Uso de los costes externos para la evaluación coste-beneficio de proyectos de transporte

Los costes unitarios aquí obtenidos, pueden (y creemos que deben) ser utilizados para tener en cuenta los impactos de la congestión viaria, la accidentalidad y el deterioro del medio ambiente en la evaluación de los proyectos.

Resulta de gran utilidad la inclusión de estos costes unitarios en la evaluación de los proyectos de infraestructura (a fin de llegar a adoptar las medidas complementarias óptimas), en la de las actuaciones de gestión de tráfico, o en otras medidas como la adopción, obligada o incentivada, de por ejemplo, los filtros de partículas para los coches diesel o la reducción de los límites de velocidad. De cara a la evaluación de proyectos, se recomiendan los siguientes

- › por veh-km (o tren km)
- › por unidad de impacto (accidente, emisiones, ruido)



A nivel conceptual, se puede adelantar utilizando los costes de mayor a menor rango, cómo se la política de el Departamento de Transportes y Obras Públicas en coordinación con otros departamentos, así como con otros niveles de la Administración (Diputaciones Forales y Municipios), debería incidir prioritariamente en:

- Políticas enfocadas a mitigar la accidentalidad, interurbana y urbana
- Políticas que reduzcan la contaminación atmosférica en entornos urbanos
- Políticas que transfieran demanda hacia el transporte público en entornos metropolitanos y urbanos
- Políticas tarifarias que transfieran los costes externos a los usuarios del sistema
- Políticas que reduzcan la exposición sonora en entornos urbanos

- Políticas de Usos del Suelo: Punto de equilibrio entre mayores densidades (que suponen mayor coste de contaminación y congestión) y dispersión espacial (con mayor coste en infraestructuras), con un aumento de la energía consumida y de los costes por cambio climático.

Lo anterior se traduce a su vez en posibles actuaciones sectoriales del tipo siguiente, cuya mayor contribución es cuando se aplican mediante paquetes con claras sinergias entre sí:

- › **Política de infraestructuras:** Adopción de nuevos métodos y valores para la evaluación socio-económica de nuevas infraestructuras en términos multi-modales. En concreto dicha evaluación debe tener en cuenta tres grupos de conceptos: (a) eficiencia económica del sistema de transporte, a lo largo de su ciclo vital, es decir, teniendo en cuenta su contribución en ahorros de tiempo, costes de explotación, así como los de gestión y mantenimiento), (b) Costes medioambientales y de consumo de suelo, tales como los que son objeto de este estudio, y no menos importantes, (c) impactos a nivel del desarrollo metropolitano y regional en términos económicos de atracción (ó pérdida de empleo), intercambios comerciales, competitividad empresarial, nueva demanda inducida por fomento de nuevos desarrollos tanto en sentido positivo (desarrollos en proximidad a estaciones de Metro) como negativo (puesta en el mercado de suelos rurales alejados del sistema de transporte público)
- › **Política fiscal:** Incentivos en vehículos menos contaminantes (nuevas tecnologías anti-contaminación, menores niveles de consumo, motores híbridos ..) y penalización a vehículos de mayor impacto medioambiental; Eliminación de las ventajas económicas para vehículos con motores Diesel; Ventajas fiscales a la vivienda y a la ubicación de actividad económica en entornos con un nivel aceptable y competitivo de transporte público; Reconocimiento de las ventajas económicas de la “aglomeración” de actividad económica (masas críticas, mezcla complementaria y sinérgica de actividades, creatividad por intercambio, etc) en zonas urbanas con densidades de empleo y actividad sólo posibles mediante un buen servicio de transporte público; etc.
- › **Política viaria:** Reducción de la accidentabilidad interurbana, mediante mejoras de la infraestructura (“carreteras que perdonan”), limitaciones de velocidad, mejoras de gestión, vigilancia, y asistencia e investigación de accidentes.

- › **Política de transporte público:** Políticas de apoyo para la construcción y mejora de los sistemas de transporte público en ámbitos metropolitanos y urbanos, mediante modos ferroviarios, dada su permanencia y funcionalidad, vis a vis, el transporte por superficie sin prioridad viaria
- › **Política de desincentivación del uso del automóvil:** Tasas sobre los costes variables (precio de las gasolinas, peajes viarios, coste de aparcamiento..) y los costes fijos (tasas municipales, tasas de matriculación, seguros en base al kilometraje anual, etc.) ; Incentivos a las empresas e instituciones que mejoren el reparto modal del acceso de empleados y que promuevan el uso del transporte público (reparto de bonos para uso del transporte público, sustitución de flotas oficiales por vehículos de alquiler por horas – car sharing - etc.)
- › **Política urbanística:** Adopción de incentivos y penalizaciones para guiar la política de vivienda, y de ubicación de empleo y servicios, que atraigan umbrales mínimos de personas, hacia áreas servidas por el transporte público con un nivel de servicio aceptable y competitivo
- › **Política en la esfera municipal:** Apoyo a la esfera municipal con medidas políticas y económicas para incentivas políticas de tranquilización de tráfico para reducir la accidentalidad y la contaminación atmosférica y los niveles de ruido, de reducción de la dotación de aparcamiento de rotación, y disuasión del uso de automóvil, mediante mejoras urbanísticas que fomenten el uso del transporte público y de los modos no motorizados.

A su vez las distintas actuaciones se deben desagregar en función de las competencias de los distintos órganos de la Administración capaces de implantar las medidas recomendadas. Así se podría indicar a título de meros ejemplos ilustrativos:

- ✓ Políticas propias de el Departamento de Transportes y Obras Públicas:
  - Inversiones en ferrocarril y transporte público
  - Criterios de evaluación y justificación socioeconómica de inversiones
- ✓ Políticas propias de otros departamentos del Gobierno Vasco:
  - Seguridad vial
  - Incentivos y penalizaciones fiscales en vehículos y combustibles
  - Política urbanística

- ✓ Políticas propias de otras esferas de la Administración:
  - Municipios que concentran precisamente los mayores costes externos, y que son abordables mediante políticas municipales: aparcamiento, tranquilización de tráfico, etc.
  - Posible papel del Departamento de Transportes y Obras Públicas como “Paraguas Político” e incentivador de nuevas iniciativas necesarias, pero poco populares
- ✓ Políticas del Sector Privado:
  - Vías de peaje
- ✓ Políticas enfocadas al público en general mediante campañas de información y concienciación social:
  - La “tiranía” de las pequeñas (y múltiples) decisiones diarias por parte del ciudadano medio

## NOTA DE AGRADECIMIENTO

Quisiéramos agradecer el estilo y apoyo del Director del Proyecto, Don José Félix Basozabal, como responsable de OTEUS, bajo la supervisión del Director de Transportes del Gobierno Vasco, Don Iñigo Palomino. Por otro lado, han sido muchos los técnicos del Departamento que nos han proporcionado toda clase de ayuda e información para la realización de este estudio, facilitándonos por otra parte, el acceso a otros departamentos del Gobierno Vasco.

Son muchas las agencias y departamentos de la Administración que han contribuido de manera decisiva a la redacción de este estudio. Aún a riesgo de no incluir involuntariamente a alguien nos gustaría agradecer a:

- El Departamento de Transportes y Obras Públicas
- El Departamento de Medio Ambiente
- El Departamento de Vivienda y Urbanismo
- El Departamento de Interior
- La Diputación Foral de Álava
- La Diputación Foral de Bizkaia
- La Diputación Foral de Gipuzkoa
- Los Servicios de EUSTAT
- La Dirección General de Tráfico (DGT)
- EuskoTrenbideak
- Metro de Bilbao
- RENFE
- FEVE
- El Consorcio de Transportes de Bizkaia
- El Instituto Nacional de Estadística (INE)
- El Ayuntamiento de Bilbao
- El Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián
- El Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz
- El Ayuntamiento de Getxo
- El Ayuntamiento de Irún
- EUDEL

## **DIFERENCIAS CON MUGIKOST'05**

Las diferencias con el informe elaborado por IHOBE para la situación en el año 2000 se fundamentan en tres puntos:

- › Diferencia en la metodología
- › Diferencia en los valores de partida.
- › Diferencia en los modos de transporte evaluados.

De entrada el estudio MUGIKOST'05 hace referencia a los modos de carretera, ferrocarril, aéreo y marítimo. En nuestro caso, tal y como se ha explicado en el inicio del informe, el estudio abarca sólo los modos de carretera y ferrocarril por ser aquellos en los que el Gobierno Vasco y las Diputaciones Forales tienen competencias.

Las diferencias en cuanto a metodología se constatan en los conceptos de Cambio Climático, Efectos Indirectos y Contaminación del Aire. De hecho si bien MUGIKOST se basa en la metodología liderada por el grupo suizo INFRAS, ha sido precisamente este equipo quien ha recomendado como corredor de este estudio los cambios que aquí se han considerado.

Estas diferencias subyacen principalmente en el valor unitario de los costes, que en nuestro caso se apoya en estudios más recientes que disminuyen estos con respecto a los considerados en estudios anteriores (GEIs 140 €/Tm CO<sub>2</sub> de MUGIKOST, 22,5/45/60 €/Tm CO<sub>2</sub> de nuestro estudio en función del horizonte considerado). También existen diferencias en cuanto a la consideración de conceptos que, por la falta de métodos fiables que nosotros no hemos medido (tal y como se comenta en los apartados correspondientes) como es el caso de la contaminación sobre los bosques.

Por otra parte hay diferencia en los datos de partida, por ejemplo, con los datos estadísticos de accidentes del Gobierno Vasco, nosotros hemos contabilizado 175 muertos en 2004, mientras MUGIKOST contabilizaba 261 en 2000.

Finalmente resaltaremos la desagregación de los datos utilizados por nosotros, apoyados en un modelo de transportes y un GIS que abarcan el conjunto de la Comunidad Autónoma del País Vasco, que permiten una mayor exactitud en el cálculo de los costes por cada uno de los conceptos.

## ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	4
ÍNDICE	36
<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>39</b>
1.1. OBJETIVOS	39
1.2. ESTRUCTURA DEL INFORME	39
<b>2. CUESTIONES GENERALES DE LA METODOLOGÍA</b>	<b>40</b>
2.1. VISIÓN GENERAL	40
2.2. BASE DE DATOS	45
2.3. PROCEDIMIENTOS DE EXTRAPOLACIÓN DE VALORES	46
2.4. GRADO DE INCERTIDUMBRE	47
<b>3. ESTIMACIONES POR CATEGORÍA DE COSTE A 2004</b>	<b>51</b>
3.1. COSTES POR CAMBIO CLIMÁTICO	51
3.1.1. Procedimiento de estimación de costes	51
3.1.2. Datos empleados	53
3.1.3. Resultados para 2004	54
3.2. COSTES DE ACCIDENTES	58
3.2.1. Procedimiento de estimación de costes	58
3.2.2. Datos empleados	61
3.2.3. Resultados para 2004	62
3.3. COSTES DE RUIDO	67
3.3.1. Procedimiento de estimación de costes	67
3.3.2. Datos empleados	69
3.3.3. Resultados para 2004	73
3.4. COSTES DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE	80
3.4.1. Procedimiento de estimación de costes	80
3.4.2. Datos empleados	84
3.4.3. Resultados para 2004	88
3.5. COSTES PARA LA NATURALEZA Y EL PAISAJE	93
3.5.1. Procedimiento de estimación de costes	93
3.5.2. Datos empleados	96
3.5.3. Resultados para 2004	99
3.6. COSTES EN ÁREAS URBANAS	104

3.6.1.	Procedimiento de estimación de costes	104
3.6.2.	Datos empleados	105
3.6.3.	Resultados para el 2004	107
3.7.	<b>COSTES POR EFECTOS INDIRECTOS</b>	<b>111</b>
3.7.1.	Proceso de estimación de costes	111
3.7.2.	Datos empleados	113
3.7.3.	Resultados para 2004	114
3.8.	<b>COSTES DE CONGESTIÓN</b>	<b>122</b>
3.8.1.	Procedimiento de estimación de costes	122
3.8.2.	Datos empleados	128
3.8.3.	Resultados para 2004	133
3.9.	<b>RESUMEN: COSTES TOTALES Y MEDIOS</b>	<b>138</b>
3.10.	<b>DIFERENCIAS CON MUGIKOST'05</b>	<b>144</b>
3.10.1.	Conclusiones	148
<b>4.</b>	<b>PREVISIÓN 2020</b>	<b>149</b>
4.1.	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>149</b>
4.1.1.	Evolución de la población	150
4.1.2.	Evolución del tamaño familiar	152
4.1.3.	Evolución del empleo	153
4.1.4.	Evolución de la población estudiantil	156
4.1.5.	Evolución del PIB	157
4.1.6.	Motorización y parque de vehículos	158
4.1.7.	Antigüedad del parque de vehículos	161
4.1.8.	Accidentalidad	163
4.1.9.	Movilidad interna y externa	166
4.1.10.	Infraestructuras	167
4.2.	<b>PREVISIÓN DE TRÁFICO</b>	<b>168</b>
4.3.	<b>PREVISIÓN DE EMISIONES E INMISIONES</b>	<b>169</b>
4.4.	<b>PREVISIÓN DE COSTES EXTERNOS</b>	<b>170</b>
4.4.1.	Visión general de la metodología	170
4.5.	<b>RESULTADOS 2020</b>	<b>172</b>
4.5.1.	Coste total por escenario	172
4.5.2.	Costes medios	180
4.5.3.	Visión general de las distintas categorías	185

4.5.4.	Análisis de sensibilidad	195
<b>5.</b>	<b>RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS RESULTANTES</b>	<b>197</b>
5.1.	RESULTADOS A 2004	197
5.1.1.	Utilidad de los Resultados	201
5.2.	RESULTADOS A 2020	204
	<b>ANEJO DE DATOS DE PARTIDA</b>	<b>207</b>
	Datos Socio – Económicos	207
	Volúmenes de Tráfico	213
	Infraestructura del transporte	219
	Parque de vehículos	223
	Accidentalidad	225
	Medición de ruido	229
	Emisiones del transporte por carretera	234
	Inmisión de CONTAMINANTES	235
	Movilidad urbana a pie	238
	modelización	239
	Cifras de congestión no recurrente	248
	<b>GLOSARIO</b>	<b>249</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>254</b>

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. OBJETIVOS

Este estudio nace con la finalidad de establecer una asignación de externalidades a cada uno de los modos y categorías de transporte terrestre, que no son satisfechas por sus usuarios y sí por la sociedad en general.

Además buscamos mostrar con claridad y transparencia la metodología seguida y los datos utilizados para la estimación de dichos costes. Posteriormente apoyándonos en esta metodología buscaremos la proyección de escenarios futuros, basándonos también en previsiones socioeconómicas y en distintas posibilidades de desarrollo en el ámbito del transporte, como pueden ser nuevas infraestructuras, peajes, avances técnicos...

Todo esto busca servir de instrumento de decisión política en los ámbitos del transporte y del medio ambiente, de cara a que el Plan Director de Transporte Sostenible de el Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco, se plasme en resultados tangibles y medibles.

### 1.2. ESTRUCTURA DEL INFORME

La primera parte de este informe se centra en la metodología de la estimación de los costes externos. En el **Capítulo 2** se presentan las cuestiones generales de metodología y fuentes de información sin considerar en detalle las distintas categorías de los costes.

En el **Capítulo 3** se detallan la metodología, datos de entrada y resultados para cada categoría de coste y se discuten los resultados totales, dentro del escenario al 2004

El **Capítulo 4** muestra la predicción para los futuros costes en el horizonte del año 2020. También se presenta la metodología para la predicción de los valores más importantes para el transporte, así como de los componentes más relevantes de los costes externos.

Finalmente, en el **Capítulo 5** se recogen las recomendaciones estratégicas en función de los costes obtenidos y se repasan las posibles aplicaciones de la información sobre los costes externos en la política del transporte y en la planificación y evaluación de las infraestructuras.

El **Anejo** proporciona finalmente toda la información de partida relevante para los cálculos de los costes externos.

## 2. CUESTIONES GENERALES DE LA METODOLOGÍA

### 2.1. VISIÓN GENERAL

#### Categorías de los costes

Este estudio cuantifica los costes externos del transporte en el País Vasco basado en los resultados de los estudios más recientes y en el estado del arte de las metodologías en el campo de los costes relativos al transporte. Los costes externos se calculan para las siguientes categorías de costes:

- › Costes de los accidentes
- › Costes de la contaminación del aire
- › Costes de ruido
- › Costes de cambio climático
- › Costes para la naturaleza y el paisaje
- › Costes adicionales en áreas urbanas
- › Efectos indirectos
- › Congestión

#### Fecha horizonte

El año base del estudio es 2004. Sin embargo, para algunas categorías de costes el cálculo se ha basado en la información de años anteriores (2002 o 2003). En estos casos, los costes serán transferidos a 2004 usando un deflactor del PIB (OCDE 2006)

Además del cálculo de los actuales costes del transporte, se estimarán futuros costes externos para 2020 basados en las predicciones de tráfico y en las proyecciones del desarrollo de las causas más importantes de los costes.

#### Modos de transporte y categorías de vehículos

Los costes externos del transporte se calculan para el transporte por carretera o por ferrocarril.

Dentro de cada modo de transporte se distinguirán las siguientes categorías:

- › Transporte por carretera:
  - › Coches de pasajeros
  - › Motocicletas
  - › Autobuses
  - › Vehículos pesados (HGV)
  - › Furgonetas
- › Transporte por ferrocarril:

- › Transporte de pasajeros
- › Transporte de mercancías

### Resultados del estudio

El estudio presenta los costes externos del transporte con la siguiente diferenciación:

- › Coste totales en 2004 y 2020
- › Costes externos medios del transporte en 2004 y 2020:
  - › Costes por vehículo y tren - kilómetro
  - › Costes por pasajero y tonelada - kilómetro

### Revisión de la aproximación de la metodología

La siguiente tabla ofrece una visión general de las categorías de los costes considerados en este estudio y de la información más relevante de los elementos de los costes, metodología, fuentes de información y la variabilidad de los resultados así como de otro tipo de externalidades:

RESUMEN DE LOS COSTES EXTERNOS CONSIDERADOS				
Categoría del coste	Componentes del coste	Metodología	Fuentes de información	Variabilidad de los resultados + Tipos de externalidades
Costes de cambio climático	Costes de oportunidad (prevención) para prevenir los daños al ecosistema y a la atmósfera.	Costes de prevención (3 escenarios) para alcanzar los objetivos de Kyoto de cada país o para alcanzar objetivos de reducción a largo plazo.	Emisiones efecto invernadero por cada modo de transporte y tipo de vehículo basados en la base de datos de factores de emisión y en los datos de inventario del Análisis del Ciclo de Vida (LCA en inglés). Los indicadores de costes basados en estudios nacionales e internacionales, serán extrapolados al País Vasco.	Los costes dependen de los veh-km, carburante, consumo de electricidad y los impactos ambientales de cada modo de transporte. Los costes son totalmente externos.

RESUMEN DE LOS COSTES EXTERNOS CONSIDERADOS				
Categoría del coste	Componentes del coste	Metodología	Fuentes de información	Variabilidad de los resultados + Tipos de externalidades
Costes de accidentes	Costes de daño y reparación, cubren: - cuidado médico - pérdidas económicas de producción - sufrimiento y dolor(valor de riesgo)	El valor de la vida humana se estima usando estudios de disposición a pagar para reducir los riesgos de los accidentes.	Información detallada disponible de accidentes en el País Vasco (Principio de Monitorización) Información de costes extrapolada de estudios suizos y ajustada al País Vasco.	Los costes dependen de diferentes factores (en parte de los veh-km, límites de alcohol, límites de velocidad, etc). Una parte de los costes sociales son externos (la parte que no está cubierta por los seguros individuales), especialmente los costes de oportunidad y los de sufrimiento y dolor (valor de riesgo).
Costes de ruido	Costes de daños(costes de oportunidad del valor del suelo y de las reducción de rentas de los propietarios del suelo) e impactos en la salud de las personas (enfermedades cardiovasculares)	Disposición a pagar (WTP) de las personas afectadas, costes médicos y valor de riesgo debido al ruido del transporte	La exposición al ruido está basada en un modelo detallado de ruidos para Bilbao y Vitoria y extrapolado al resto del País Vasco. Los factores de coste y de daños se toman de un estudio suizo y se extrapolan al País Vasco.	Los costes dependen del volumen de tráfico, compartido por los vehículos (pesados, motocicletas, etc) y las prestaciones del entorno (instalaciones de protección de ruidos de los vehículos). Los costes son totalmente externos.
Costes de contaminación del aire	Costes de daños (costes de oportunidad) de - salud en las personas - pérdidas de cosechas materiales/ edificios	Las funciones dosis respuesta de PM10 basadas en recientes estudios epidemiológicos son la base para los costes de daño y reparación para los costes de la salud. Se realiza una similar aproximación para las pérdidas de cosechas (funciones dosis respuesta).	Datos de emisión calculados en base a la información de kilometraje de los vehículos y a una base de datos detallada con los factores de emisión. Los factores de costes se extrapolan al País Vasco y están basados en estudios europeos y suizos.	Los costes dependen de los veh-km, carburante, consumo de electricidad y la prestación desde el punto de vista medioambiental de cada modo de transporte. Los costes son totalmente externos.

RESUMEN DE LOS COSTES EXTERNOS CONSIDERADOS				
Categoría del coste	Componentes del coste	Metodología	Fuentes de información	Variabilidad de los resultados + Tipos de externalidades
Costes para la naturaleza y el paisaje	Costes adicionales para reparar daños (sellado de terreno, contaminación del suelo) costes de compensación / restauración de los biotopos.	Los costes están basados en modelos de medidas de reparación, basados a su vez en indicadores de espacio (desarrollo de la infraestructura del transporte entre 1950-2005). Para la contaminación del suelo los costes de reparación se calculan en función del volumen de suelo contaminado con una concentración superior a un valor crítico.	Bases de datos de infraestructura del transporte en el País Vasco (carreteras y ferrocarril) Ratios de costes (costes de reparación + restauración) de estudios internacionales que son extrapolados al País Vasco. Emisión de metales pesados, etc. en el suelo basado en la información del inventario del LCA.	Los costes de permeabilización de infraestructuras y restauración son fijos a corto plazo. A largo plazo variarán con la extensión de dichas infraestructuras. La contaminación del suelo depende de los veh-km, consumo de carburante y características ambientales de cada modo de transporte. Los costes son totalmente externos.
Costes adicionales en áreas urbanas.	Costes por separación: pérdidas de tiempo de los peatones y usuarios no motorizados de las carreteras.	Pérdidas de tiempo de los usuarios no motorizados de las carreteras valorados con los ratios de coste de tiempo para el País Vasco.	Pérdidas de tiempo calculadas en base a modelos de transporte de Bilbao, San Sebastián, Vitoria, Barakaldo, Getxo, Irún, Basauri, Portugalete y Santurtzi, y extrapolados al País Vasco. Volúmenes de tráfico usados en estudios nacionales.	Los costes dependen del tráfico y extensión de la red viaria. Los costes son completamente externos.
Efectos indirectos	Costes adicionales del entorno (cambio climático)	Cálculo del impacto de emisiones adicionales que contribuyen al cambio climático, basado en los datos de Análisis de Ciclo de Vida (LCA), evaluado con una aproximación de los costes del cambio climático.	La información del LCA se usa para muchos procesos en los que intervienen vehículos e infraestructura del transporte. Las emisiones de precombustión se calculan en base al consumo total de energía para cada modo de transporte. Para la evaluación se usa una aproximación.	En parte los costes son fijos (energía gris de las infraestructuras y material rodado), en parte variables (precombustión, consumo de electricidad). Los costes son totalmente externos.

RESUMEN DE LOS COSTES EXTERNOS CONSIDERADOS				
Categoría del coste	Componentes del coste	Metodología	Fuentes de información	Variabilidad de los resultados + Tipos de externalidades
Congestión	Tiempo adicional externo y costes de operación.	Costes de tiempo y costes de operación adicionales de usuarios de carreteras debido a la congestión.	Modelo de transporte para el País Vasco, informes de congestión en el País Vasco. Datos de incidencias en las carreteras. Evaluación con volúmenes de tráfico en el País Vasco.	Los costes dependen de los volúmenes de tráfico (número de vehículos). Los costes medios son internos para los usuarios del transporte. Las diferencias entre los costes medios y los marginales son los costes externos.

Tabla 1 Categorías de los costes externos dentro de este estudio

## 2.2. BASE DE DATOS

Para asegurar una adecuada y completa base para el cálculo de los costes externos, se crea una sólida base de datos para todos los tipos relevantes de información. Las categorías de datos más relevantes se presentan a continuación:

- › Volúmenes de transporte, rendimiento de transporte, infraestructuras de transporte, toda la información relacionada con el transporte fue obtenida por Leber a través de: modelo de transportes, OTEUS, memorias de las empresas de transporte colectivo ferroviarias y de autobús, estadísticas de las diputaciones forales; y posteriormente fueron validada por INFRAS. En la medida de lo posible, se usan estadísticas oficiales de transporte y movilidad proporcionadas por el Instituto Vasco de Estadística Eustat. Se han realizado diferenciaciones adicionales (por ejemplo, división entre transporte urbano e interurbano), en base a los resultados de los modelos de transporte.
- › Datos económicos: valores de PIB per capita, ratios de riesgo de cambio y deflatores del PIB, obtenidos de las estadísticas oficiales de EUROSTAT (EUROSTAT 2006) y OCDE (OCDE 2006).
- › Los datos de los impactos medioambientales del transporte se han calculado de la siguiente forma:
  - › Emisiones de transporte: Estas emisiones se calculan usando tres fuentes diferentes:
    - › Actividad de tráfico (vehículos-km por categoría de vehículo): basados en datos estadísticos oficiales de transporte obtenidos del Instituto Vasco de Estadística, pero diferenciado para el propósito del cálculo de las emisiones según el modelo de transporte.
    - › Composición del parque: esto implica la división de los diferentes conceptos de emisión de los vehículos (por ejemplo, estándares legislativos de emisión como Euro-1, Euro-2, Euro-3 etc.). La composición del parque se calcula en función de la descripción de la cantidad de vehículos y otros atributos como tamaño, tecnología y antigüedad, los cuales son necesarios para el cálculo de las emisiones. La composición del parque es factor del modelo de emisiones, un proceso de Infras del manual de factores de emisión para transporte por carretera (ver debajo).
    - › Factores de emisión: están calculados en base al “Manual de factores de emisión para transporte por carretera” (Versión 2.1, 2004), una base de datos usada ampliamente en Alemania, Austria y Suiza, entre otros países. Esta base de datos de factores de emisión proporciona factores de emisión para todos los contaminantes regulados y algunos sin regular, para diferentes categorías de emisión (emisiones de “calor”, olas

de frío, evaporación) y para diferentes situaciones de tráfico (urbano, rural, autopistas, etc.).

- › Exposición de la población: basada en las medidas continuas de niveles medios de inmisiones de PM10 de cerca de 60 estaciones calculadas para dos tipos de municipios (urbano / rural).
- › Se recopilan datos para el cálculo de las diferentes categorías de los costes externos, los computados y los estimados, y en cada sección de cada capítulo de metodología se presentan las fuentes relevantes, así como los procesos necesarios de análisis.

### 2.3. PROCEDIMIENTOS DE EXTRAPOLACIÓN DE VALORES

Con el objetivo de obtener una sólida base de evaluación, todos los factores de los costes deben ser extrapolados a EURO valores del País Vasco en 2004. En general, los valores usados deben reflejar la situación en el País Vasco y por lo tanto, siempre que sea posible se usarán valores oficiales del País Vasco. Sin embargo, muchos de indicadores y ratios de costes pueden ser encontrados en la documentación o en recientes referencias a otros años, otros países y/o monedas. Por eso se define un procedimiento estandarizado de transferencia de valor. La siguiente clasificación muestra las etapas más importantes para este proceso:

1. Transferencia del valor correspondiente de la moneda original a la del País Vasco que es el Euro. Los ratios oficiales de cambio para cada año se obtienen del EUROSTAT y/o del Banco Nacional de Suiza y de España.
2. El ajuste de la paridad de poder adquisitivo (PPP) de valores de otro país al País Vasco se realiza usando el PIB per capita en los estándares de poder adquisitivo (PPS), (EU-25=100). Hay incluso valores del País Vasco disponibles en el EUROSTAT (2006), que se usarán para ajustar la situación económica del País Vasco, la cual tiene una media de ingresos per capita mayor al valor medio de España. Es importante usar los estándares PPS del año correspondiente al valor a considerar.
3. Si los valores se deben expresar en precios del 2004, se usan los factores de inflación y deflación de la base de datos estadística OCDE (deflatores del PIB).

## 2.4. GRADO DE INCERTIDUMBRE

La estimación de costes externos está basada en un amplio abanico de datos de partida y suposiciones. Debido a esta particular esencia del proceso de determinación de costes, ha de tenerse en cuenta la existencia de ciertas incertidumbres. Éstas se refieren a datos de tráfico, datos económicos, funciones dosis respuesta para varios de los aspectos considerados y a estimaciones de costes unitarios. Basándonos en la lógica de los errores matemáticos de cálculo, el intervalo final de confianza no debe exceder los niveles individuales de incertidumbre de cada variable de partida ya que las incertidumbres de estas variables son independientes unas de otras.

La tabla siguiente ofrece una visión de nuestra valoración de la confianza de los resultados.

CONFIANZA DE LOS RESULTADOS DEL CÁLCULO DE COSTES EXTERNOS			
Categoría/ tipo de dato	Datos de partida:	Factores de coste	Confianza
Datos de transporte	Carretera: datos de kilometraje basados parcialmente en estadísticas oficiales y en el modelo de transportes de la CAPV, desempeño del transporte (pkm/tkm) estimado en base a promedios de factores de carga Ferrocarril: Datos de kilometraje de las compañías ferroviarias del país Vasco extraídos de las memorias anuales, los datos de FEVE y RENFE se han obtenido mediante estimaciones.	-	Carretera: +/- 15% Ferrocarril: +/- 30%
Contaminación del aire/gases de efecto invernadero	Carretera: diferentes modelos de emisión con excelentes datos de partida. Ferrocarril: emisiones directas estimadas con los factores de emisión de Suiza, factores de emisión por la generación de electricidad estimados con la base de datos de Ecoinvent (valores medios para España)	-	Carretera: +/- 20% Ferrocarril: +/- 40%
Costes por cambio climático	Carretera: emisiones ver arriba Ferrocarril: estimación de GEIs sobre la base de factores de emisión de otros estudios y de la base de datos Ecoinvent.	Costes de prevención utilizados en recientes estudios en Suiza y Europa. Sin embargo estos costes muestran una considerable variabilidad dependiendo de la fecha horizonte, objetivos de reducción y sector económico en el que los GEIs han de reducirse.	Carretera: +150%/-50% Ferrocarril: +200%/-50%

CONFIANZA DE LOS RESULTADOS DEL CÁLCULO DE COSTES EXTERNOS			
Categoría/ tipo de dato	Datos de partida:	Factores de coste	Confianza
Cotes por accidentes	Carretera: número de víctimas a partir de estadísticas oficiales, número de accidentes no reportados a partir de valores empleados en Suiza. Ferrocarril: estimación grosera del número de víctimas a partir de series a largo plazo para España (estadísticas de la UIC)	Valor del riesgo: se usa el mismo valor que el empleado en otros estudios europeos. Otros costes: valores transferidos de estudios de Suiza.	Carretera: +/- 30% Ferrocarril: +/- 50%
Costes por ruido	Exposición al ruido: extrapolación de los modelos de ruido de Bilbao y Vitoria para la estimación de residentes afectados por el ruido.	Valor del riesgo: ver arriba. Costes de salud: transferencia de valores dados en estudios suizos. Pérdida de valor de los pisos obtenido a través de estadísticas oficiales vascas.	Carretera: +/- 25% Ferrocarril: +/- 35%
Costes por contaminación del aire	Emissiones: ver arriba Exposición: estimación basada en estudios de Suiza y valores de la red vasca de estaciones de medición de contaminación. Funciones dosis respuesta extraídas de la actualización de estudios epidemiológicos (también utilizadas en la actualización de estudios suizos de costes de contaminación). Pérdida de cosechas: estimación de la exposición al ozono basada en la red de estaciones de medición de contaminación, funciones dosis respuesta extraídas de recientes trabajos de investigación.	Valor del riesgo: ver arriba. Costes de la salud: valores transferidos de estudios suizos. Pérdida de cosechas: precios de Mercado extraídos de estadísticas oficiales.	Carretera: +/- 30% Ferrocarril: +/- 50%
Costes para la naturaleza y el paisaje	Carretera+ferrocarril: datos de infraestructuras de transporte obtenidos de estadísticas oficiales, sin embargo los datos históricos están algunos fragmentados. Emissiones al suelo y aguas continentales: factores generales de emisión utilizados en Suiza.	Costes de permeabilización y restauración transferidos de estudios europeos.	Carretera: +50%/-20% Ferrocarril: +/-25%
Costes en áreas urbanas	Pérdidas de tiempo para los viajes no motorizados obtenidas mediante un modelo propio. Tramos de infraestructuras urbanas afectadas, especialmente el ferrocarril, estimados aproximadamente.	Valor del tiempo obtenido de otros estudios en el País Vasco.	Carretera: +/-50% Ferrocarril: +0/-50%

CONFIANZA DE LOS RESULTADOS DEL CÁLCULO DE COSTES EXTERNOS			
Categoría/ tipo de dato	Datos de partida:	Factores de coste	Confianza
Efectos indirectos	Carretera/ferrocarril: emisiones de GEIs basadas en la base de datos Ecoinvent y que representan los valores medios por la de fabricación, mantenimiento y desguace de automóviles y material rodante ferroviario en Europa. Los valores por la construcción y mantenimiento de infraestructuras se obtienen de la transferencia de valores de bases de datos suizas y de Ecoinvent. La emisiones por la generación de electricidad se obtienen de la base de datos de Ecoinvent (valores medios de España del parque de centrales eléctricas en el año 2000).	Como en costes por cambio climático	Carretera: +200%/-50% Ferrocarril: +200%/-50%
Congestión	Carretera: datos de tráfico urbano e interurbano extraídos del modelo de transportes de la CAPV (ver arriba). Incidencias: obtenidas a través del sistema de información de Bizkaimove.	Valor del tiempo obtenido de otros estudios en el País Vasco.	Carretera: +/-50%

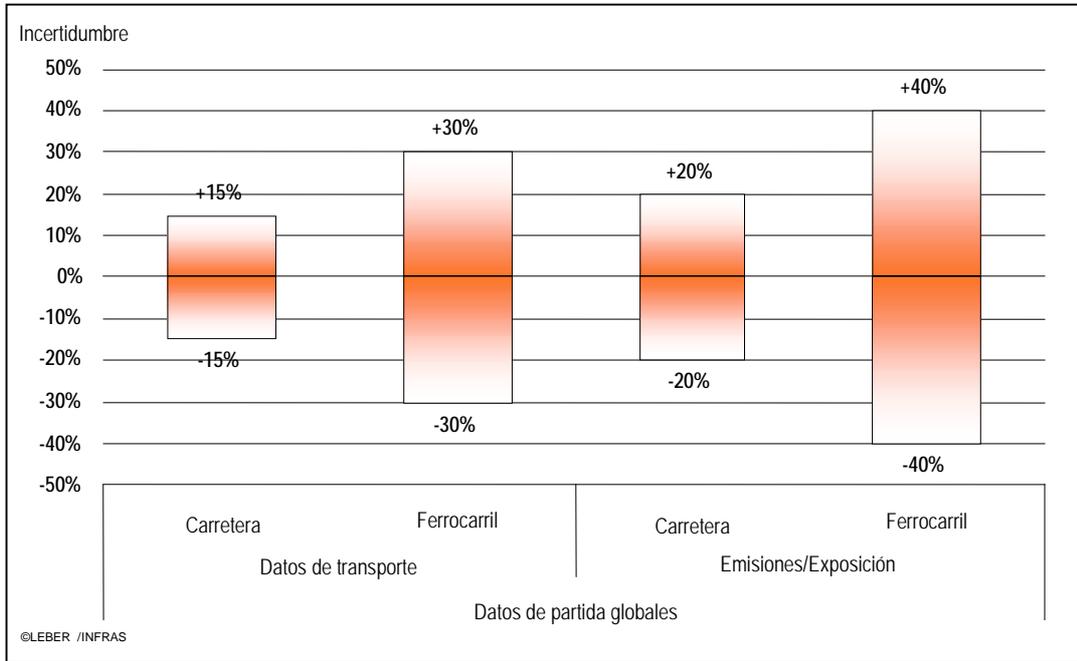


Figura 1 Grado de incertidumbre de los datos de partida.

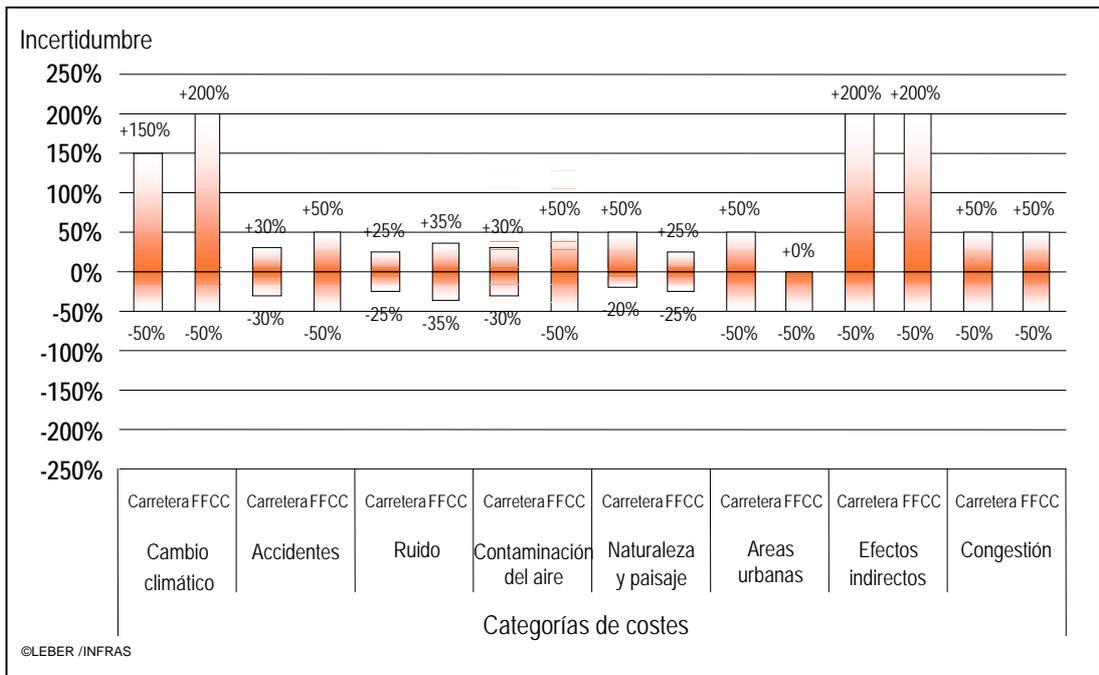


Figura 2 Grado de incertidumbre de los resultados por categoría.

### 3. ESTIMACIONES POR CATEGORÍA DE COSTE A 2004

#### 3.1. COSTES POR CAMBIO CLIMÁTICO

##### 3.1.1. PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN DE COSTES

La evidencia científica de que las emisiones de gases de efecto invernadero tienen impactos negativos en el medio ambiente global y en la atmósfera es cada vez más clara. Los impactos del cambio climático son múltiples:

- › Incremento del nivel del mar, incluyendo la pérdida de costa y humedales e incrementando los costes de la protección del nivel marino.
- › impactos en la agricultura
- › impactos en el uso de la energía (calefacción y aire acondicionado)
- › impactos en la salud debidos al calor y al frío
- › impactos en la salud debido a enfermedades y efectos secundarios
- › impactos en el ecosistema (pérdida de productividad y biodiversidad)
- › impactos en los recursos acuíferos, suministro y calidad del agua
- › impactos por sequía
- › impactos por inundaciones
- › impactos por tormentas y clima extremo (incluyendo costes de infraestructura)
- › efectos sociales (derivados del estrés, la migración, la carencia de alimentos, etc.)
- › impactos por sucesos especiales (pérdida de la circulación termo-halina, deshielo de los polos, hidratos de metano)

El impacto del cambio climático incluso hoy en día conlleva daños considerables y por lo tanto costes adicionales (inundaciones, tormentas, corrimientos de tierras, sequías, etc.). Para el cálculo de costes externos del cambio climático se utilizan básicamente dos alternativas:

- › **Costes por daños:** este método trata de cuantificar los cambios actuales y futuros del clima relacionados con los daños que éste causa y sus costes así como los costes del mañana a precios actuales. Estos costes están en relación con la cantidad de emisión de gases de efecto invernadero y como resultado se han calculado los costes por tonelada de CO<sub>2</sub>.
- › **Costes de prevención:** debido a las grandes incógnitas en relación a las emisiones futuras de gases de efecto invernadero y a los impactos y daños causados por el cambio climático esta alternativa de costes de prevención trata de cuantificar los que se producen por la reducción de ciertos gases de efecto invernadero. Estos costes dependen en gran manera de las previsiones (institucionales) de reducción, el tiempo en el que la reducción se lleve a cabo, el sector

económico en el que las reducciones de gases se realizan y en la zona donde se llevarían a cabo las mismas.

De acuerdo con otros estudios (UIC 2000, UIC 2004, EU-Project UNITE) los costes de prevención serán utilizados en este estudio siguiendo los siguientes pasos:

1. Cuantificación de gases de efecto invernadero producidos por el transporte por carretera y ferroviario. Mientras que las bases de datos de emisiones del transporte por carretera se utilizan para estimar la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por los coches en el País Vasco, para las emisiones producidas por el sistema ferroviario, se debe tener en cuenta la producción eléctrica. Para ello se utiliza la base de datos de Análisis del Ciclo de Vida (LCA).
2. Definición de ratios de costes relevantes por prevención. Para poder cumplir con las amplias incertidumbres, se calcularán diferentes escenarios que se diferenciarán por distintos horizontes temporales (Previsiones de Kyoto 2008-2012) y diferentes sectores específicos (reducción de gases de efecto invernadero producidos por el transporte o el uso de los llamados mecanismos flexibles del protocolo de Kyoto, aproximación internacional). Se calcularán tres escenarios:

**Previsiones de reducción de Kyoto (España +15% en comparación con 1990):**

- **Escenario 1:** Ratio de coste **22.5 €/t CO<sub>2</sub>** usando los mecanismos flexibles de Kyoto (aproximación internacional)

- **Escenario 2:** Ratio de coste **45 €/t CO<sub>2</sub>** por la reducción de gases de efecto invernadero dentro del sector nacional de transporte (estimación)

**Previsión de reducción a largo plazo post-Kyoto (reducción global de un 34% en 2100 comparado con 1990):**

- **Escenario 3:** Ratio de coste **60 €/t CO<sub>2</sub>** utilizando mecanismos flexibles similares a los del protocolo de Kyoto.

3. Los costes totales del cambio climático se calcularán multiplicando el total de las emisiones por los ratios de costes de prevención para los tres escenarios.
4. Los costes medios se calcularán utilizando las emisiones de gas de los diferentes tipos de transporte y vehículos

La siguiente tabla indica el procedimiento de cálculo para los costes del cambio climático:

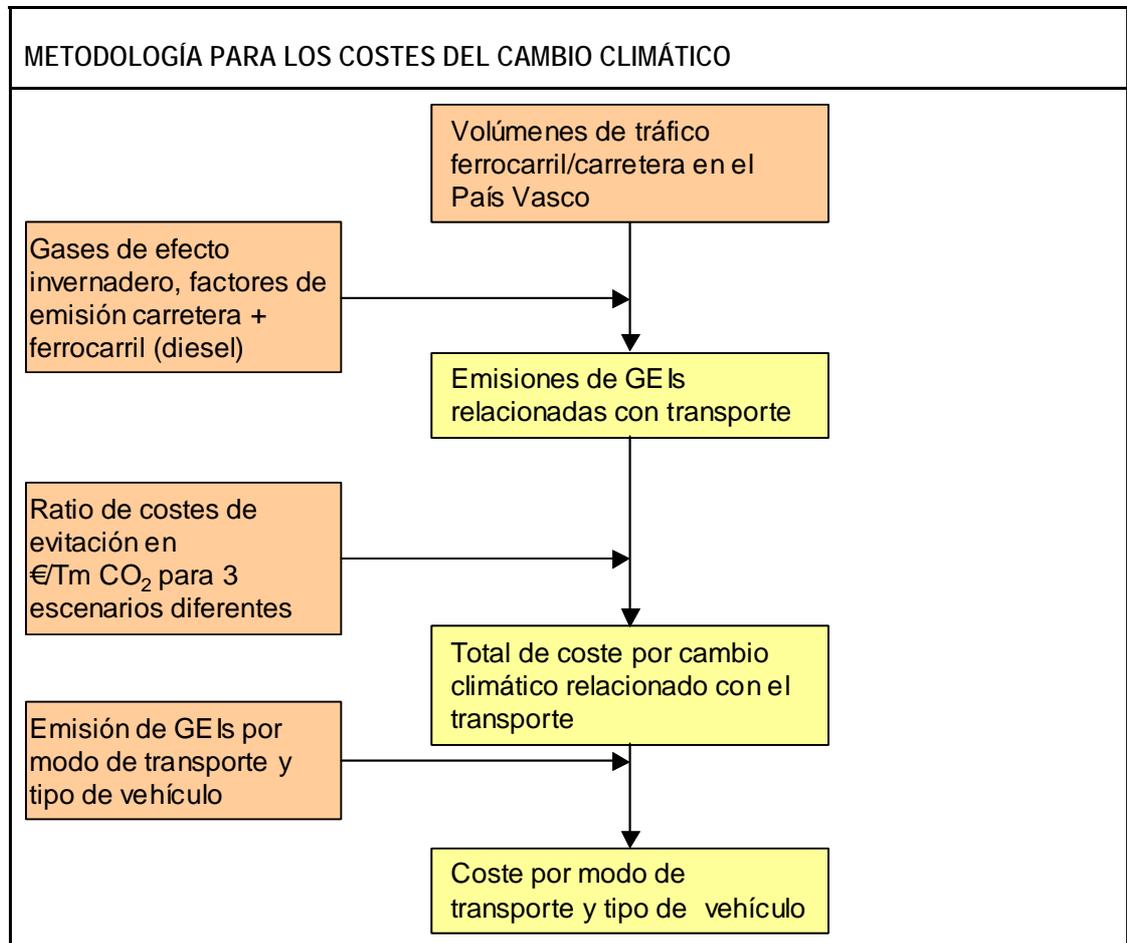


Figura 3 Campos rojos: datos de entrada. Campos amarillos: datos de salida.

### 3.1.2. DATOS EMPLEADOS

Gases de efecto invernadero producidos por el transporte por carretera:

- › Tabla: Emisiones de los gases de efecto invernadero más relevantes en el transporte por carretera por tipo de vehículo (basado en cálculos generales de emisión, ver capítulo 2.2)

Gases de efecto invernadero producidos por el transporte ferroviario:

- › Tabla: Emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte ferroviario (basado en datos Ecoinven (2004)).

### 3.1.3. RESULTADOS PARA 2004

#### Procedimientos de cálculo

El total de las emisiones de CO<sub>2</sub> relativas al transporte asciende a 2.6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes <sup>3</sup> Los turismos y los camiones son los responsables de alrededor del 83% de estas emisiones. Para el transporte por ferrocarril sólo las emisiones directas de los trenes diesel se incluyen en esta categoría de coste. Las emisiones de gases de efecto invernadero de la producción de electricidad se cubren en la categoría de costes “Efectos indirectos”.

Al respecto de este concepto debemos aclarar una cuestión: al contrario de los datos oficiales de emisiones de CO<sub>2</sub> por parte del transporte obtenidas a partir de los datos de venta de combustible en el área estudiada (principio de ventas de la traducción del inglés en inglés), en nuestro estudio se han considerado exclusivamente los gases emitidos dentro del País Vasco (principio territorial) mediante el empleo de un modelo de emisiones.

La siguiente figura muestra las emisiones de CO<sub>2</sub> por categoría de vehículo.

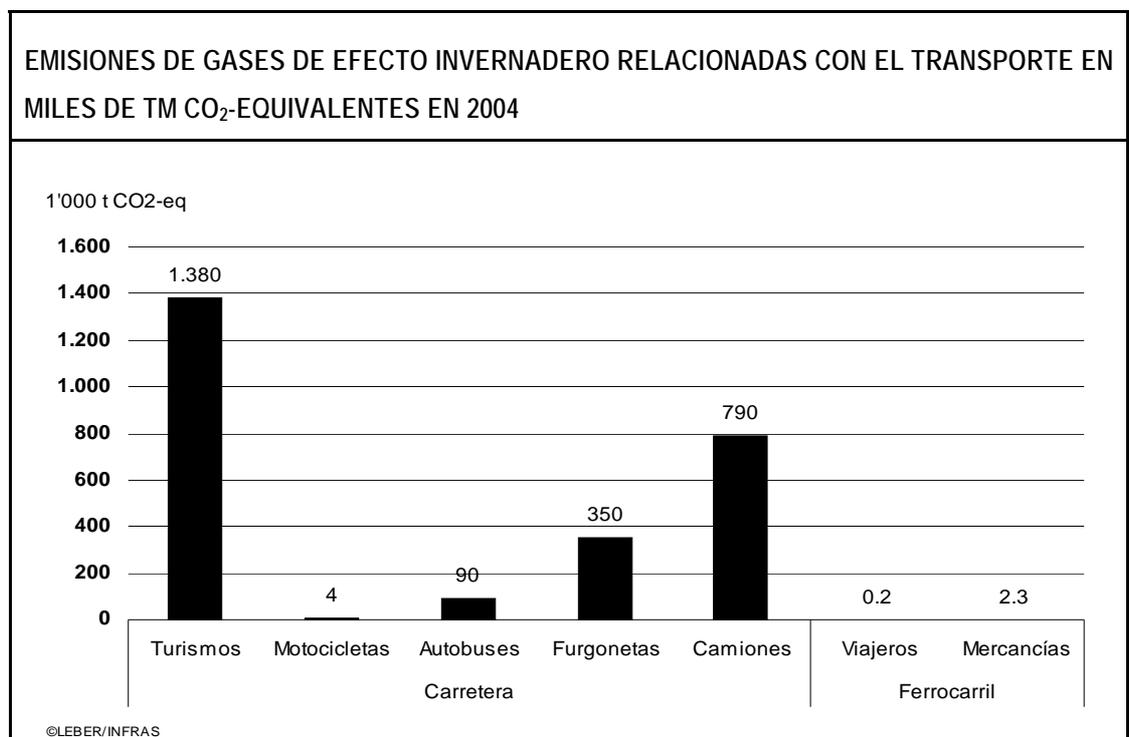


Figura 4 Fuentes: SAEFL 2004 e información de transporte del País Vasco.

<sup>3</sup> Se consideran los siguientes los gases invernadero: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O. CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se extrapolan a CO<sub>2</sub> equivalente usando los factores GWP (Global Warming Potential).

## Resultados

Las siguientes figuras muestran los costes totales y los costes medios en el País Vasco debidos al cambio climático en 2004 para los tres escenarios planteados, en base a los costes de prevención:

- › **Objetivos de reducción de Kyoto** (España +15% comparado con 1990)
  - › **Escenario 1:** Ratio de coste **22,5 €/Tm CO<sub>2</sub>** usando mecanismos flexibles de Kyoto (aproximación internacional)
  - › **Escenario 2:** Ratio de coste **45 €/t CO<sub>2</sub>** para reducción de gases de efecto invernadero dentro del sector nacional de transporte (estimación)
- › **Objetivo de reducción a largo plazo post-Kyoto (reducción global del 34% en 2100 comparado con 1990)**
  - › **Escenario 3:** Ratio de coste **60 €/Tm CO<sub>2</sub>** usando mecanismos flexibles similares a los del protocolo de Kyoto.

El coste total del cambio climático asciende a 60-160 millones de euros al año, dependiendo de los ratios de los costes de prevención, los cuales están conectados con unos objetivos específicos de reducción. El transporte por carretera es el responsable de más del 99% de los costes externos por el cambio climático. La principal razón para esto es la baja de trenes diesel en el transporte por ferrocarril en el País Vasco.

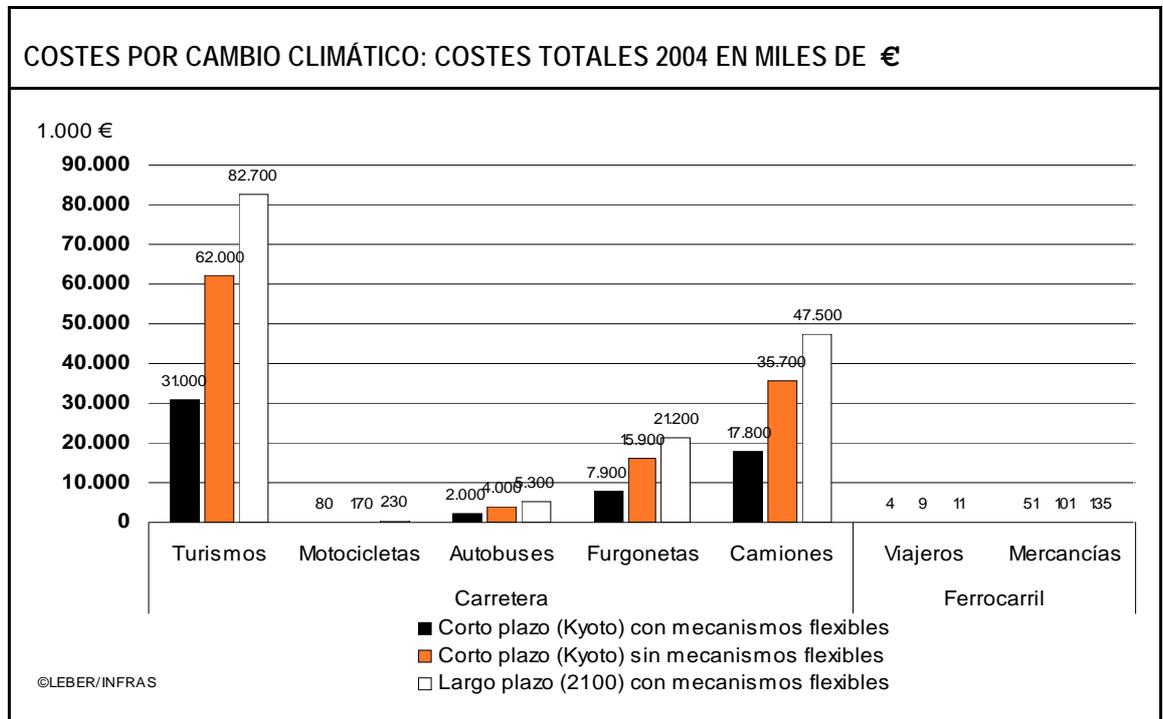


Figura 5

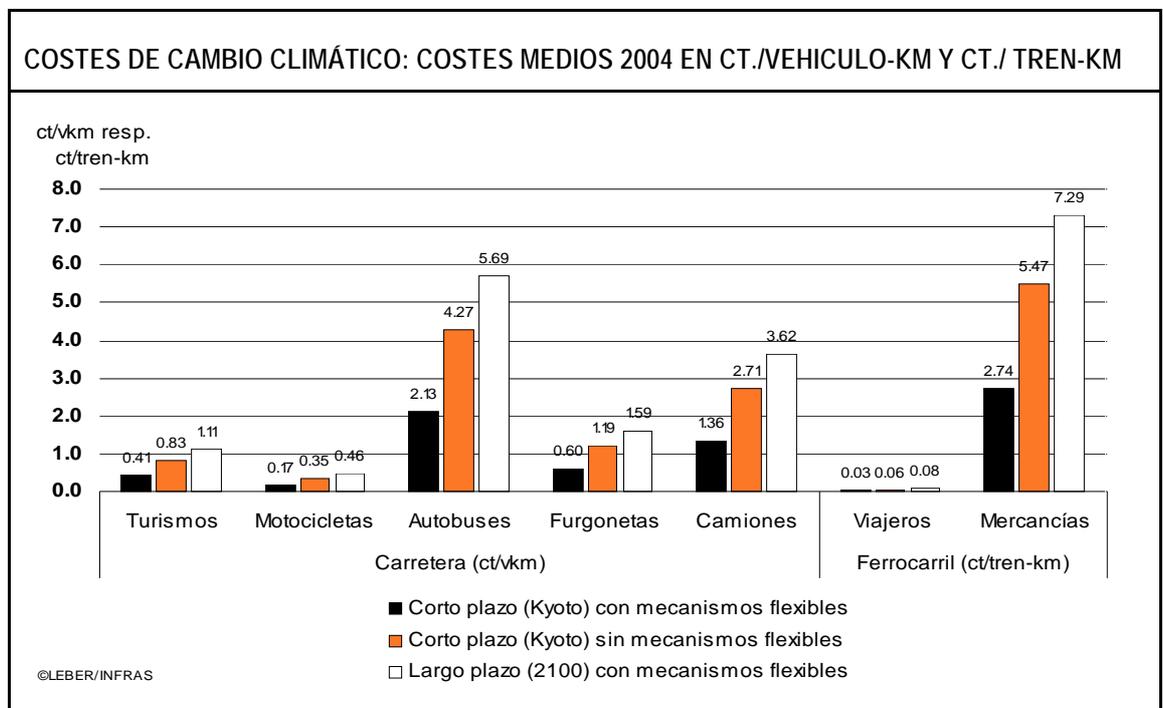


Figura 6

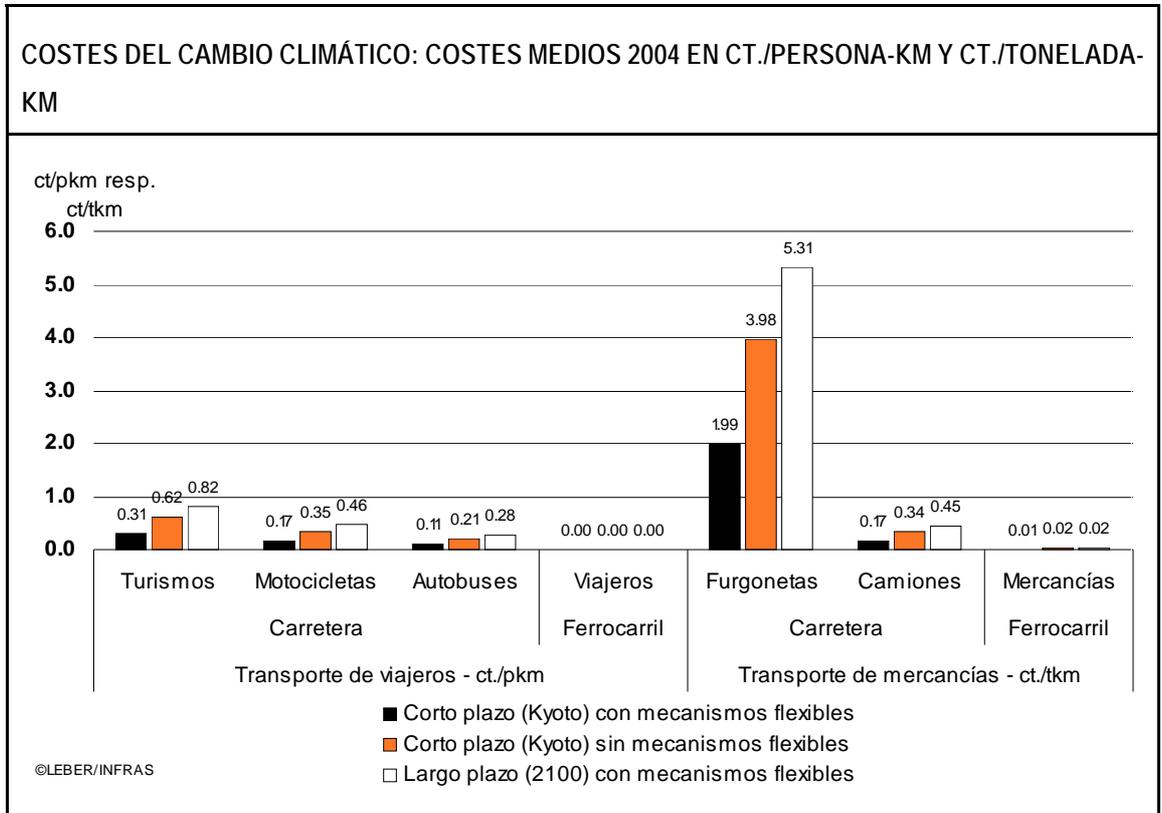


Figura 7

## 3.2. COSTES DE ACCIDENTES

### 3.2.1. PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN DE COSTES

La aproximación de la metodología para el cálculo de los costes de los accidentes está basada en el estudio suizo de costes de accidentes en carretera y ferrocarril (ECOPLAN 2002) y la metodología del proyecto de investigación UNITE (Unificación de Cuentas y Costes Marginales para la Eficiencia del Transporte), para más detalles ver UNITE (2002). Un estudio similar fue llevado a cabo en un estudio europeo de costes externos para la UIC (Unión Internacional de Ferrocarriles) realizado por INFRAS/IWW en 2004. La aproximación suiza y la de UNITE muestran varias desviaciones con respecto a las partes internas y externas de los valores de riesgo. Según este contexto, la perspectiva que se tome es decisiva en la división de las partes internas y externas de los costes sociales de los accidentes. Desde la perspectiva del tipo de transporte (carretera / ferrocarril) o el sistema de transporte, los costes externos solo ocurren cuando los costes sociales no están cubiertos dentro de una categoría específica del transporte o del sistema de transporte respectivamente. Desde la perspectiva del usuario individual, los costes externos se producen cuando el causante del accidente no cubre completamente el coste del accidente. En este caso, no se hace ninguna diferencia sobre si los costes debían ser cubiertos por las víctimas del accidente, el público en general u otra categoría del transporte.

La siguiente tabla muestra una visión general de los diferentes componentes de los costes por accidente:

COMPONENTES DE LOS COSTES POR ACCIDENTE		
Efecto	Victimas mortales	Heridos
Valor de riesgo	Pérdida de la utilidad de la víctima, sufrimiento de los amigos y los familiares.	Dolor y sufrimiento de las víctimas, amigos y familiares.
Pérdidas de capital humano	Pérdidas de producción debido a la reducción del tiempo de trabajo, costes de reemplazo.	
Cuidados Médicos	Costes de cuidado médico hasta el fallecimiento de la víctima.	Costes de cuidado médico hasta que la persona se recupera completamente.
Costes Administrativos	Costes de la policía, de la administración, de la justicia y del seguro, los cuales no los pagan los usuarios del transporte.	
Daños a la propiedad	No incluidos porque los daños materiales son pagados por los usuarios a través de las primas de los seguros.	

Tabla 2

En un primer paso, se añaden los componentes de los costes por víctima para estimar los costes sociales de los accidentes. Los costes externos se calculan restando los traspasos de los sistemas de seguros de responsabilidad y las gratificaciones. Los costes externos resultantes por víctima se multiplican por el número de víctimas mortales y heridos.

El reparto de los costes externos a las diferentes categorías de vehículos depende de la información disponible. Las bases de datos del País Vasco dan información sobre accidentes con víctimas mortales y heridos graves (heridos en los que la hospitalización de la víctima es necesaria) desde la perspectiva de la víctima. Esto quiere decir que no hay información de la persona que provoca el accidente en la base de datos. Se debe realizar un análisis de información adicional para el País Vasco para repartir los costes externos en las distintas categorías de los vehículos. Si no hay otra alternativa disponible, los costes externos se repartirán según la perspectiva de las víctimas (excepción: los peatones heridos o muertos se repartirán en los transportes de carretera).

#### **Valor de riesgo para las víctimas mortales**

Los accidentes no son sólo causa de dolor y sufrimiento, a menudo acortan el tiempo de vida de otras víctimas. Esto implica claramente una pérdida de bienestar, la cual puede ser considerada como un coste externo cuantificado en términos monetarios. El Valor de Riesgo trata de estimar valores monetarios para el dolor, la pena y el sufrimiento en un accidente medio. A menudo se argumenta (ver UNITE) que al menos una parte del Valor de Riesgo es interno porque los viajeros toman la decisión de hacer el viaje o no y además tienen la opción de elegir el modo de transporte. Esto se puede rebatir teniendo en cuenta que los riesgos de accidente son muy pequeños y por lo tanto optar por una buena percepción del riesgo es muy difícil, si no imposible. Como consecuencia, este estudio considerará el Valor del Riesgo total como una parte de los costes externos.

Como en UNITE (ver Nellthorp 2001) y en otros estudios de costes externos del transporte (INFRAS/IWW 2004, ECOPLAN 2002), sugerimos para el Valor de la Vida Estadística (VSL en inglés) una cantidad de 1.5 millones. En estos estudios anteriormente mencionados se puede encontrar una detallada discusión del VSL, así como de los valores deducidos. El Valor de Riesgo de los accidentes se usa también para estimar el coste de la salud para el caso del ruido y para los efectos que provoca la contaminación del aire. El VSL deberá de ser ajustado al País Vasco para el año 2004 usando el PIB per capita de los Estándares de Poder Adquisitivo (PPS) y la inflación con los deflatores del PIB.

#### **Valor del Riesgo para los heridos**

El Valor de Riesgo para los heridos se estima como una parte del Valor de Riesgo para las víctimas mortales. Los ratios del estudio de INFRAS/IWW 2004 serán cambiados ligeramente de acuerdo con el estudio suizo actualizado de costes externos de los accidentes. En este estudio

see realizó una separación de los heridos graves en heridos con incapacidad permanente y heridos graves sin incapacidad permanente basándose en datos muy detalladas. La hipótesis subyacente: la división es aproximadamente la misma que en el País Vasco

La Tabla 3 proporciona una visión general de los valores de riesgo en este estudio:

VALOR DEL RIESGO POR VÍCTIMA EN MILES DE EUROS				
	Victimas mortales	Heridos		
		Heridos graves con incapacidad (daños permanentes)	Heridos graves	Heridos leves
Valor de Riesgo (EU 15 1998)	1'500	480	135	15
País Vasco 2004	1'862	596	168	19

**Tabla 3** Valores de riesgo básicos para 1998 y 2004. Fuente: Nellthorp et al. 2001, EUROSTAT 2006. Los valores son ligeramente diferentes a los usados en INFRAS/IWW 2004 y se basan en la actualización del estudio para Suiza. Los valores han sido ajustados de acuerdo con la igualdad del poder de compra para el País Vasco y la inflación ajustada en 2004.

### Costes por pérdidas de Capital Humano

Las víctimas por accidente suponen una reducción en el futuro producto social de la economía. Las pérdidas de producción en este estudio se calculan de acuerdo con la metodología de UNITE como Pérdidas de Producción en la Red: pérdidas de producción en bruto – consumo futuro.

La información de las pérdidas de producción se derivan de los datos regionales del EUROSTAT (2006)

### Otros costes externos

Los costes externos restantes para el cuidado médico, costes de reemplazo y costes administrativos (policía, justicia, administración pública) han sido analizados para 17 países europeos en el proyecto UNITE así como en el nuevo estudio suizo de costes externos de accidentes (ECOPLAN 2006). La información de los estudios UNITE y ECOPLAN (2002) se adecuan al País Vasco de acuerdo con el PIB per capita (PPS) y usando la inflación de 2004.

### Costes sociales internos

Basaremos nuestra estimación las anteriores y en ECOPLAN (2002). Así el VSL se usará para los accidentes provocados por uno mismo.

Además, a menudo las víctimas de accidentes reciben gratificaciones por los seguros de responsabilidad de la parte responsable. Estas transferencias se consideran como costes sociales

internos que han sido restados del total de los costes externos. Sin embargo, en el País Vasco no hay información disponible de este tipo de pagos.

El siguiente esquema muestra los diferentes pasos que se han llevado a cabo para el cálculo:

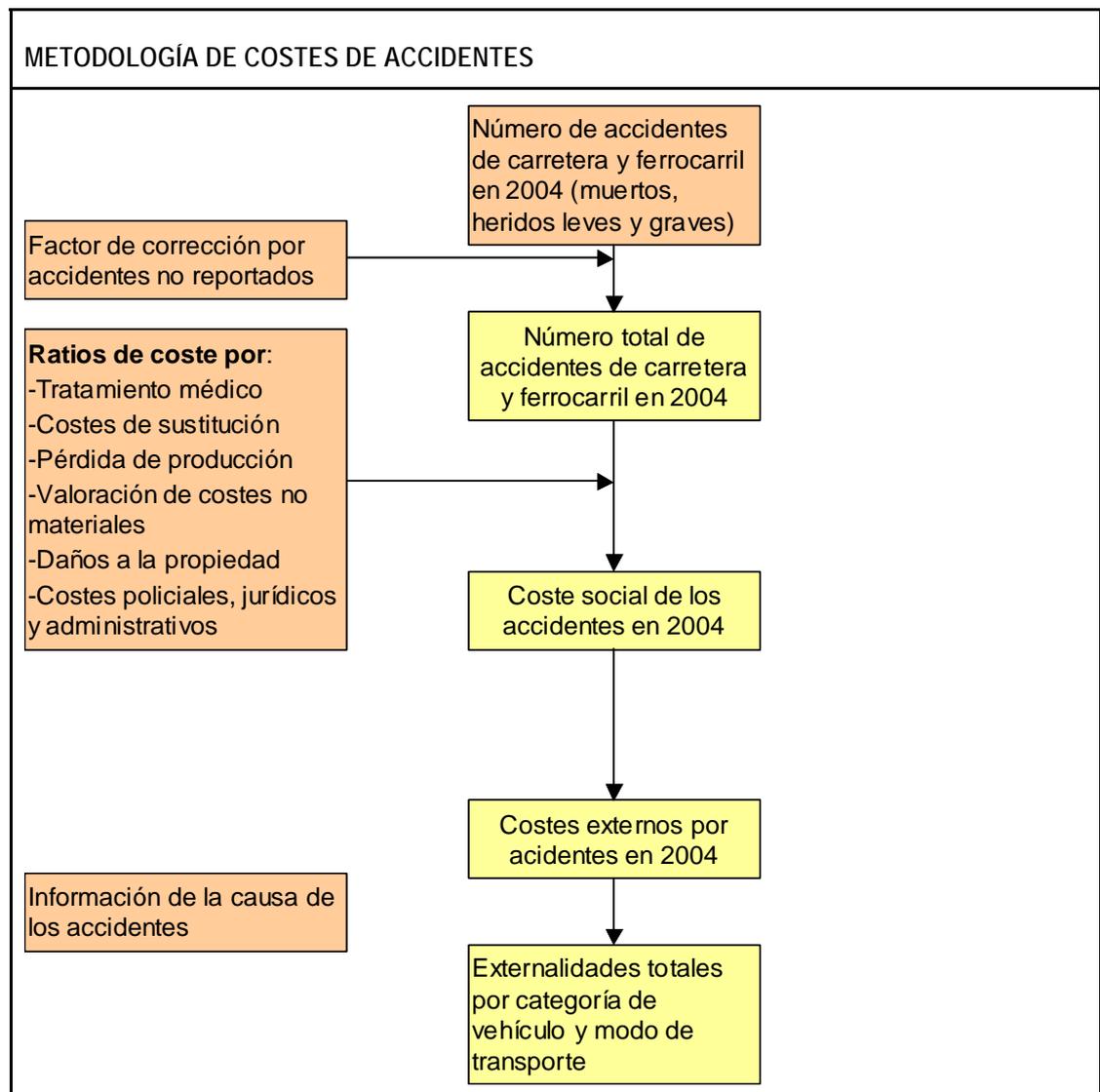


Figura 8 Campos rojos: datos de entrada, campos amarillos: datos de salida. Datos empleados

### 3.2.2. DATOS EMPLEADOS

› Número de accidentes, víctimas mortales, heridos leves y graves para el transporte por carretera disponibles de los datos estadísticos oficiales del País Vasco.

- › Número de accidentes, víctimas mortales, heridos graves y leves del transporte ferroviario: no se dispone de datos para el País Vasco. Datos para España (valores medios entre 1995-2000/2002) se interpolarán al País Vasco en base a los valores de trenes-Km para poder evaluar accidentes y víctimas del transporte ferroviario.
- › Los ratios de costo para las diferentes categorías de costes de accidentes se transferirán desde UNITE (Anejo a UNITE 2002d) y del valor ajustado y detallado según la inflación de los precios de 2004.

### 3.2.3. RESULTADOS PARA 2004

#### Procedimientos de cálculo

Los costes de los accidentes están basados en las cifras de accidentes en carretera y en ferrocarril. Los datos de accidentes en las carreteras se han obtenido de las estadísticas oficiales para el País Vasco: “Anuario Estadístico de Accidentes de Tráfico 2003” editado por el Gobierno Vasco y datos aportados por los ayuntamientos de Bilbao, Donostia, Vitoria, Barakaldo y Basauri.

<b>VÍCTIMAS EN ACCIDENTES DE CARRETERA EN EL PAÍS VASCO 2003</b>				
	<b>Muertos</b>	<b>Heridos graves</b>	<b>Heridos leves</b>	<b>Total</b>
<b>Vehículos de dos ruedas</b>	10	118	399	<b>527</b>
<b>Vehículos ligeros (tur/furg)</b>	117	538	4943	<b>5598</b>
<b>Vehículos pesados (cam./bus)</b>	25	78	373	<b>476</b>
<b>Peatones</b>	22	72	174	<b>268</b>
<b>Otros vehículos</b>	1	4	46	<b>51</b>
<b>Total</b>	<b>175</b>	<b>810</b>	<b>5935</b>	<b>6920</b>

<b>Accidentes urbanos en el País Vasco</b>				
	<b>Muertos</b>	<b>Heridos graves</b>	<b>Heridos leves</b>	<b>Total</b>
<b>Conductor</b>	14	233	2.090	<b>2.337</b>
<b>Pasajero</b>	4	90	1.061	<b>1.155</b>
<b>Peatón</b>	9	131	482	<b>622</b>
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>454</b>	<b>3.633</b>	<b>4.114</b>

Tabla 4 Víctimas de accidentes en carretera y urbanos en el País Vasco 2003. Fuente: Anuario Estadístico de Accidentes de Tráfico 2003.

No hay datos de accidentes en los ferrocarriles en el País vasco. Por lo tanto se usan series de datos para España (período de 1992-1997) y se estiman muertos y heridos medios por tren-km. Teniendo en cuenta esto y los datos de rendimiento del ferrocarril de las diferentes compañías que están operando en el País Vasco, se hace una estimación en bruto de las víctimas de accidentes de ferrocarril.

De todos modos, hemos de tener en cuenta que los datos de accidentes en carretera son, en general, estadísticas no completas, basadas principalmente en informes de la policía. Un número significativo de accidentes no son comunicados a la policía (accidentes auto-producidos, accidentes con daños menores y heridos leves). Los datos de accidentes en carretera han sido ajustados usando las cifras suizas del ratio de accidentes no-reportados. Este ratio está cerca de 0 para las víctimas mortales, pero llega a 3.6 para los heridos leves. La tabla siguiente muestra una visión general del número total estimado de víctimas mortales y heridos para los accidentes en carretera y en ferrocarril.

Interurbanos carretera		Turismos	Motocicletas	Autobuses	Furgonetas	Camiones	Bicicletas	Total
Muertos	No.	117	8	1	21	29	2	178
Heridos graves con incapacidad	No.	179	33	1	32	31	8	285
Heridos graves sin incapacidad	No.	1.144	213	7	203	201	53	1.821
Heridos leves	No.	19.889	1.472	71	3.528	1.974	367	27.301

Urbanos carretera		Turismos	Motocicletas	Autobuses	Furgonetas	Camiones	Bicicletas	Total
Muertos	No.	18	1	1	3	3	0	27
Heridos graves con incapacidad	No.	101	19	5	18	12	5	160
Heridos graves sin incapacidad	No.	643	120	33	116	78	30	1.020
Heridos leves	No.	12.161	902	367	2.200	857	225	16.712

Ferrocarril		Viajeros	Mercancías	Total
Muertos	No.	0.86	0.14	1.00
Heridos graves con incapacidad	No.	0.02	0.14	0.15
Heridos graves sin incapacidad	No.	0.10	0.86	0.96
Heridos leves	No.	0.00	0.00	0.00

Tabla 5 Estimación del número total de accidentes para el País Vasco.

Para la mayoría de categorías de costes dentro de los costes de los accidentes (pérdida de mano de obra, costes médicos externos, etc.) se han usado datos recientes de Suiza y se han ajustado los valores del País Vasco para el 2004. La principal fuente de información para los cálculos en el estudio suizo ha sido Costes Externos de Accidentes (ECOPLAN 2002)

## Resultados

La siguiente gráfica muestra los costes totales de los accidentes.

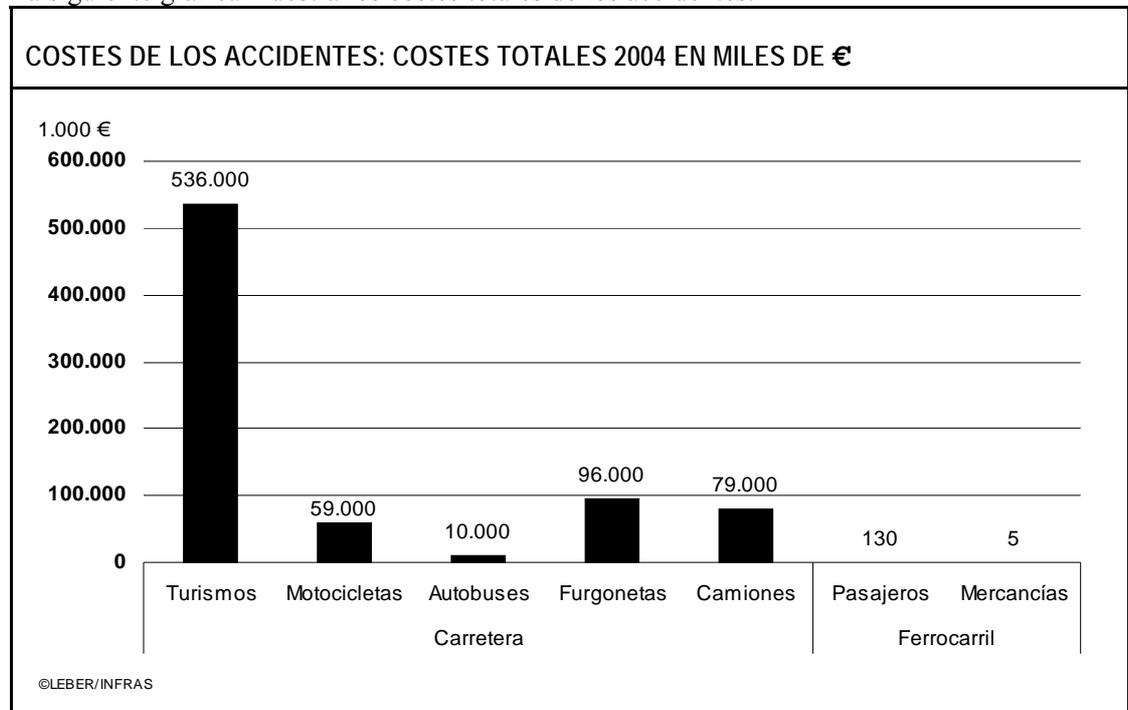


Figura 9

Los turismos representan el 67% de los costes de los accidentes, las furgonetas y los camiones alrededor del 12 y el 11%. Los costes de las autopistas son despreciables (alrededor del 0.2% de los costes totales). Hay que tener en cuenta que el 1,8% de los costes totales de los accidentes, equivalente a 9,5 millones, proviene del modo de transporte en bicicleta, el cual no es una categoría oficial de vehículo en este estudio. Sin embargo, el número de ciclistas muertos o heridos sí debe ser estimado.

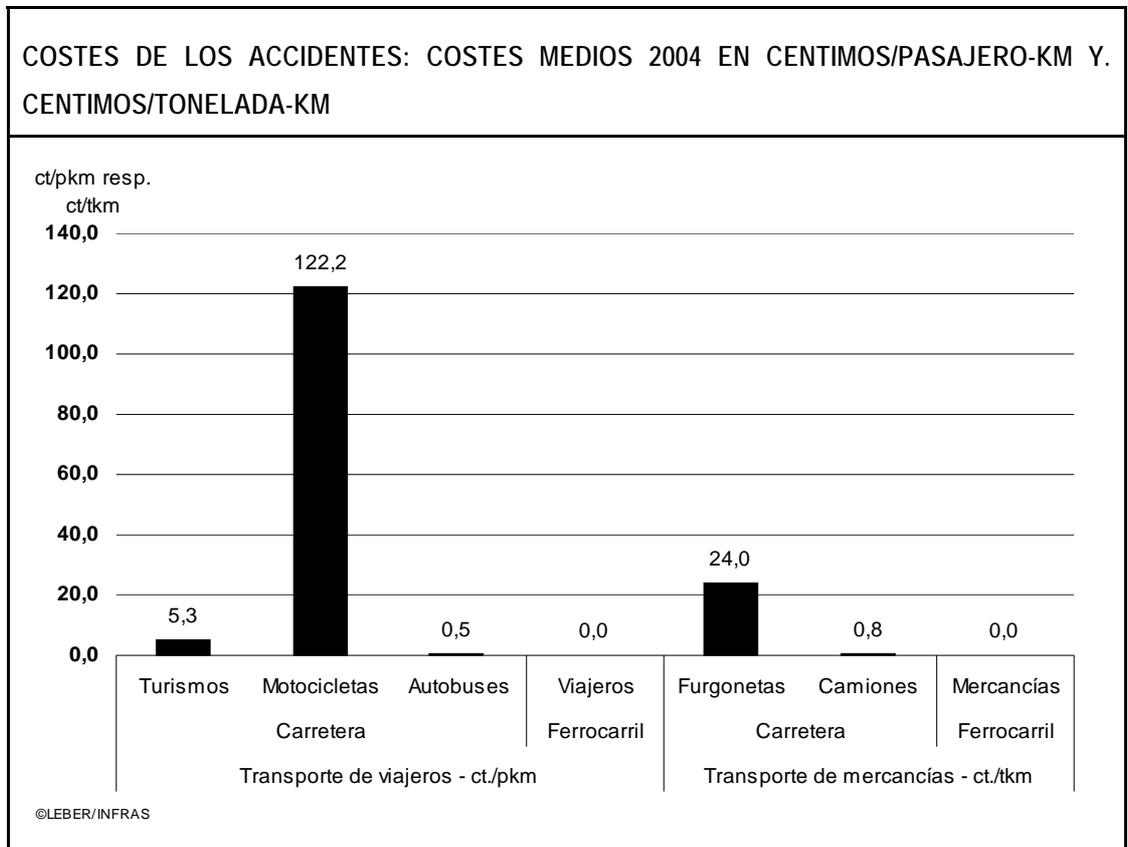


Figura 10

Los costes medios más altos se producen en las motocicletas. Los costes de este modo de transporte son 20 veces mayor que los de los turismos.

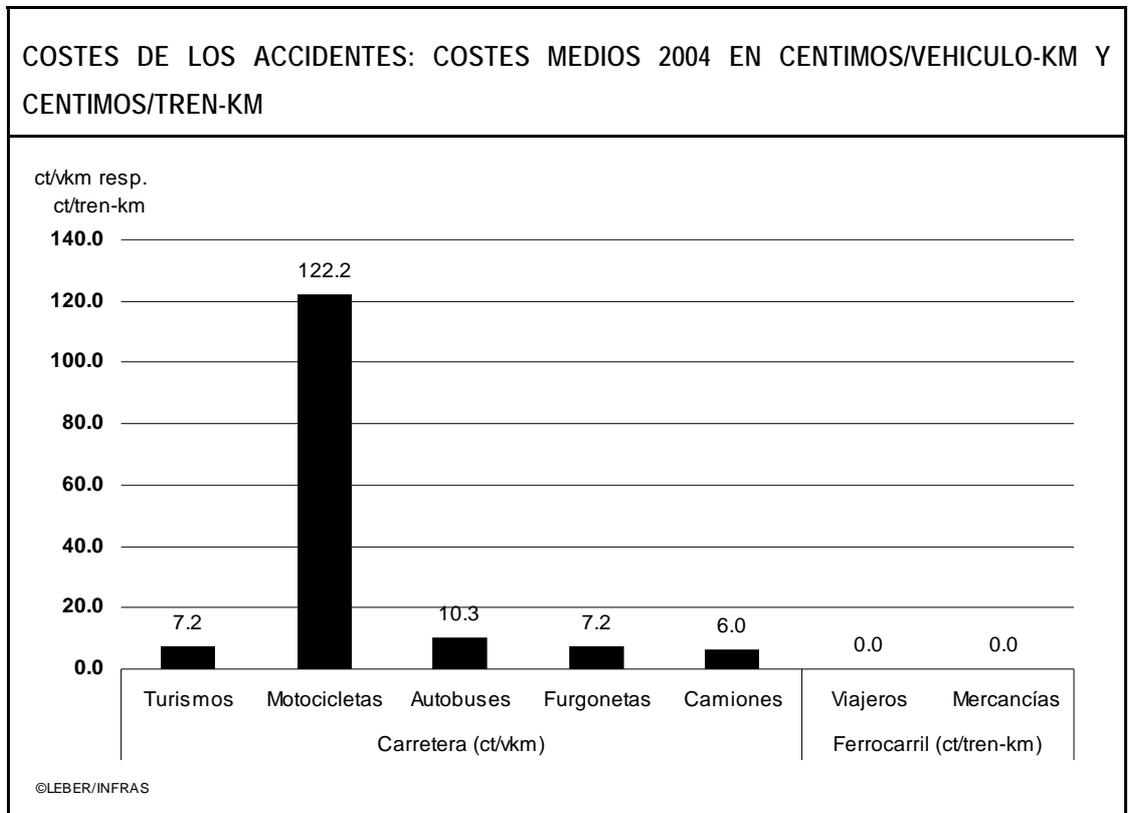


Figura 11

### 3.3. COSTES DE RUIDO

#### 3.3.1. PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN DE COSTES

El ruido del tráfico tiene una serie de impactos negativos en los individuos y en la sociedad, los cuales tienen unos costes externos. La evaluación económica de los efectos negativos del ruido normalmente se centran en los siguientes dos aspectos que cubren los elementos más importantes:

- › Costes debidos a los efectos negativos en la salud (costes en la salud): los efectos producidos en la salud por el ruido abarcan sobre todo enfermedades cardiovasculares (hipertensión, infarto de miocardio, angina de pecho). Estas enfermedades producen unos costes externos que constan de los siguientes componentes:
  - › Costes de tratamientos médicos (tratamientos hospitalarios y externos)
  - › Pérdidas de horas de trabajo (debido a las bajas laborales)
  - › Costes intangibles (pérdida de salud, dolor y sufrimiento): se cuantifica usando la disposición a pagar.
- › Costes debidos al malestar creado por el ruido: la molestia debida al ruido se refleja en la disposición de los ciudadanos a pagar para evitar el ruido producido por el tráfico. Esta disposición a pagar puede ser cuantificada con el método denominado “precio hedónico” donde las casas de renta más baja en las áreas afectadas por el ruido son utilizadas como indicador para valorar el impacto negativo del ruido en la salud de la población.

Para cuantificar los costes externos del ruido se ha elegido la siguiente metodología <sup>4</sup>:

1. La base del cálculo es la exposición de la población al ruido. Esta exposición está determinada por el uso de un modelo de ruido de tráfico y ferroviario para Bilbao y Vitoria respectivamente. La situación de la exposición de estas dos ciudades está extrapolada a todo el País Vasco.
2. Efectos en la salud: La exposición al ruido nos lleva a un incremento del riesgo de enfermedades, a una tasa más alta de mortalidad y a una esperanza de vida más corta. Con las conocidas funciones dosis-respuesta entre la exposición al ruido y los ratios de morbilidad (riesgo de enfermedad) y mortalidad, se puede calcular el número de casos de enfermedad y muerte relacionadas con el ruido. Para derivar los costes de la salud de

<sup>4</sup> La metodología aplicada es la misma que se usó en el estudio de la Oficina Federal Suiza para la Ordenación del Territorio, donde se calculan los costes externos para la salud causados por la polución del aire del transporte por carretera y por ferrocarril en Suiza (ECOPLAN 2004a).

los cada vez más casos de enfermedad y muerte, se determinan los gastos y pérdidas que los individuos implicados tienen que soportar.

3. La molestia debida al ruido / pérdida de valor: La pérdida de valor en la vivienda debido al ruido del tráfico se puede calcular con la relación entre la exposición al ruido y el nivel de renta (llamado NSDI en inglés, índice de depreciación por la sensibilidad al ruido) y la información sobre el nivel medio de la vivienda en el País Vasco.
4. La suma de los costes de la salud y la pérdida de valor de la vivienda representa el coste total del ruido del tráfico.

En el siguiente gráfico se muestra una vista de la metodología aplicada.

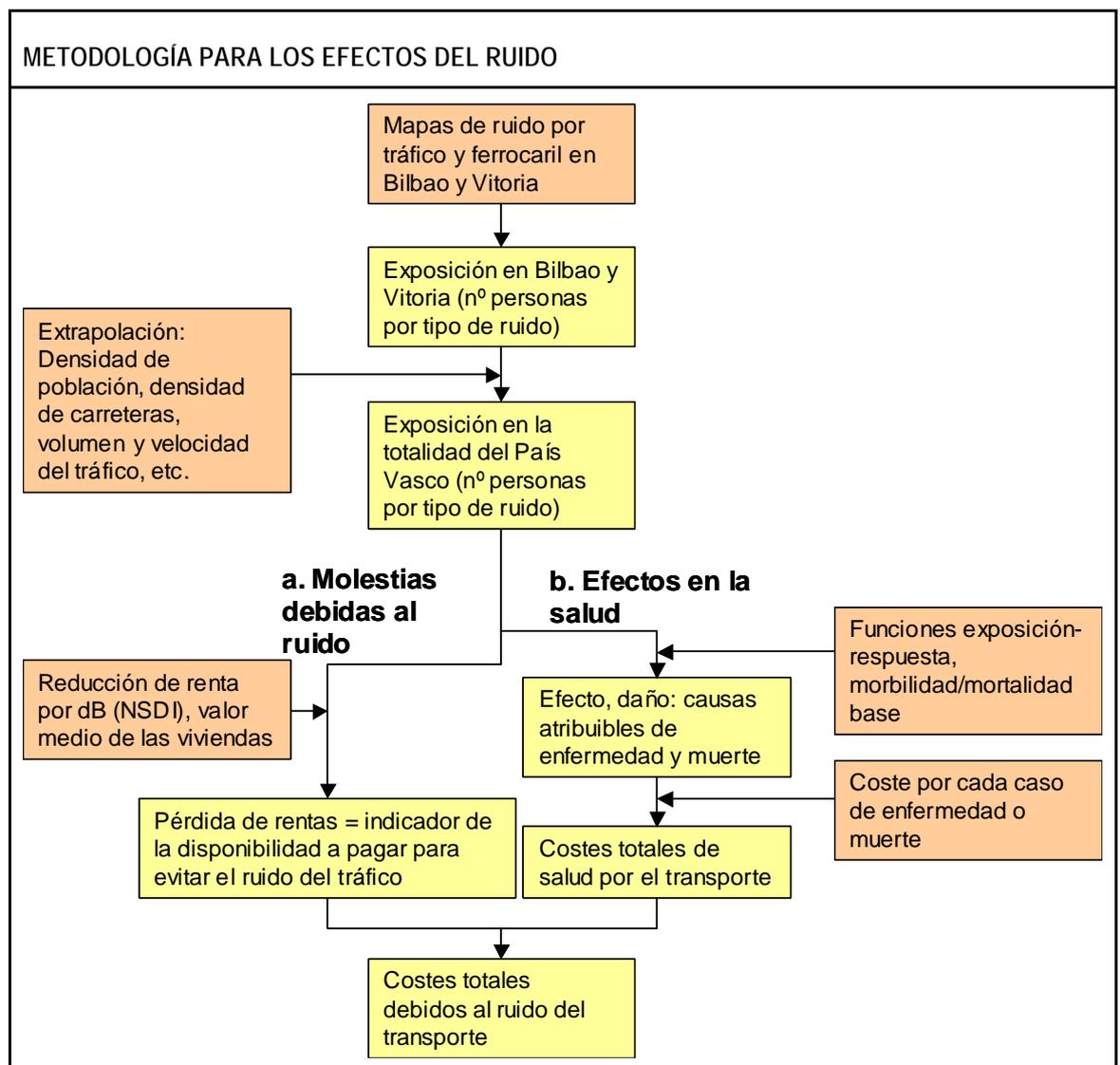


Figura 12 Campos rojos: datos de entrada. Campos amarillos: datos de salida.

### 3.3.2. DATOS EMPLEADOS

*Situación de exposición al ruido de la población: número de personas por tipo de ruido*

El cálculo de la situación de exposición al ruido ha sido clasificado entre ruido por tráfico y por transporte ferroviario.

#### a. Tráfico

Los mapas de ruido de Bilbao se utilizan como base para el resto de ciudades. A través del SIG se obtienen la población y el nivel de inmisión de ruido, de esta manera se logra un gráfico que relaciona la población con el nivel de ruido para Bilbao, tanto nocturno como diurno.

La extrapolación se realiza considerando los siguientes factores: densidad de tráfico (veh/km/km<sup>2</sup>), porcentaje de transporte pesado (el porcentaje de motocicletas se supone similar en todas las ciudades), velocidad media, densidad de las carreteras, de la población y el empleo, en todas las áreas urbanas.

Como los dB se representan es una escala logarítmica (log<sub>10</sub> de la presión sonora) hay una relación directa entre las inmisiones en dB y el log<sub>10</sub> del producto de los factores relevantes.

La forma del gráfico a la exposición se supone la misma para todas los municipios, lo que cambia es la situación en el gráfico. De esta forma, el log<sub>10</sub> calculado antes indica el desplazamiento en el gráfico (y de su centro de gravedad) hacia una u otra dirección. Por ejemplo:

- › log<sub>10</sub> del producto de los factores de Bilbao = 13.075; G de Bilbao = 60.916 dB
- › log<sub>10</sub> del producto de los valores en Santurtzi = 12.486;
- › Resultados G de Santurzi = log<sub>10</sub> Santurzi / log<sub>10</sub> Bilbao X G Bilbao = 58.17dB

La traslación en el gráfico para Santurtzi es 2.75 dB a la izquierda.

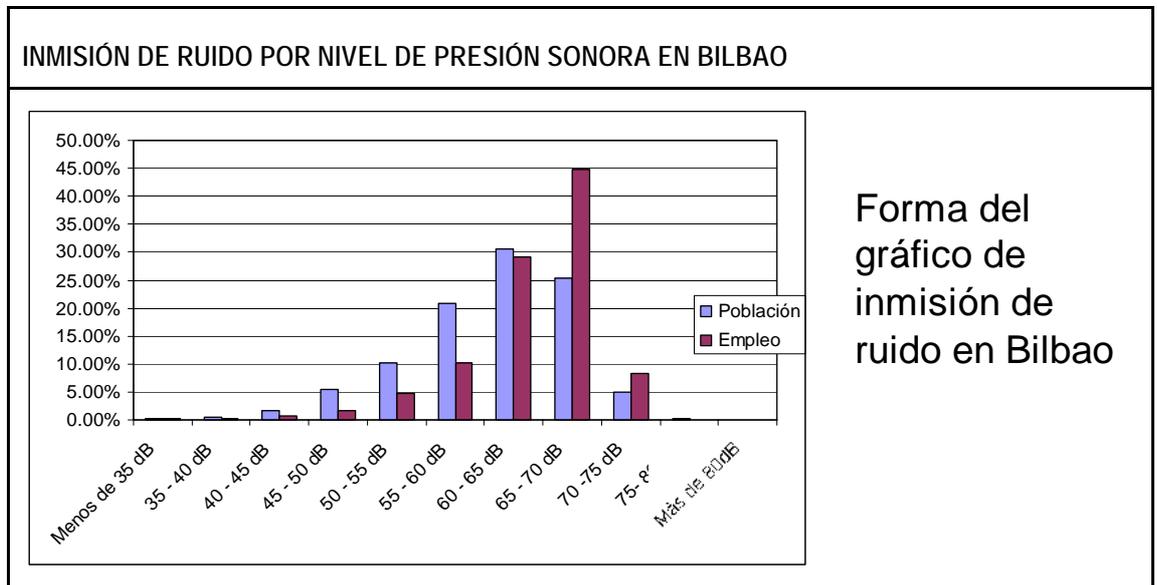


Figura 13

El procedimiento descrito se realiza para todos los municipios y situaciones (habitantes y empleo en horas diurnas, habitantes en horas nocturnas). Los porcentajes se multiplican por la población de cada municipio (en Bilbao se calcula para todo el municipio) para obtener los valores absolutos.

#### b. Ferrocarril

En el ferrocarril el mapa de ruidos de Vitoria se toma como base para el resto de municipios. Tomamos dos parámetros: el número de personas afectadas y el nivel de la inmisión de ruido.

La gente que vive alrededor de las líneas de tren en las áreas urbanas se estima que es la misma en todos los municipios (proporcionales a la longitud de la línea). De este modo, se procede al cálculo de la gente afectada en cada municipio.

El siguiente paso sería calcular el nivel de ruido de la misma manera que el caso del tráfico, usando como factores relevantes el número de circulaciones y el peso de los trenes (pasajeros de RENFE, pasajeros en trenes de vía métrica y trenes de mercancías).

#### *Relación entre el nivel de ruido y el nivel de renta de la vivienda (NSDI)*

La relación entre el nivel medio de ruido y la pérdida de valor de la vivienda se cuantifica con el llamado “índice de depreciación por la sensibilidad al ruido” (NSDI). Numerosos estudios internacionales han analizado esta correlación para el ruido del transporte. Los datos normalmente varían de 0,6% a 1,0% por dB(A) para nivel de ruido superior a 55dB, lo que significa que la vivienda se deprecia entre un 0,6% -1,0% por dB en ruido diurno (sobre un

registro de 55dB). **Para este estudio se está aplicando un valor NSDI de 0.8% para un nivel de ruido de 55dB (ruido diurno, Leq 15).** Este valor corresponde al aplicado en el estudio suizo sobre costes externos de ruido del transporte (ECOPLAN 2004b).

Para calcular la pérdida de valor de la vivienda debido al ruido del transporte, tiene que conocerse el nivel medio del precio de la renta de la vivienda en el País Vasco. De acuerdo con las estadísticas del Gobierno Vasco el valor medio en 2004 era de 350,10 € por habitante y mes (Gobierno Vasco 2005), siendo la media de inquilinos por piso de 2.9 personas en 2004. Con estos datos **el valor medio del precio de la renta de la vivienda en País Vasco fue de 1.449 € por año y persona en 2004.**

#### *Funciones exposición-respuesta y morbilidad/mortalidad básica*

Estudios epidemiológicos muestran que el ruido del transporte conlleva el incremento del riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares. Estos estudios nos informan de que a partir de cierto nivel de ruido el riesgo se incrementa más o menos linealmente. En este informe las funciones exposición-respuesta se aplican de la siguiente manera:

› Enfermedades isquémicas del corazón: riesgo relativo  $RR = 1 + (L(\text{day}) - 65) * \frac{0.066}{5}$

Para este tipo de enfermedades cardiovasculares el nivel de ruido diurno es crucial. De acuerdo con la ecuación arriba mencionada, el riesgo relativo de enfermar por tales enfermedades del corazón está incrementando en un 6,6% por 5 dB sobre niveles de ruido de 65 dB (fuente ECOPLAN 2004b).

› Enfermedades relacionadas con la hipertensión: riesgo relativo  $RR = 1 + (L(\text{night}) - 50) * \frac{0.415}{5}$

Para este tipo de enfermedades el ruido nocturno es también crucial y de acuerdo con la ecuación anteriormente mencionada el riesgo relativo de contraer alguna enfermedad relacionada con la hipertensión se está incrementando en un 41.5% por 5dB sobre niveles de ruido de 50 dB (Fuente: ECOPLAN 2004b)

La siguiente tabla muestra la morbilidad/mortalidad básica por enfermedades isquémicas del corazón y otras relacionadas con la hipertensión, y además representa el riesgo general de estas enfermedades en el total de la población independientemente del nivel del ruido

MORBILIDAD/MORTALIDAD BÁSICA: NÚMERO DE CASOS POR AÑO	
Efectos para la salud	Número de casos por 100'000 habitantes y año
<b>Enfermedades isquémicas del corazón</b>	
Número de muertes (total)	147
<i>Numero de muertes (gente que trabaja)</i>	27
Años de vida perdidos (total)	1'453
<i>Años de vida perdidos (gente que trabaja)</i>	219
Ingresos hospitalarios (pacientes internos)	437
Ingresos hospitalarios (internos parcialmente)	39
Número de días en el hospital (interno)	4'010
Días de trabajo perdidos	1'016
Tratamientos externos	535
<b>Enfermedades relacionadas con la hipertensión</b>	
Número de muertes (total)	22
<i>Numero de muertes (gente que trabaja)</i>	3
Años de vida perdidos (total)	177
<i>Años de vida perdidos (gente que trabaja)</i>	15
Ingresos hospitalarios (pacientes internos)	68
Ingresos hospitalarios (internos parcialmente)	4
Número de días en el hospital (interno)	910
Días de trabajo perdidos	129
Tratamientos externos	2'638
Dosis diarias de medicación (hipertensión)	3'337'000 dosis por año

Tabla 6 Fuente de datos: Estudio suizo de costes externos de ruido para la Oficina Federal de Ordenación del Territorio (ECOPLAN 2004b).

#### *Ratios de costes por efectos en la salud*

Los ratios de costes aplicados en este estudio para diferentes efectos en la salud se muestran en la siguiente tabla

RATIOS DE COSTES QUE INDUCEN EFECTOS EN LA SALUD: DATOS PARA EL PAÍS VASCO 2004 (EN EUROS)			
Efectos para la salud	Disposición a pagar(en euros)	Costes de los tratamientos(en euros)	Pérdida de mano de obra(en euros)
Años de vida perdidos	55.872		
Años de trabajo perdidos			23.163
<i>Enfermedades isquémicas del corazón</i>			
Muertes prematuras	1.123.873		
Muertes prematuras de gente que trabaja			215.778
Ingresos hospitalarios (internos)	9.276		
Ingresos hospitalarios (parcialmente-internos)	1.011	590	48
Número de días en el hospital (internos)		590	
Días de trabajo perdidos			190
Tratamientos externos			8
<i>Enfermedades relacionadas con la hipertensión</i>			
Muertes prematuras	927.731		
Muertes prematuras de gente que trabaja			181.075
Ingresos hospitalarios (internos)	856		
Ingresos hospitalarios (parcialmente-internos)	856	478	27
Número de días en el hospital (internos))		478	
Días de trabajo perdidos			190
Tratamientos externos	856		5
Dosis diarias de medicación (hipertensión)		1,3	

Tabla 7 Fuente de datos: Estudio suizo de costes externos de ruido para la Oficina Federal de Desarrollo Espacial (ECOPLAN 2004b). Datos adaptados al País Vasco.

### 3.3.3. RESULTADOS PARA 2004

La base del cálculo de los costes del transporte por ruido se centra en el número de personas afectadas por las diferentes niveles del mismo. En la siguiente tabla se presentan los datos para el transporte por carretera y por ferrocarril en el País Vasco.

NÚMERO DE PERSONAS AFECTADAS POR EL RUIDO CLASIFICADAS POR CLASE DE RUIDO EN EL PAÍS VASCO 2004			
Nivel de ruido	Carretera		Ferrocarril
	Periodo diurno, Leq15	Periodo nocturno, Leq9	Periodo diurno, Leq15
Menos de 35 dB	3.177	5.883	n.d.
35 - 40 dB	9.168	24.196	n.d.
40 - 45 dB	30.763	82.594	n.d.
45 - 50 dB	75.504	165.969	50.061
50 - 55 dB	148.195	304.250	37.586
55 - 60 dB	264.781	330.887	25.208
60 - 65 dB	326.560	157.661	16.797
65 - 70 dB	220.514	46.306	7.109
70 -75 dB	41.084	4.141	1.478
75- 80 dB	2.142	0	0
Más de 80dB	0	0	0

Tabla 8 Fuente: Los cálculos están basados en los modelos de ruido de Bilbao y Vitoria. n.d.: no hay datos disponibles. Para el ruido por el ferrocarril, se asume que durante la noche no se sobrepasan los niveles críticos de ruido.

A continuación se representan gráficamente los datos de la tabla anterior y un gráfico con niveles de ruido característicos de distintos modos.

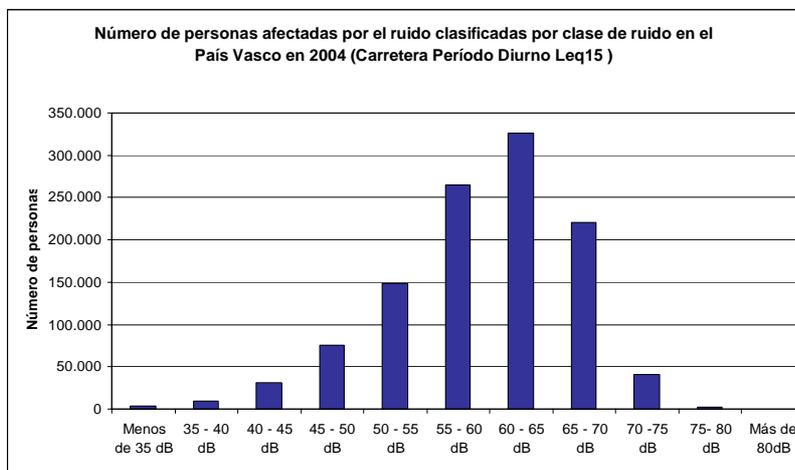


Figura 14

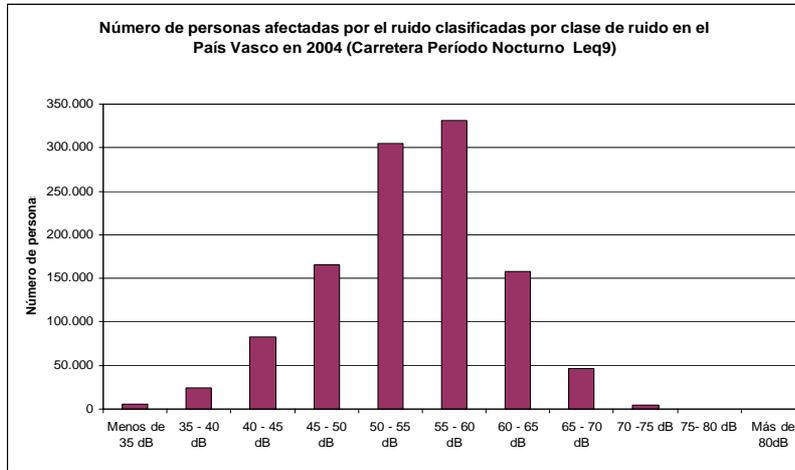


Figura 15

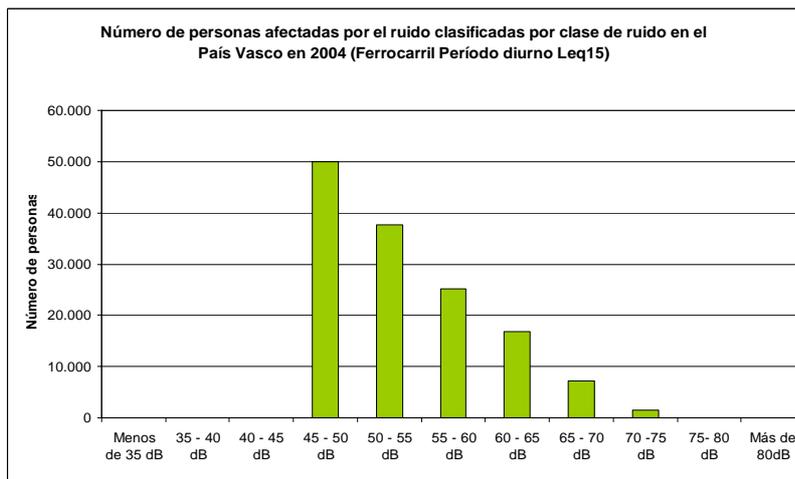


Figura 16

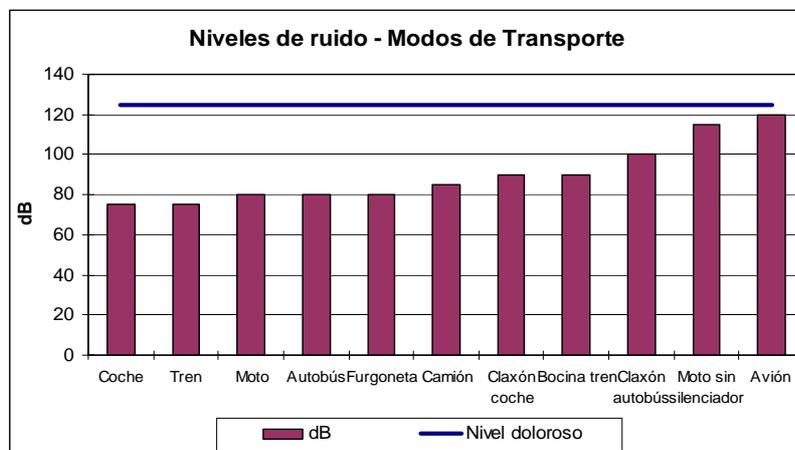


Figura 17

Los costes externos por ruido consisten en dos elementos: los **costes para la salud** y la **pérdida de pagos de rentas**. Para los costes médicos, se calcula el número de casos de enfermedad y muerte atribuibles al ruido debido al transporte. La siguiente tabla ofrece una visión general del número de casos de enfermedad y muerte debido al ruido producido por el transporte en el País Vasco.

CASOS ATRIBUIBLES: NÚMERO DE CASOS POR AÑO DEBIDOS AL RUIDO DEL TRANSPORTE 2004		
Efectos en la salud	Carreteras (número de casos/año)	Ferrocarril (número de casos/año)
<b>Enfermedades de cardiopatía isquémica</b>		
Número de muertes (total)	17	1
<i>Número de muertes (personas trabajadoras)</i>	2	0
Años de vida perdidos (total)	170	6
<i>Años de vida perdidos (personas trabajadoras)</i>	13	0
Ingresos en hospitales (pacientes internos)	51	2
Ingresos en hospitales (semi-internos)	5	0
Número de días en el hospital (pacientes internos)	468	15
Días de trabajo perdidos	119	4
Tratamientos de pacientes externos	62	2
<b>Enfermedades relacionadas con la hipertensión</b>		
Número de muertes (total)	104	0
<i>Número de muertes (personas trabajadoras)</i>	6	0
Años de vida perdidos (total)	851	0
<i>Años de vida perdidos (personas trabajadoras)</i>	38	0
Ingresos en hospitales (pacientes internos)	326	0
Ingresos en hospitales (semi-internos)	18	0
Número de días en el hospital (pacientes internos)	4'380	0
Días de trabajo perdidos	621	0
Tratamientos de pacientes externos	12'696	0
Dosis de medicación diarias (hipertensión)	16'060 dosis	0 dosis

Tabla 9 Datos para 2004.

En total, el ruido induce efectos en la salud de los ciudadanos del País Vasco que ascienden a 68,8 millones de euros. La mayoría de los costes se atribuyen al tráfico por carretera. Como se muestra en la Tabla 10, el factor principal de los costes es la disposición a pagar para evitar muertes y enfermedades debidas al ruido por el transporte.

COSTES DE SALUD DEBIDO AL RUIDO POR EL TRANSPORTE EN EL PAÍS VASCO 2004 EN MILLONES DE. EUROS AL AÑO				
	Disposición a pagar	Costes de los tratamientos médicos	Pérdida de mano de obra	Total
Carretera	64,6	2,4	1,3	68,3
Ferrocarril	0,3	0,0	0,0	0,3
Total	64,9	2,4	1,3	68,6

Tabla 10 Todos los datos están en millones de euros por año.

**Los costes externos debidos a las pérdidas de rentas en el País Vasco ascienden a 80,4 millones de euros.** Los costes del transporte por carretera son 76,9 millones de euros por año y el transporte por ferrocarril 3,5 millones de euros por año.

La Figura 18 muestra los costes por ruido totales del transporte por carretera y por ferrocarril en el País Vasco en 2004. En total, el transporte por carretera asciende a unos costes externos de 145 millones de euros por año y el transporte por carretera a 3.8 millones de euros por año.

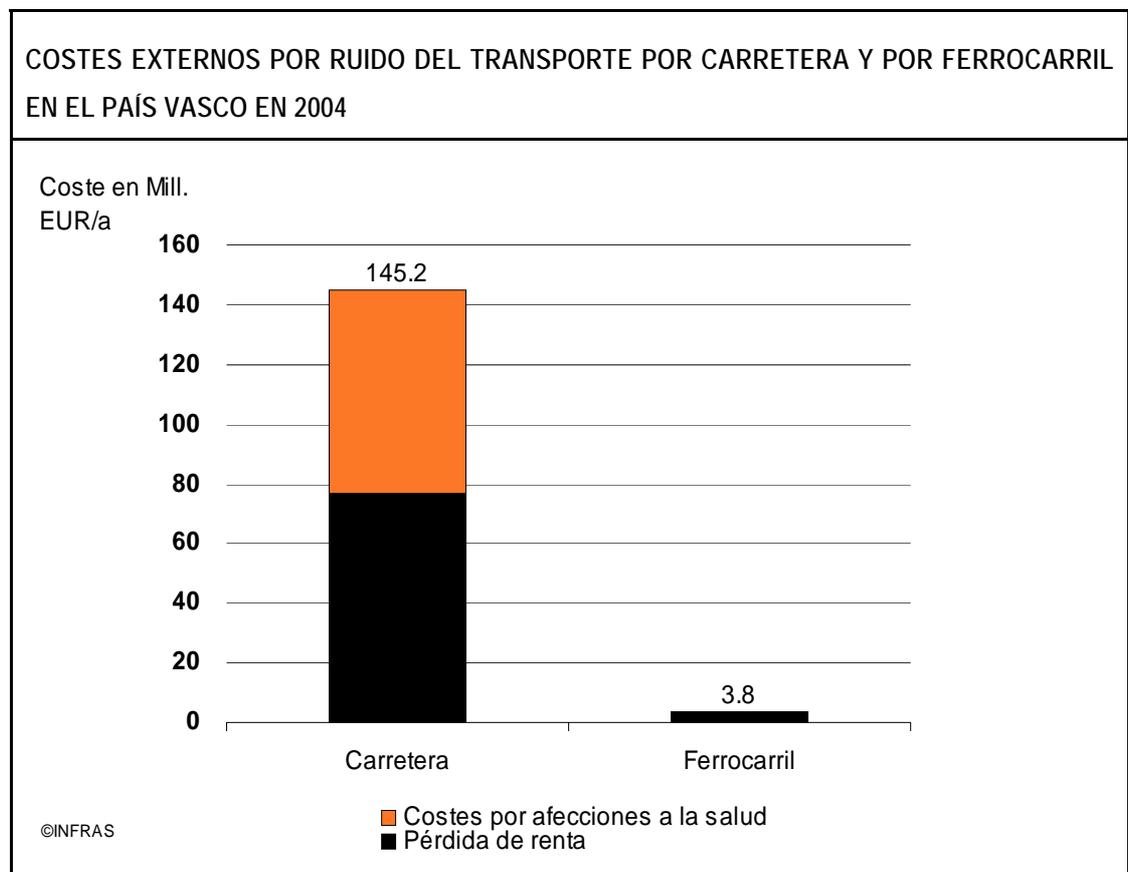


Figura 18

La siguiente figura muestra las cuotas de los costes de los ruidos aplicados a los diferentes modos de transporte. Más del 50% de los costes de los ruidos en el País Vasco son causados por camiones y un 25% por turismos. El transporte por ferrocarril solo genera el 2,6% del total de los costes de ruido.

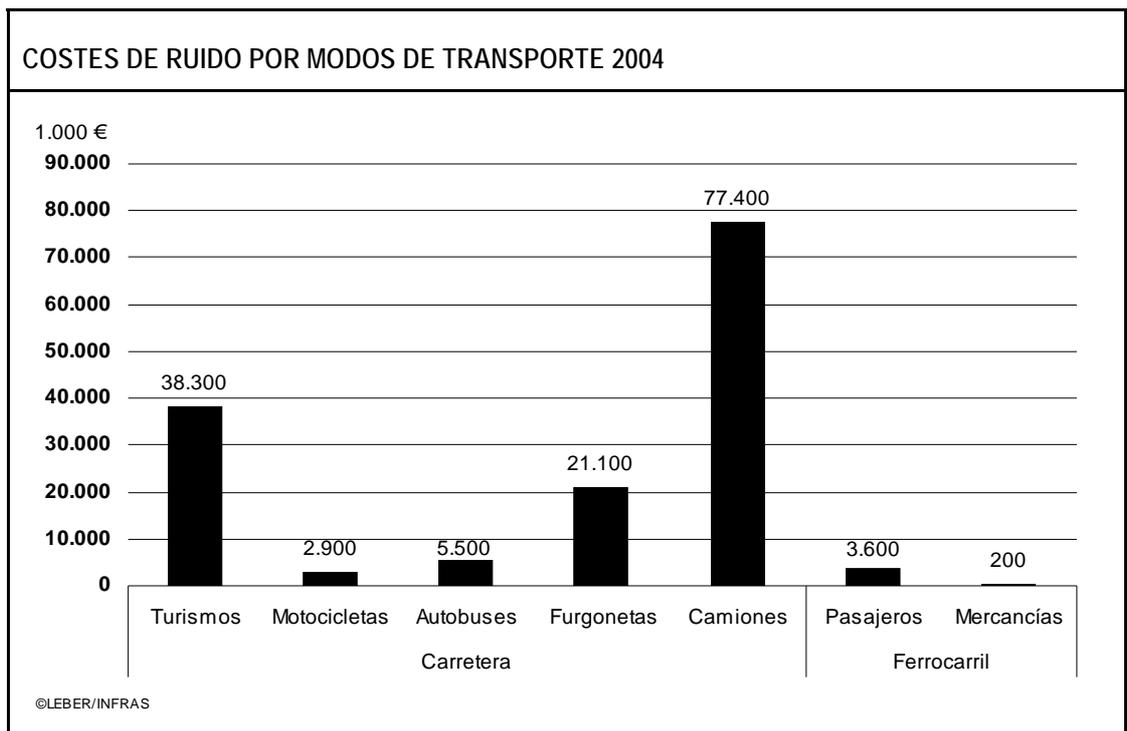


Figura 19

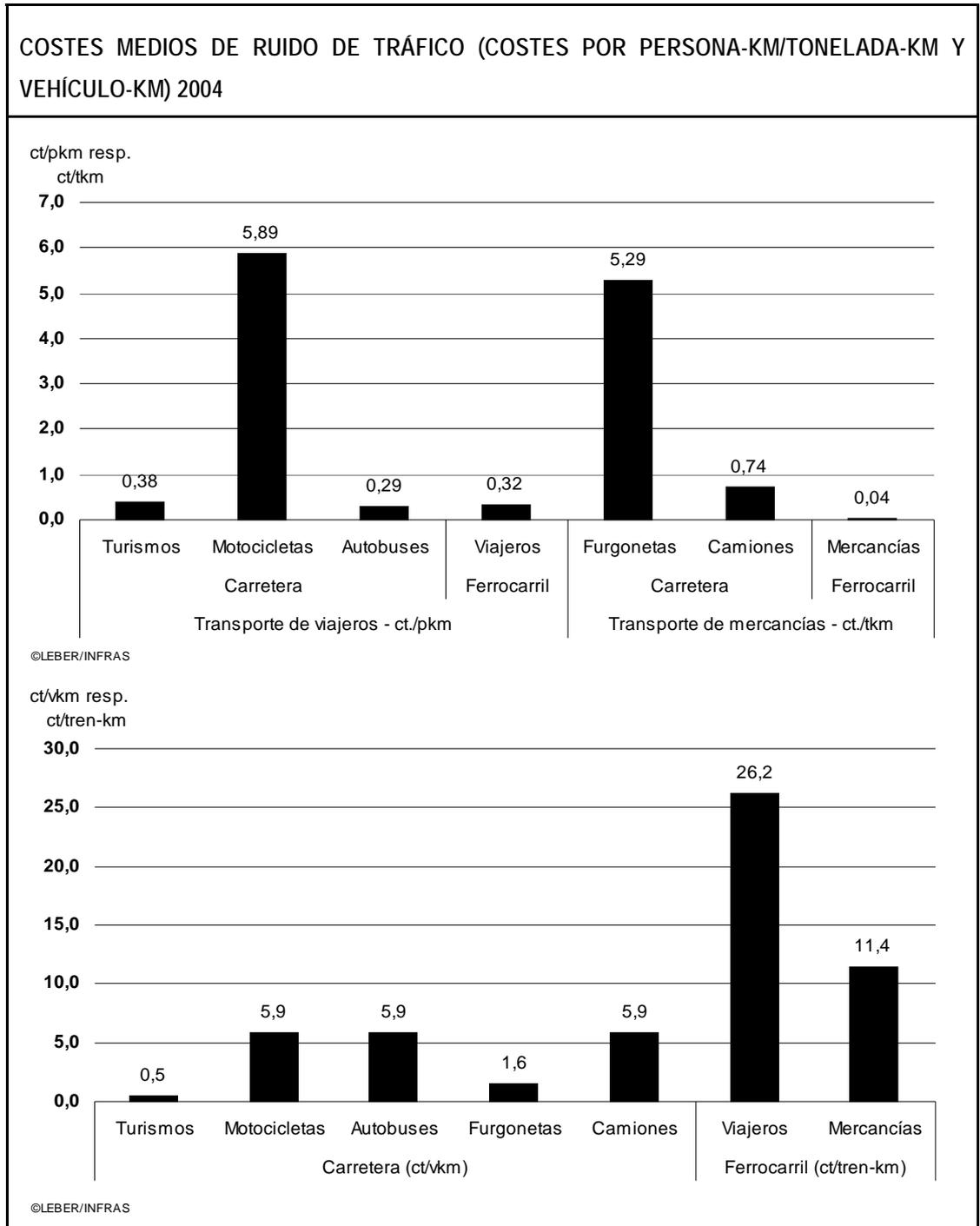


Figura 20

### 3.4. COSTES DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE

#### 3.4.1. PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN DE COSTES

La contaminación del aire causa diferentes tipos de daños que provocan externalidades. En este estudio se tomarán en consideración los siguientes aspectos:

- › Impacto en la salud
- › Impacto en las cosechas y producción agrícola (pérdida de las cosechas)

Además otros impactos negativos de la contaminación ambiental son el daño a los bosques y daños en materiales y edificios. El daño a los bosques es debido a la emisión de sustancias ácidas que llevan a crear un suelo ácido y la formación de ozono que reduce el crecimiento de los tallos. Sin embargo estos efectos negativos no pueden cuantificarse aquí debido a que la relación entre la respuesta y la dosis sólo es parcialmente conocida y a que no existen datos básicos para el País Vasco (p.e. datos sobre la acidez del suelo en los bosques).

En cuanto a los daños en la edificación, éstos son de menor importancia en comparación con los costes en la salud y al no existir una base de datos específica sobre este aspecto, la estimación de los costes sería muy grosera y con un alto margen de error.

Por lo tanto en este estudio se cuantifican los otros dos aspectos negativos de la contaminación ambiental: costes para la salud, y pérdida de las cosechas.

#### Costes para la salud

La contaminación ambiental puede afectar al ser humano de diferentes maneras, la más importante es la de enfermedades respiratorias (cáncer de pulmón, bronquitis, asma, etc. ) y cardiovasculares.

Estas enfermedades conllevan unos costes externos sobre la salud que constan de los siguientes componentes:

- › Costes de tratamientos médicos (tratamientos hospitalarios y externos)
- › Pérdida de horas de trabajo (la población sufre bajas con la consiguiente pérdida de horas de trabajo)
- › Costes intangibles (pérdida de salud, dolor y sufrimiento): se cuantifica utilizando la disposición a pagar.

Para cuantificar los costes de salud causados por la polución ambiental del tráfico se ha elegido el siguiente acercamiento metodológico (aproximación de costes de daños)<sup>5</sup>:

1. La base del cálculo es la **exposición de la población a la contaminación**. Esta exposición se determina usando un modelo de exposición. Se ha usado la concentración de PM10 como indicador clave en este estudio.
2. La exposición a la contaminación nos lleva a un **incremento del riesgo de enfermedades, a una mayor mortalidad y a una menor esperanza de vida**. Con las funciones dosis-respuesta entre la exposición a la contaminación y los ratios de morbilidad (riesgos de enfermedad), se pueden calcular los casos de enfermedad y muerte por enfermedades relacionadas con la contaminación del aire.
3. Para derivar los costes de salud del número de casos de enfermedad y muerte, se determinan los **costes y pérdidas** que tienen que soportar los **individuos afectados**

Los siguientes gráficos muestran una visión de la metodología aplicada.

<sup>5</sup> La metodología aplicada es la misma que se usó en el estudio de la Oficina Federal suiza para la Ordenación del Territorio, donde se calculan los costes externos para la salud causados por la polución del aire del transporte por carretera y por ferrocarril en Suiza (ECOPLAN 2004a).

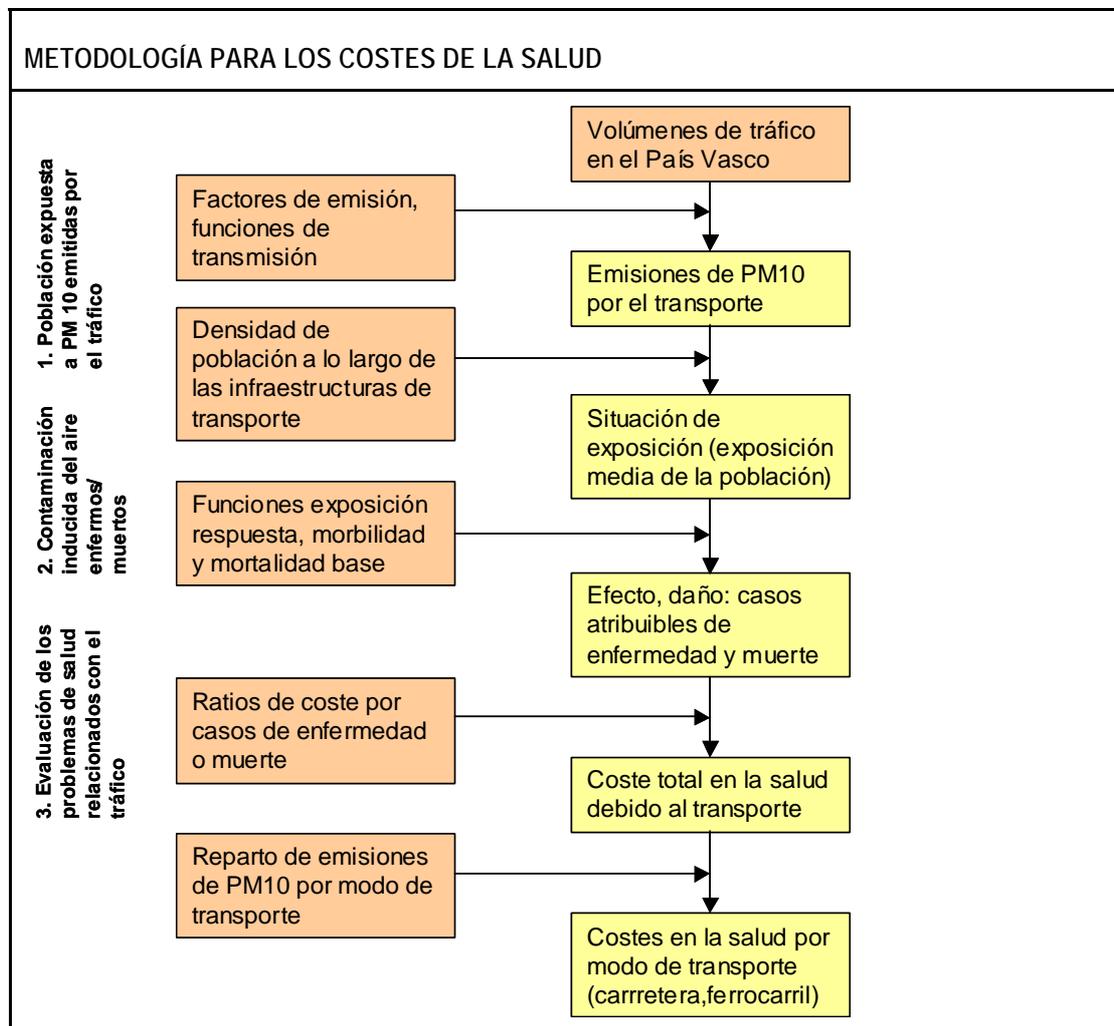


Figura 21 Campos rojos: datos de entrada. Campos amarillos: datos de salida

### Pérdida de cosechas

La contaminación ambiental como consecuencia del transporte puede afectar negativamente a la agricultura de diferentes maneras. El efecto más importante y más estudiado es el daño que el ozono troposférico causa en las cosechas.

El impacto negativo del ozono en las plantas es directo y puede ser bien cuantificado. El ozono es un fuerte oxidante que inhibe la fotosíntesis y la transpiración de las plantas, lo que conlleva una serie de daños colaterales (pérdida de vitalidad, mayor riesgo de enfermedad). Todo esto nos conduce a una reducción del crecimiento en un gran número de especies de plantas.

Para la cuantificación de los costes se ha elegido una aproximación del coste del daño producido<sup>6</sup>. El cálculo se basa fundamentalmente en las funciones exposición-respuesta que describen la relación entre las inmisiones de ozono y la reducción en la producción de las cosechas. Estas funciones son conocidas para todas las especies agrícolas. Conociendo la carga de ozono (emisiones) en el área agrícola, la función exposición-respuesta y la producción de cosecha anual (por especies), se puede cuantificar la cantidad de pérdida anual de las mismas (en toneladas).

Con los precios del productor de las cosechas, la pérdida anual debido al ozono se puede expresar en términos monetarios. La parte de estos costes correspondiente al transporte se pueden estimar tomando como un indicador de la creación de ozono las emisiones de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ). En el siguiente gráfico se puede apreciar una visión detallada de la metodología aplicada.

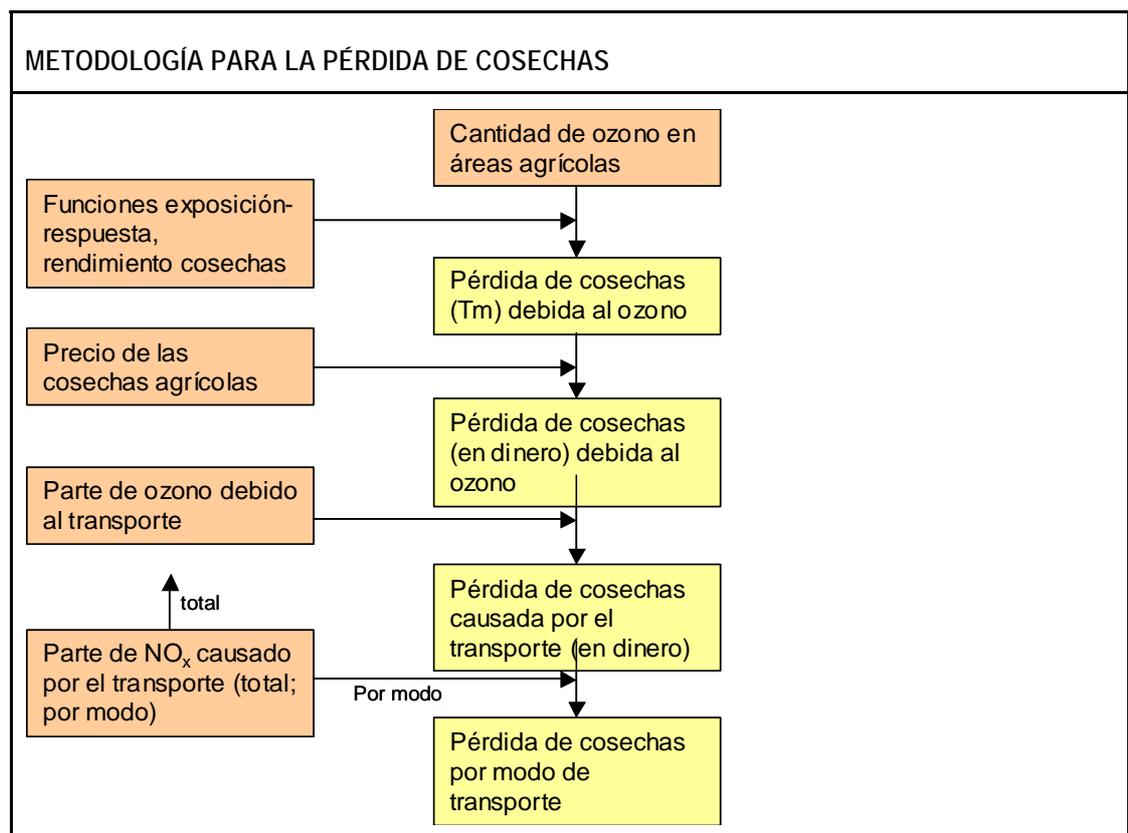


Figura 22 Campos rojos: datos de entrada. Campos amarillos: datos de salida

<sup>6</sup> La metodología aplicada es la misma que se usó en el estudio de la Oficina Federal para la Ordenación del Territorio de Suiza, donde se calculan los costes externos para la salud causados por la polución del aire del transporte por carretera y por ferrocarril en Suiza (ECOPLAN 2004a).

### 3.4.2. DATOS EMPLEADOS

#### Costes para la salud

##### *Situación de exposición: exposición media de PM10 de la población*

La exposición media a PM10 de la población se contabiliza usando las medidas de la contaminación del aire. En el País Vasco hay alrededor de 60 estaciones midiendo continuamente los niveles medios de PM10 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Se dispone de un nivel anual medio de PM10 de cada una de las estaciones, el cual representa la inmisión total de PM10 en esa estación (representando la cuota de PM10 de todo lo que no es transporte, por ejemplo, industria, del hogar, etc.) y por lo tanto se tiene que deducir un nivel base de concentración. Este nivel base se puede estimar analizando las mediciones (umbral más bajo de las mediciones). El resultado de esta sustracción es el nivel de inmisión de PM10 inducido por el transporte.

Basado en su localización (municipio) las estaciones están asignadas a áreas urbanas y rurales respectivamente. Para ambos tipos de PM10 (solamente PM10 producido por el transporte) las mediciones se calculan dando un nivel medio de PM10 para cada tipo de área, rural y urbana. Para cuantificar la media total del nivel de PM10 se utiliza una media ponderada de la población (usando población por municipio)

##### *Funciones exposición-respuesta, mortalidad básica*

La siguiente tabla muestra la morbilidad/mortalidad básicas de las enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental, así como el incremento del riesgo relativo de estas enfermedades por la exposición a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10 (relación exposición-respuesta). La mortalidad básica representa el riesgo general de estas enfermedades en el total de la población, independientemente de la exposición a la contaminación ambiental.

MORBILIDAD/MORTALIDAD BÁSICA: RESUMEN DEL NÚMERO DE CASOS POR AÑO		
Efectos para la salud	Número de casos por 100'000 habitantes y año	Incremento del riesgo relativo por 10 µg/m <sup>3</sup> PM10
Mortalidad a largo plazo	805	1.059
Mortalidad debida a cáncer de pulmón	39	1.106
Mortalidad de bebés	5	1.056
Ingresos hospitalarios por problemas respiratorios (días)	8'313	1.0085
Ingresos hospitalarios por problemas cardiovasculares (días)	17'837	1.0066
Bronquitis crónica entre adultos	247	1.051
Bronquitis aguda entre niños	1'914	1.353
Ataques de asma entre adultos	17'364	1.029
Días de actividad limitada	248'377	1.094

Tabla 11 Fuente de datos: Estudio de costes de contaminación del aire de Suiza realizado por la Oficina Federal para la Ordenación del Territorio (ECOPLAN 2004a).

#### *Ratio de costes para los efectos en la salud*

Los ratios de costes aplicados en este estudio para los diferentes efectos en la salud se muestran en la siguiente tabla.

RATIOS DE COSTES INDUCIDOS EN LA SALUD POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE: BASE DE DATOS DEL PAÍS VASCO 2004 (EN EUROS)			
Efectos en la salud	Disposición a pagar (en euros)	Costes de tratamientos (en euros)	Pérdida de mano de obra (en euros)
Años de vida perdidos	55'872		2'874
Muertes prematuras	1'133'482		30'086
Ingresos hospitalarios por problemas respiratorios (días)	507	526	16
Ingresos hospitalarios por problemas cardiovasculares (días)	507	673	16
Bronquitis crónica entre adultos	268'311	4'447	110
Bronquitis aguda entre niños	168	35	
Ataques de asma entre adultos	40	0.7	8
Días de actividad limitada	121		8

Tabla 12 Fuente de datos: Estudio de costes de contaminación del aire de Suiza realizado por la Oficina Federal para la Ordenación del Territorio (ECOPLAN 2004a). Datos adaptados al País Vasco.

#### *Emisiones de PM10 por tipo de transporte*

El análisis de las mediciones de PM10 basados en su ubicación espacial como se describe anteriormente, da el nivel de inmisión de PM10 inducido por el transporte. De hecho, las emisiones de PM10 producidas por la carretera representan la mayor parte de la concentración total de PM10. Sin embargo, para poder diferenciar entre emisiones por el transporte de

carretera y el ferroviario las estaciones dentro de los municipios cercanos al tren tienen que ser tratadas de manera diferente. Para estas estaciones, las emisiones de PM10 inducidas por el tren se calculará utilizando estimaciones de emisiones de PM10 por parte del ferrocarril.

### Pérdida de cosechas

#### *Exposición al ozono, carga de ozono en regiones agrícolas*

Se ha calculado la carga de inmisión de ozono para las cosechas basándose en las bases de datos de emisiones del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno Vasco. Para cuantificar la carga de ozono, el valor del llamado AOT40 ha sido utilizado como indicador para las cosechas <sup>7</sup>. En 2005 se ha calculado un valor de **8,9 ppm\*h** en el área rural para el Gobierno Vasco.

#### *Funciones exposición-respuesta*

La función principal que muestra la relación entre la producción agrícola y la carga de ozono (emisiones de ozono) es la misma para todo tipo de plantas. Las diferentes especies sólo varían en su valor para el gradiente m:

$$\text{Producción agrícola relativa (en \%)} = 100 + m * \text{AIT40c (in ppm*h)}$$

La pérdida de la producción agrícola en un lugar con una determinada carga de ozono se calcula comparando la producción con la de otra zona sin contaminación. Un enclave sin carga de ozono tiene una valor AOT40c de 0 ppm\*h, por lo tanto una zona sin contaminación donde las cosechas no están influenciadas por el ozono, es el valor de referencia. La siguiente tabla muestra la función exposición-respuesta de diferentes cosechas agrícolas.

<sup>7</sup> El valor AOT40 para las cosechas agrícolas (AOT40c) es un índice que representa la suma de 1 hora de concentración de ozono en una concentración umbral de 40ppb durante el período de desarrollo (desde Mayo a Julio). AOT: Exposición Acumulada sobre un umbral. Unidades del AOT40: ppm\*h o ppb\*h.

DATOS DE RELACIÓN EXPOSICIÓN-RESPUESTA ENTRE LAS EMISIONES DE OZONO Y EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS PARA DIFERENTES TIPOS DE COSECHAS	
Tipos de cosechas	Reducción relativa de la producción de la cosecha por ppm*h emisiones de ozono (= gradiente m, en %)
Trigo	-1.1
Cebada	0.0, no hay influencia negativa en el crecimiento de las plantas debido al ozono
Avena	0.0, no hay influencia negativa en el crecimiento de las plantas debido al ozono
Centeno	0.0, no hay influencia negativa en el crecimiento de las plantas debido al ozono
Maiz	-0.36
Remolacha	-0.58
Patatas	-0.56
Aceite de colza	-0.55
Girasolesr	-1.2
Uva	-0.30
Zanahorias	-0.92
Tomates	-1.4
Otros vegetales frescos	-0.95
Fruta	0.0, no hay influencia negativa en el crecimiento de las plantas debido al ozono

**Tabla 13** Los valores para el gradiente m se refieren a la función exposición – respuesta.:  
Crecimiento de cosecha relativo (en %) =  $100 - m \cdot \text{AOT}_{40c}$  (en ppm\*h). Fuente: Holanda 2002.

*Producción agrícola, precios del productor.*

PRDUCCIÓN ANNUAL Y PRECIOS DEL PRODUCTOR PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE COSECHAS 2004		
Tipos de cosechas	Producción de cosecha* (en toneladas)	Precios del productores** (en euros/100kg)
Trigo	141'171	13.55
Maiz	1'589	14.39
Remolacha	187'663	5.39
Patatas	97'221	19.50
Aceite de colza	18	21.80
Girasoles	2'302	23.59
Uvas	75'650	42.52
Zanahorias	n.d.a	24.48
Tomates	7'805	62.52
Otros vegetales frescos	26'514	62.77 (de media, rango de 15-150)

**Tabla 14** \*: Datos del País Vasco de 2002 a 2003 (valores medios). Fuente de datos: Información estadística del departamento de agricultura del País Vasco (estadísticas de agricultura). \*\*: Datos para España de 2002 a 2004 (valores medios). Fuente de datos: EUROSTAT, estadísticas de agricultura.

#### *Emisiones NO<sub>x</sub> por tipo de transporte*

Total de emisiones NO<sub>x</sub> antropogénico, emisiones totales de NO<sub>x</sub> del transporte y por tipo de transporte: ver anejo con datos de emisiones.

Fuente de datos: cálculos propios basados en el volumen del transporte, composiciones del parque y factores de emisión (ver capítulo 2.2)

### 3.4.3. RESULTADOS PARA 2004

#### Costes para la salud

Se ha calculado la exposición media de la población a PM10 en las carreteras y los ferrocarriles según las medidas de contaminación y los datos de emisión:

- › Transporte por carretera: 7,01 µg/m<sup>3</sup>
- › Transporte por ferrocarril: 0,53 µg/m<sup>3</sup>
- › Transporte total: 7,54 µg/m<sup>3</sup>

Basándonos en la exposición media, las relaciones de respuesta a la exposición y la morbilidad/mortalidad base, se puede calcular el número de casos de enfermedad y muerte atribuibles a la contaminación atmosférica. La siguiente tabla ofrece una visión general del

número total de casos de enfermedad y muerte debidos a la contaminación del aire causada por el transporte en el País Vasco.

CASOS ATRIBUIBLES: NÚMERO DE CASOS POR AÑO DEBIDO A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE		
Efecto en la salud	Carretera (número de casos/año)	Ferrocarril (número de casos/año)
Años de vida perdidos	7.371	556
Ingresos hospitalarios por enfermedad respiratoria (días/año)	1.027	77
Ingresos hospitalarios por enfermedades cardiovasculares(días/año)	1.716	129
Bronquitis aguda en adultos	176	13
Bronquitis aguda en niños	7.025	529
Ataques de asma entre adultos	7.128	537
Días de actividad restringida (días/año)	307.324	23.132

Tabla 15 Datos para 2004.

En conjunto, los efectos que tiene en la salud la contaminación del aire por el transporte en el País Vasco asciende a un total de 514 millones de euros, de los cuales un 93% se atribuyen al transporte por carretera y el 7% restante al transporte por ferrocarril. Como muestra la Tabla 16, el factor principal del coste es la disposición a pagar para evitar las muertes y las enfermedades debidas a la contaminación del aire.

COSTES PARA LA SALUD POR CONTAMINACIÓN DEL AIRE DEBIDA AL TRANSPORTE EN EL PAÍS VASCO EN 2004 EN MILLONES DE EUROS POR AÑO				
	Disposición a pagar	Costes de los tratamientos médicos	Pérdida de horas de trabajo	Total
Carretera	453,9	2,7	21,4	478,0
Ferrocarril	34,2	0,2	1,6	36,0
<b>Total</b>	<b>488,1</b>	<b>2,9</b>	<b>23,0</b>	<b>514,0</b>

Tabla 16 All data in Mio. EUR per year.

### Pérdidas de cosechas

En total, las inmisiones de ozono que hacen que se pierdan las cosechas supuso en el País Vasco 6,2 millones de euros en 2004. Sin embargo, sólo una parte de estos costes puede ser atribuida al transporte.

La Figura 23 muestra que las pérdidas de las cosechas de trigo son las que más relevancia tienen. Las pérdidas de cosechas de patatas, remolacha, uva y hortalizas (tomates y otros) son importantes también.

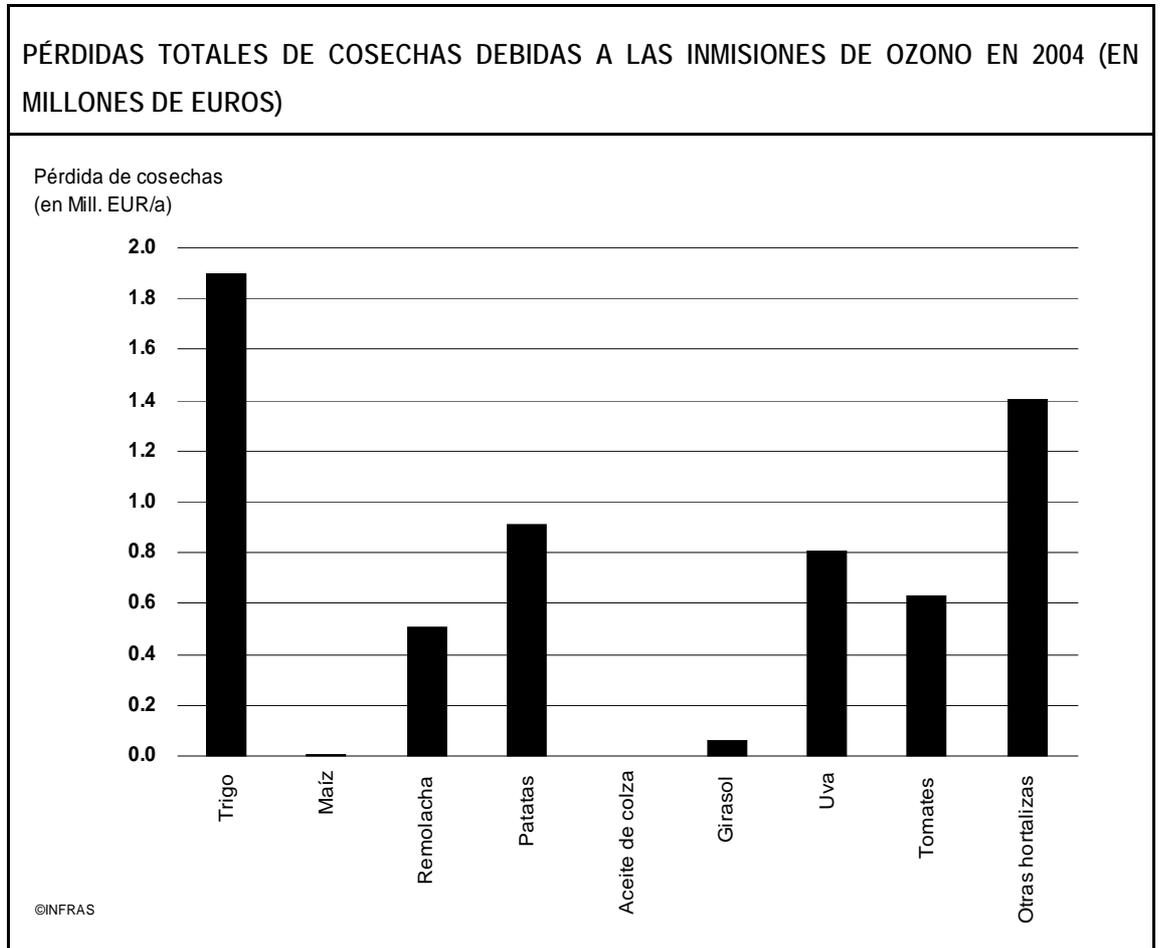


Figura 23 Nota: La figura muestra las pérdidas de cosechas totales debidos a la contaminación del aire. Solo una parte puede ser atribuida a las emisiones que se producen en el transporte.

**En 2004 las pérdidas de cosechas debidas a la contaminación del aire por el transporte ascendieron a 3,45 millones de euros.** Más del 99.5% de estos costes son debidos al transporte por carretera.

#### Costes totales por contaminación del aire

La siguiente tabla muestra los costes totales por contaminación del aire en el País Vasco debida al transporte. Los costes externos por este concepto ascienden a la cantidad de 518 millones de euros al año. Los debidos al transporte por carretera son 482 millones, mientras que los de transporte por ferrocarril ascienden a 36 millones de euros.

COSTES DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE DEBIDOS AL TRANSPORTE EN 2004 EN MILLONES DE EUROS AL AÑO			
	Carretera	Ferrocarril	Total
Costes para la salud	478.0	36.0	514.1
Pérdida de cosechas	3.4	0.01	3.5
Costes totales	481.5	36.0	517.6

Tabla 17

La Figura 24 muestra las contribuciones de cada modo de transporte a los costes de ruido. Cerca del 37% de los costes por contaminación del aire en el País Vasco son causados por los turismos y el 36% por los camiones. El transporte por ferrocarril implica un 7% de los costes totales de la contaminación del aire.

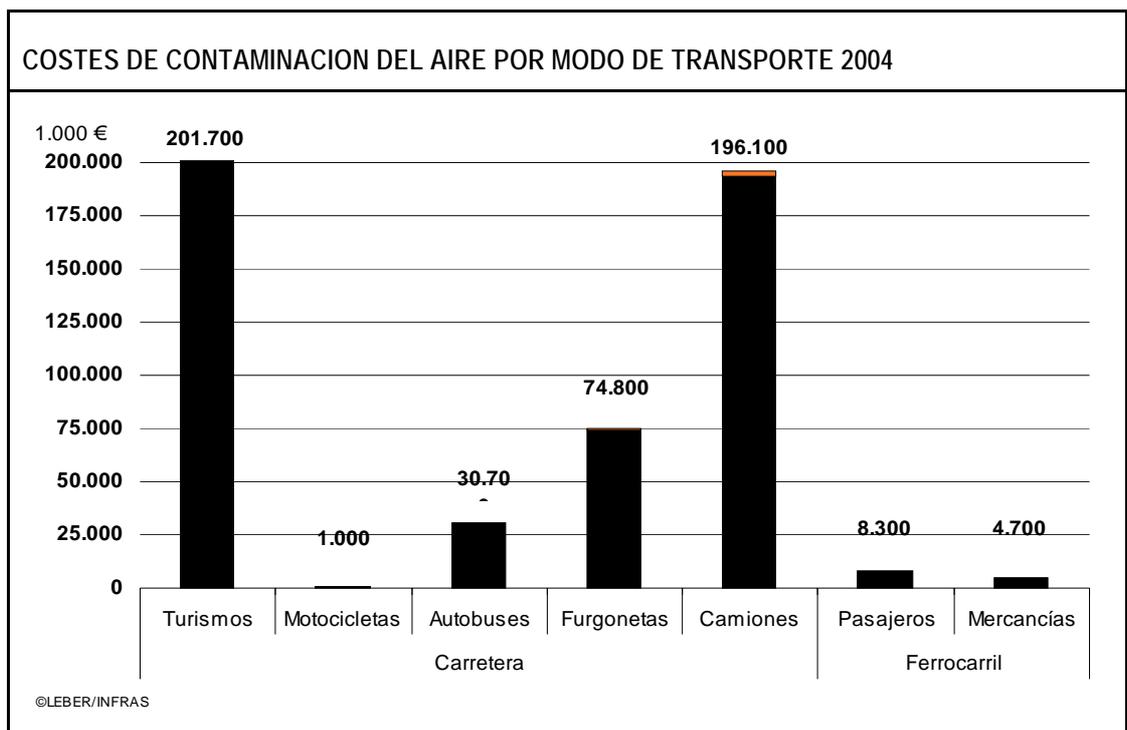
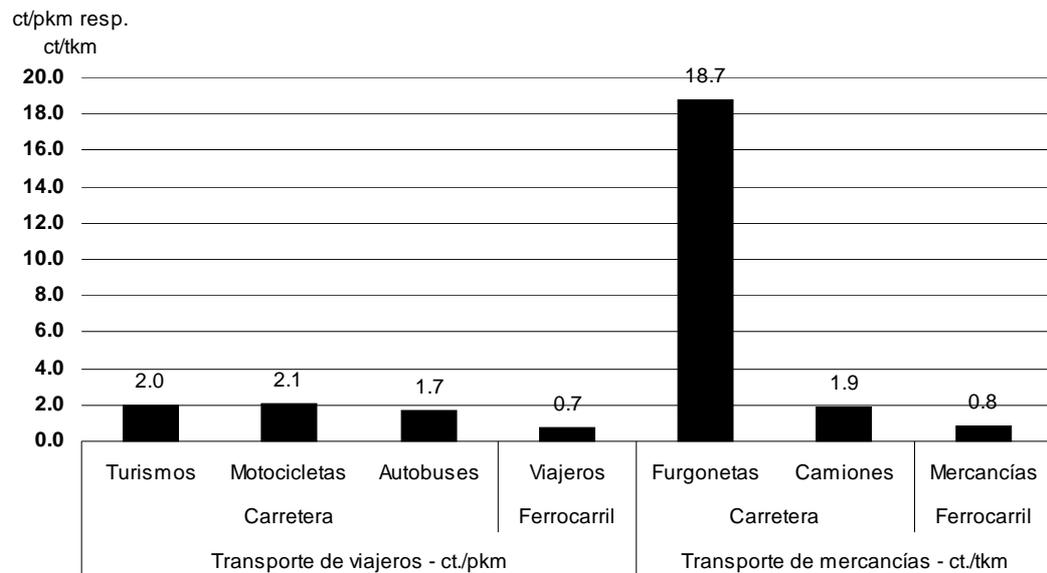


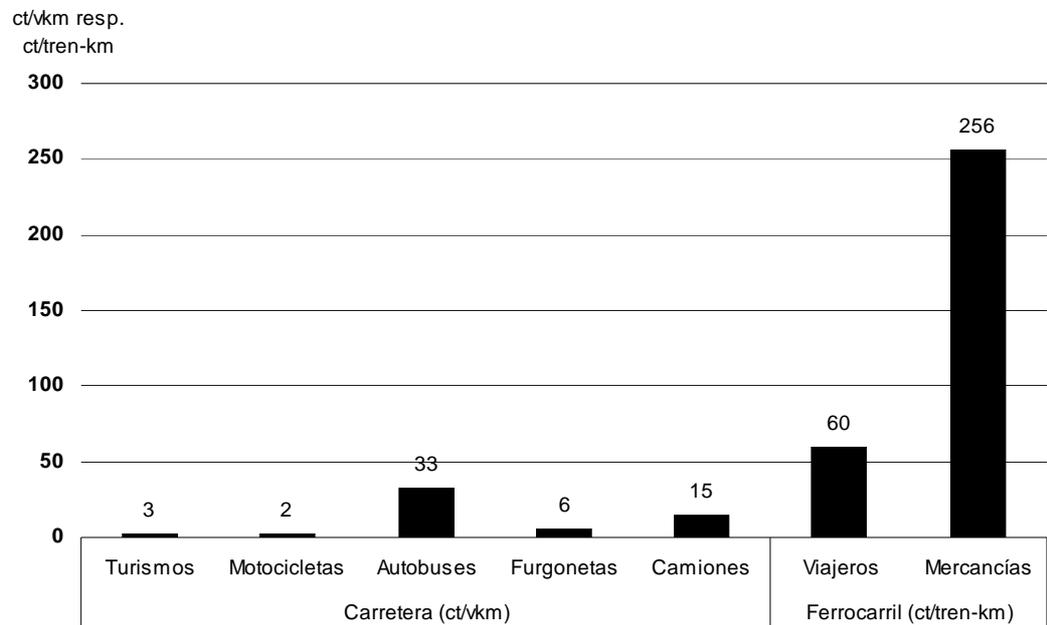
Figura 24

Comparando los costes medios por contaminación del aire (por persona-km y tonelada-km) de los diferentes modos de transporte, se puede ver que los costes medios del ferrocarril son ligeramente más bajos que los costes por carretera (ver en la siguiente figura).

**COSTES MEDIOS POR CONTAMINACIÓN DEL AIRE (COSTES POR PERSONA -KM/TONELADA-KM Y VEHICULO-KM) 2004**



©LEBER/INFRAS



©LEBER/INFRAS

Figura 25

## 3.5. COSTES PARA LA NATURALEZA Y EL PAISAJE

### 3.5.1. PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN DE COSTES

Los costes por este concepto vienen dados por dos vertientes:

- › Costes de permeabilización de infraestructuras y restauración: se refieren a los impactos que las infraestructuras tienen directamente sobre el terreno (ocupación de suelo, efecto barrera) y el entorno afectando a los ecosistemas próximos.
- › Costes por contaminación de suelo: provocados por las emisiones de los vehículos que circulan por las infraestructuras.

#### **Costes de permeabilización de infraestructuras y restauración**

Los impactos negativos en la naturaleza y el paisaje tienen diversas causas, dos son las más relevantes para este informe:

- › La ocupación de la zona por donde discurre la vía, causada por la infraestructura de transporte y en relación con el área donde la infraestructura está ubicada e incluso un área colindante afectada.
- › Los otros impactos, por ejemplo: trastorno de la vida animal y sus biotopos por ruido, efectos barrera o trastorno visual.

Para cuantificar los costes para la naturaleza y paisaje causados por el transporte, se ha utilizado una aproximación de costes por reparación, que tiene en consideración costes por permeabilización de infraestructuras, restauración de biotopos y otros costes.

#### *Infraestructuras de carreteras y autopistas*

Son relevantes las áreas que han sido impermeabilizadas o confinadas desde 1950, para calcular estas áreas se han utilizado distintos procedimientos para carreteras y ferrocarriles.

Para las infraestructuras de carreteras y autopistas, la superficie ocupada desde 1950 es importante. Se ha descontado la parte de estas infraestructuras que transcurre por áreas urbanas. El área afectada se ha calculado multiplicando la longitud de las carreteras (sin incluir la cuota de áreas urbanas) por 5 metros para carreteras y por 10 metros para autopistas.

El total del área ocupada se multiplicó por un ratio que es 1 para autopistas y nuevas carreteras, las carreteras que se pavimentaron desde 1950 tienen un ratio de 0,5 ya que estas fueron impermeabilizadas en un 50% sin estar pavimentadas.

El coste anual para la naturaleza y el paisaje debido a las infraestructuras de carreteras se genera multiplicando el área considerada por los costes de permeabilización, restauración y otros.

#### *Infraestructura ferroviaria*

Para calcular los costes adicionales para la naturaleza y el paisaje asumimos que en el informe UIC sólo un 10% del total de la infraestructura ferroviaria tiene un impacto negativo en la naturaleza durante el periodo 1950-2004. Esto se debe a que, de hecho, ninguna línea ha sido modificada, incluso han sido reducidas durante este periodo debido al cierre de líneas de ferrocarril durante los últimos 50 años.

La longitud de la infraestructura ferroviaria (excluyendo las áreas urbanas) se multiplicó por su anchura y se sumó la zona adyacente afectada (ancho 5 metros)

El total del área ocupada y afectada se multiplicó por un ratio de impermeabilización el cual es de 0,5 para la infraestructura ferroviaria ya que las líneas de ferrocarril no causan una pérdida total de la función del suelo (el agua puede circular).

El coste anual para la naturaleza y paisaje debido a la infraestructura ferroviaria se puede calcular multiplicando el área a considerar por los costes para permeabilizar, restaurar y otros.

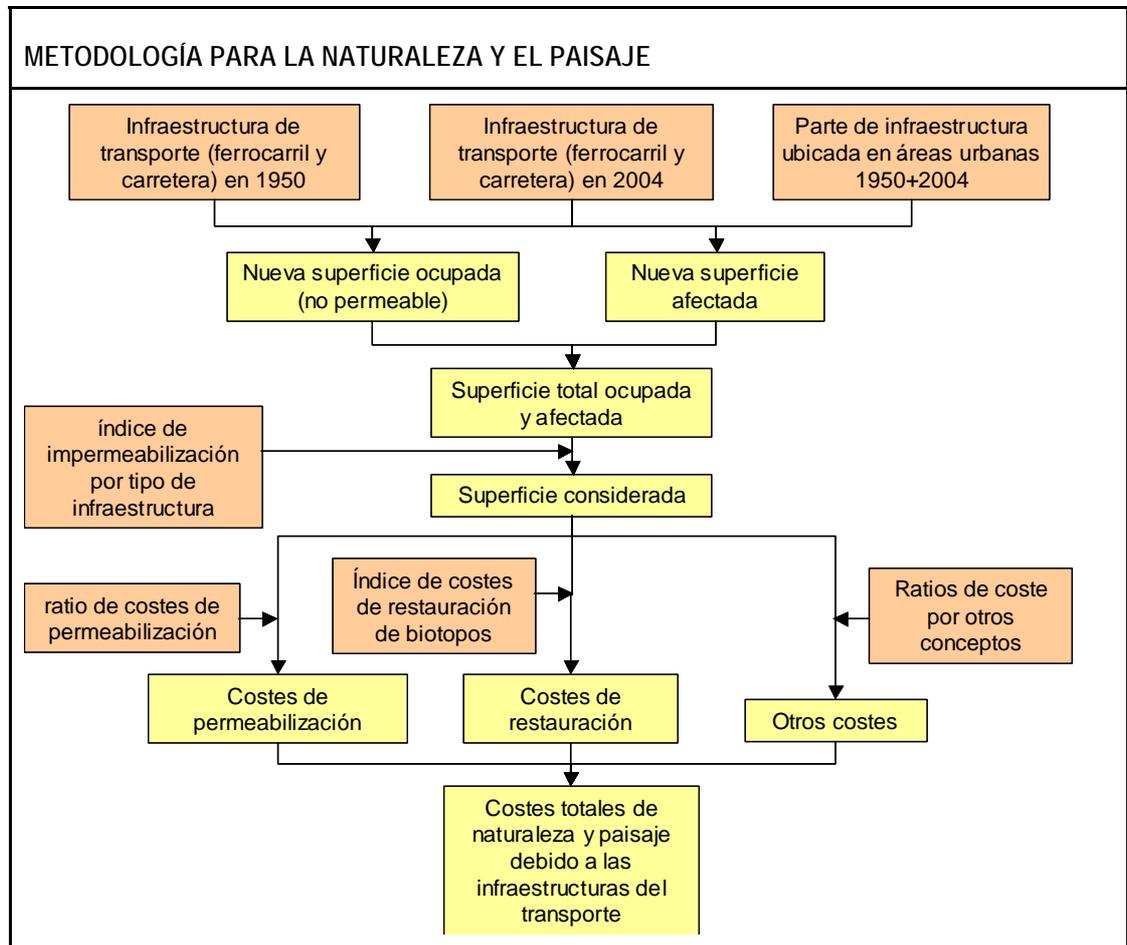


Figura 26 Campos rojos: datos de entrada. Campos amarillos: datos de salida

### Contaminación del suelo

El efecto negativo más relevante del tráfico en los suelos se produce por la emisión de metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Estos contaminantes producen un daño en las plantas y disminuye la fertilidad del suelo a lo largo de las rutas y puede incluso suponer un riesgo para los animales y los humanos.

Para cuantificar los costes de la polución del suelo por el transporte se ha aplicado un coste de reparación <sup>8</sup>. Primero se calcula la emisión anual de metales pesados (zinc, plomo, cobre, cadmio) y HAP sabiendo el volumen de tráfico y los factores de emisión. Se puede calcular el volumen anual de suelo que está contaminado sobre la base de concentraciones críticas de

<sup>8</sup> La metodología aplicada es la misma que en un estudio de la Oficina Federal de Ordenación del Territorio de Suiza, donde se calcularon los costes externos de contaminación de suelos provocados por la carretera y el ferrocarril en Suiza (INFRAS 2006).

materiales pesados y HAP en el mismo. Los costes anuales debidos al tráfico en relación a la contaminación del suelo se calculan multiplicando el volumen contaminado por un coste medio para la recuperación de suelos contaminados.

Ver el siguiente gráfico para observar la metodología aplicada.

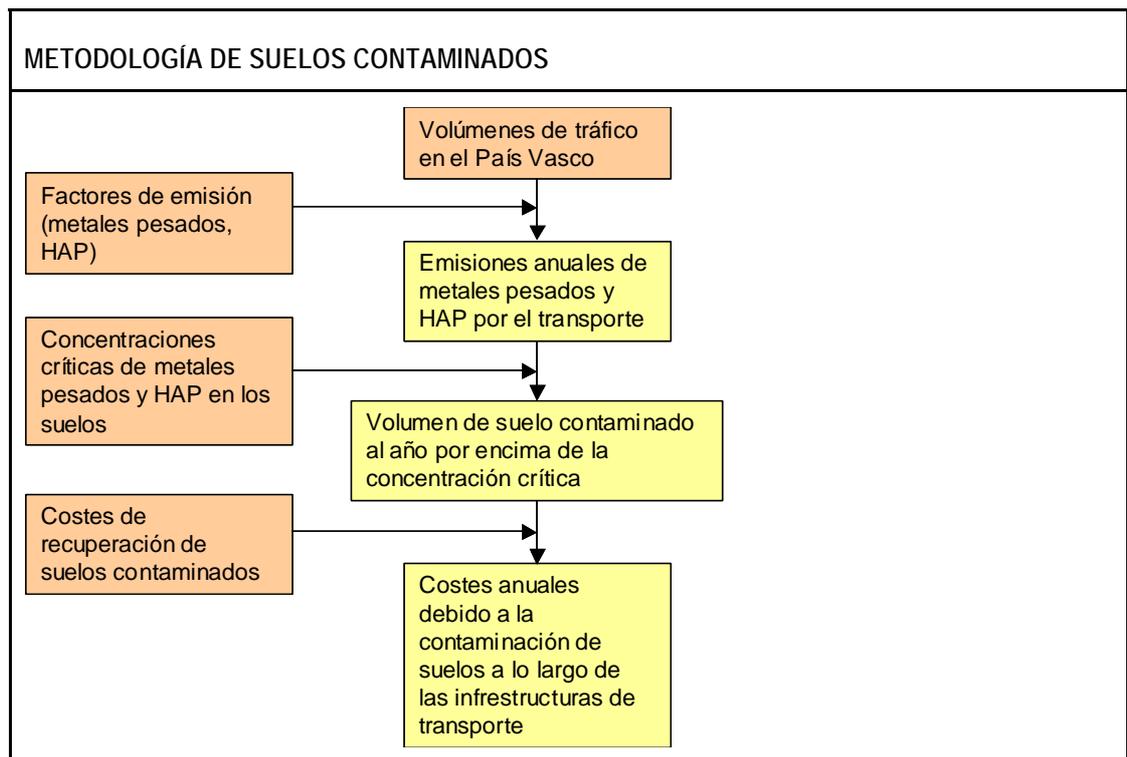


Figura 27 Campos rojos: datos de entrada. Campos amarillos: datos de salida PAH: Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.

### 3.5.2. DATOS EMPLEADOS

#### Precios de permeabilización y restauración

##### *Inventario de infraestructura del transporte (1950/2004)*

- › Longitud y anchura de las líneas ferroviarias, carreteras y autopistas
- › Longitud de carreteras pavimentadas 1950/2004

INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE URBANA 2004			
	Longitud [km]	Anchura [m]	Área [km <sup>2</sup> ]
<b>Carreteras</b>			
Pavimentadas	168,0	9	1,51
Autopistas	12,0	30	0,36
<b>Tren</b>			
Vía única			
métrica	10,0	5	0,05
RENFE	3,2	9	0,03
Doble vía			
métrica	2,6	9	0,02
RENFE	11,2	17	0,18

Tabla 18 Fuente de datos: SIG de Euskadi.

RATIOS DE DIFERENTES TIPOS DE INFRAESTRUCTURA	
Tipo de infraestructura	Ratio
<b>Carreteras</b>	
Pavimentadas	1.0
Sin pavimentar	0.5*
Autopistas	1.0
Ferrocarril	0.5

Tabla 19 \*Las carreteras que han sido pavimentadas desde 1950 tienen un ratio de 0.5 en 1950 y de 1.0 en 2004

RATIOS DE COSTES USADOS PARA LA NATURALEZA Y EL PAISAJE EN EURO POR METRO CUADRADO	
Costes de permeabilización	33.2
Costes de restauración	13.3
Otros costes	13.3
Costes totales	59.7

Tabla 20 Fuente: INFRAS/IWW 2000 (Los ratios de costes de 1995 han sido extrapolados a los valores actuales para el País Vasco).

## Contaminación del suelo

*Emisiones anuales provocadas por el transporte de metales pesados y HAP*

EMISIONES ANUALES DE METALES PESADOS Y HAP EN EL SUELO DEBIDO AL TRANSPORTE POR CARRETERA Y FERROCARRIL	
	Emisiones totales (en kg por año)
<b>Transporte por carretera</b>	
Cadmio	16
Zinc	73'448
Plomo	723
Cobre	3'933
HAP	352
<b>Transporte ferrocarril</b>	
Cadmio	1.8
Zinc	39.0
Plomo	17.2
Cobre	11.7
HAP	1.0

**Tabla 21** Fuente de datos: Cálculos propios basados en los volúmenes de transporte en el País Vasco y los factores de emisión (Ecoinvent 2004 y INFRAS 2004a). HAP: Hidrocarburos aromáticos policíclicos.

### *Concentraciones críticas*

CONCENTRACIONES CRÍTICAS DE METALES PESADOS Y HAP EN EL SUELO	
Contaminante	Valor crítico (en mg/kg materia seca de suelo)
Cadmio	2
Zinc	300
Plomo	200
Cobre	150
HAP (Suma de los 16 componentes principales)	20

**Tabla 22** Fuente: Cargas críticas de acuerdo con la ley suiza de protección de suelo. Los valores se basan en estudios científicos de fertilidad de suelo y representan valores críticos para el cultivo de alimentos y de las plantas forrajeras. Los valores críticos corresponden a los datos usados en los estudios suizos de costes externos para la Oficina Federal de Ordenación del Territorio (INFRAS 2006).

### *Costes de recuperación*

Los costes para la recuperación del suelo contaminado constan de tres elementos: costes de excavación y movimiento de tierras contaminadas, costes de retirada por gestor autorizado y costes por la sustitución de estas por tierras no contaminadas. El total de los costes de recuperación ascienden a unos 58 EUR/m<sup>3</sup> de tierra (retirada por gestor 38 EUR, tierra nueva 11,5 EUR y excavación y movimiento de las mismas 8,5 EUR por m<sup>3</sup>).

Fuente de datos: estudios de costes externos en Suiza realizado por la Oficina Federal de Ordenación del Territorio (INFRAS 2006); datos adaptados para el País Vasco.

### 3.5.3. RESULTADOS PARA 2004

#### Costes de permeabilización y restauración

Las dos tablas siguientes muestran los datos de infraestructuras de transporte considerados, los cuales se han usado para calcular las superficies ocupada y afectada. La cantidad de esta superficie ocupada y afectada supone 39,2 km<sup>2</sup> para infraestructuras de carreteras y 0,2 km<sup>2</sup> para infraestructura ferroviaria

La longitud total de la infraestructura de carreteras (no alta capacidad) no ha cambiado apreciablemente desde 1950, pero el hecho de que carreteras sin pavimentar hayan pasado a estar pavimentadas y el ensanchamiento asociado, hicieron que se tuviera que considerar en el cálculo.

INFRAESTRUCTURA DE CARRETERAS 1950 Y 2002						
Categoría de carretera	1950			2004		
	Longitud[km]	Anchura [m]	Área [km <sup>2</sup> ]	Longitud [km]	Anchura [m]	Área [m <sup>2</sup> ]
<b>Carreteras</b>						
pavimentadas	2.315	5	11,6	2.315	9	20,8
Sin pavimentar	1.444	5	7,2	0	0	0,0
Pavimentadas desde 1950				1.444	5	7,2
Ensachamiento por pavimentación				1.444	4	5,8
<b>Autopistas</b>	0	0	0,0	494	30	14,8

Tabla 23 Fuente: Información OTEUS, mapa histórico de carreteras de Bizkaia, libro "Historia del Transporte en España" Para calcular el área ocupada se aplican diferentes ratios de ocupación.

INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA 2004			
	Longitud [km]	Anchura [m]	Área [km <sup>2</sup> ]
<b>Vía única</b>			
métrica	198	5	1,0
RENFE	64	9	0,6
<b>Doble vía</b>			0,0
métrica	51	9	0,5
RENFE	222	16,5	3,7

Tabla 24 Fuente: Información proporcionada por LEBER. Para el cálculo del área sellada se aplica un factor de ocupación de 0,5 y un factor de reducción de 0,1.

La tabla siguiente proporciona una visión general de los ratios de los costes estudiados y los modos. Más de la mitad del total de los costes por categoría derivan de los costes de permeabilización de las áreas ocupadas. Los costes de ferrocarril son más moderados, porque el área ocupada es menor. Hay que considerar que el ratio para la restauración de los biotopos es un valor medio para toda Europa. Debido a que la región del País Vasco tiene biotopos con

difícil restauración (por ejemplo, las costas), los ratios de restauración de biotopos serán mayores.

COSTES POR MODO Y CATEGORÍA DE COSTE IN 1000 EURO P.A.			
	Carretera	Ferrocarril	Costes totales por categoría
Coste por permeabilización	24.987	132	25.119
Coste por restauración	9.995	53	10.048
Otros costes	9.995	53	10.048
<b>Costes totales por modo</b>	<b>44.977</b>	<b>238</b>	<b>45.215</b>

Tabla 25

#### Contaminación del suelo

Las emisiones del transporte implican un volumen de suelo contaminado de 337.000 m<sup>3</sup> por año. Estas emisiones suponen un coste anual de 19.6 millones de euros para el transporte por carretera y 0.1 millones de euros para el transporte por ferrocarril (ver Tabla 26).

VOLUMEN ANUAL DE SUELO CONTAMINADO Y COSTES ANUALES POR SUELO CONTAMINADO EN 2004		
	Volumen anual de suelo contaminado (en 1.000 m <sup>3</sup> )	Costes anuales por suelo contaminado (en Millones de EUR)
Carretera	335,9	19,6
Ferrocarril	1,5	0,09
<b>Total</b>	<b>337,4</b>	<b>19,7</b>

Tabla 26

#### Costes totales para la naturaleza y el paisaje

La siguiente sección proporciona una visión general de los costes externos para la naturaleza y el paisaje separados por modos de transporte.

La suma de los costes externos para la naturaleza y el paisaje ascienden a 64.9 millones de euros por año. Aproximadamente la mitad de los costes se producen debido a los turismos. Los costes totales para la naturaleza y el paisaje causados por el ferrocarril son inferiores al 1%.

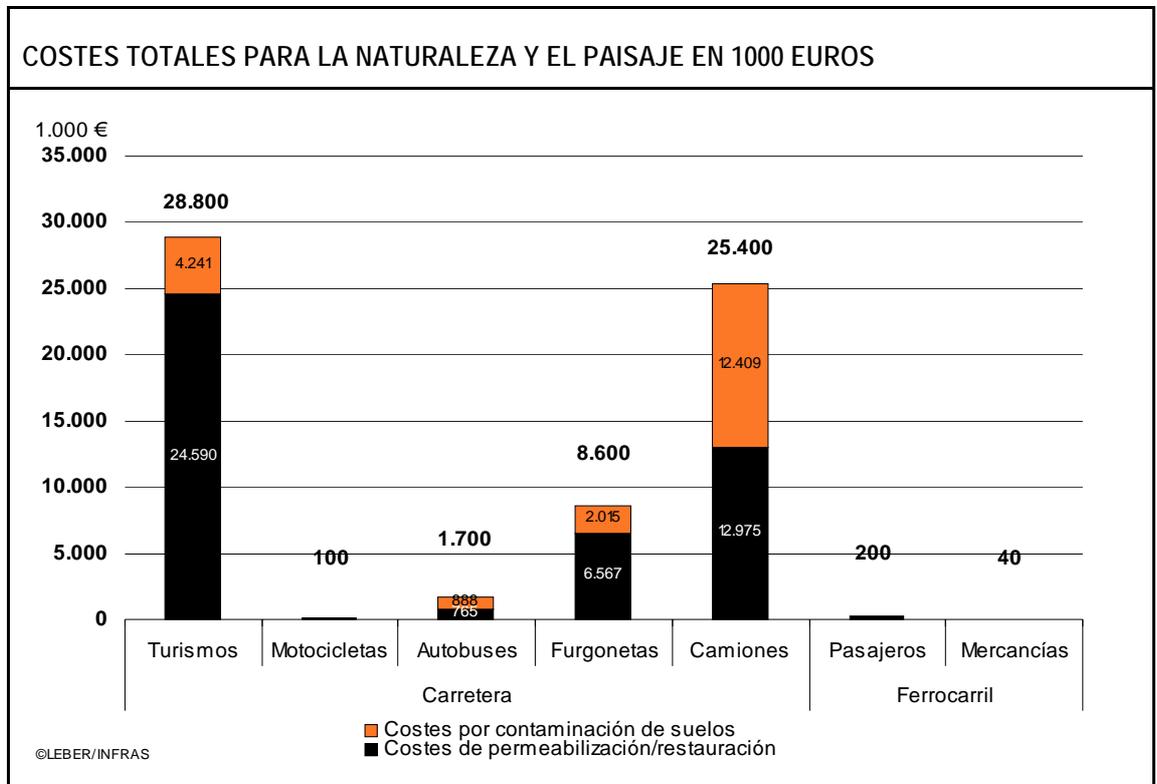


Figura 28

Los costes medios para la naturaleza y el paisaje se clarifican mediante los siguientes diagramas. Los costes medios por vehículo-Km de tren y autobuses son relativamente altos, pero el alto factor de carga de estos modos causa bajos costes medios por personas-Km o toneladas-Km para trenes y autobuses.

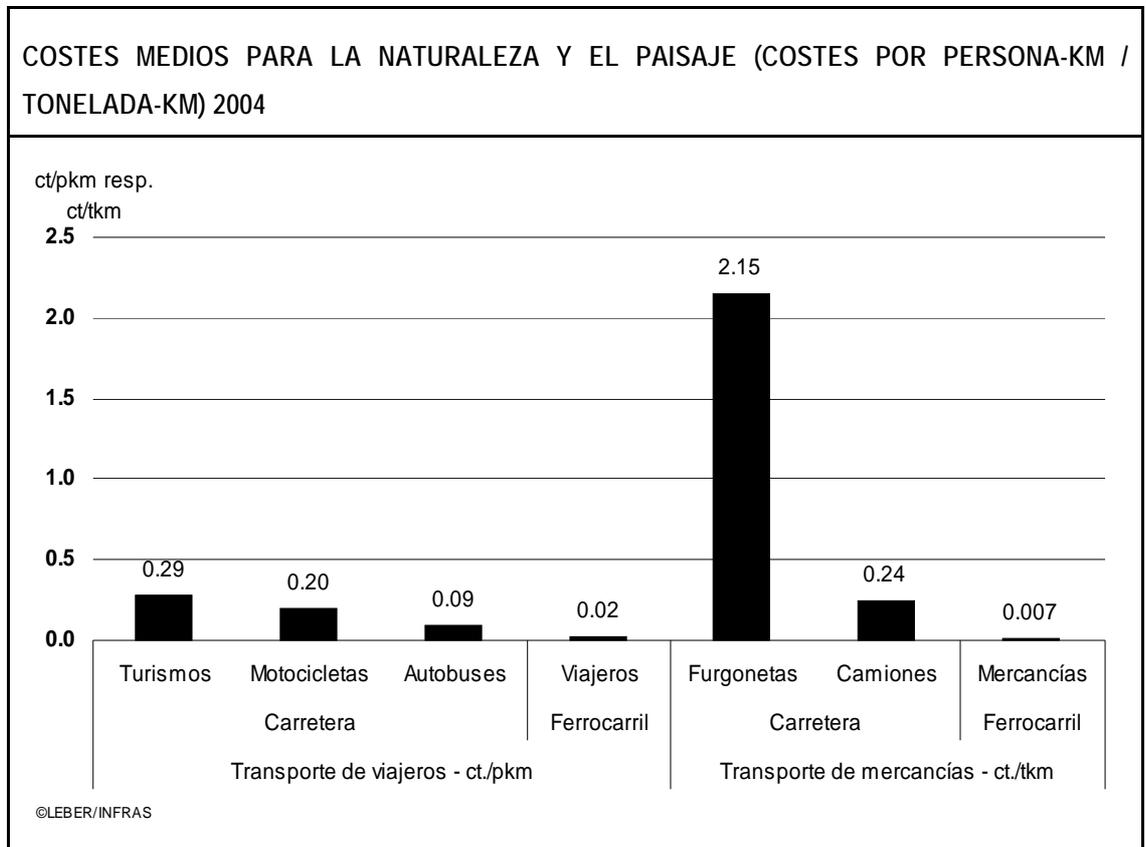


Figura 29

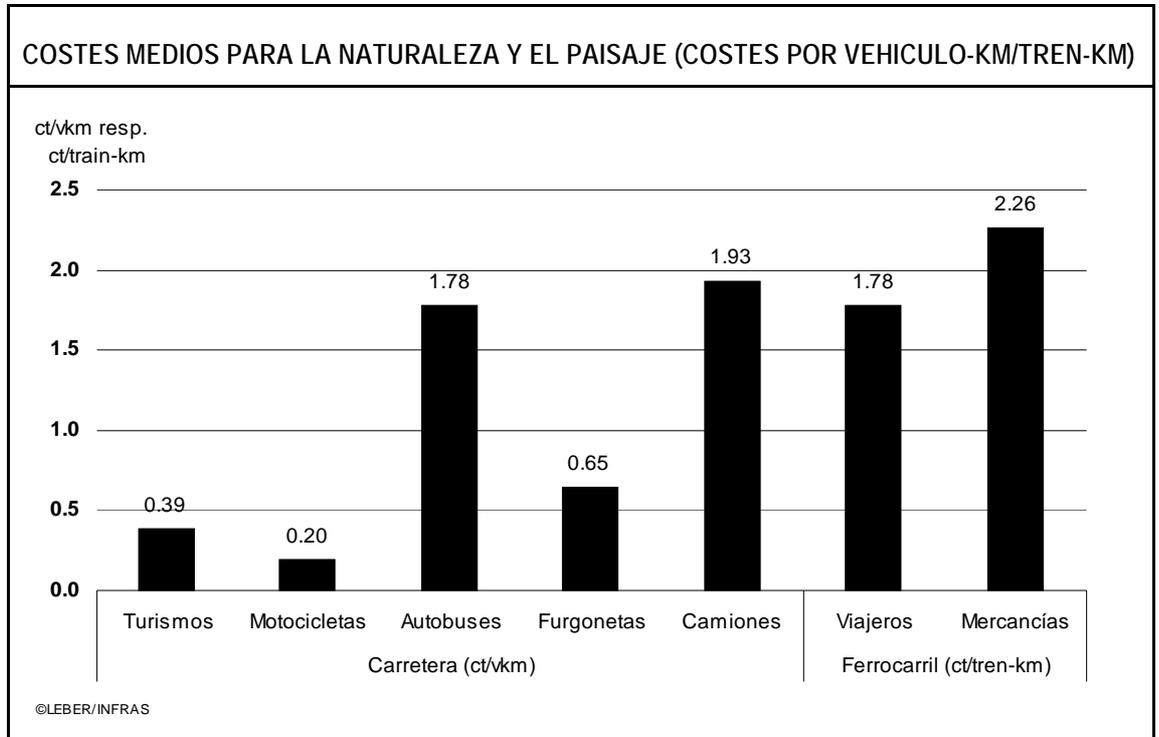


Figura 30

## 3.6. COSTES EN ÁREAS URBANAS

### 3.6.1. PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN DE COSTES

En áreas urbanas el tráfico motorizado tiene un efecto sobre los actores no-motorizados (peatones, ciclistas, etc.). En algunos estudios anteriores (UIC 2004, INFRAS 2006) se cuantificaron los dos siguientes efectos:

- › Pérdidas de tiempo debido a los efectos separados de los peatones
- › Problemas de falta de espacio (expresado como la pérdida de espacio disponible para las bicicletas)

Otro posible efecto (invasión visual debido al volumen de transporte e infraestructuras) es difícil de medir y no existen estimaciones seguras.

Además, los problemas de falta de espacio son bastante difíciles de cuantificar y los resultados en los estudios anteriores sugieren que son de menor importancia. Por lo tanto, nos centraremos básicamente en las pérdidas de tiempo debidas a los efectos de separación para los peatones. Con los datos procedentes de la encuesta de movilidad de 2002, la red viaria procedente del modelo de transportes del País Vasco y la ayuda de un sistema de información geográfica, se han calculado estos costes en las áreas urbanas de los municipios con más de 50.000 habitantes cuantificándose las pérdidas de tiempo. Éstas son calculadas mediante el ajuste ratios de “Valor del Tiempo” para el País Vasco (diferenciadas por motivo de viaje).

Los siguientes gráficos muestran los diferentes pasos llevados a cabo:

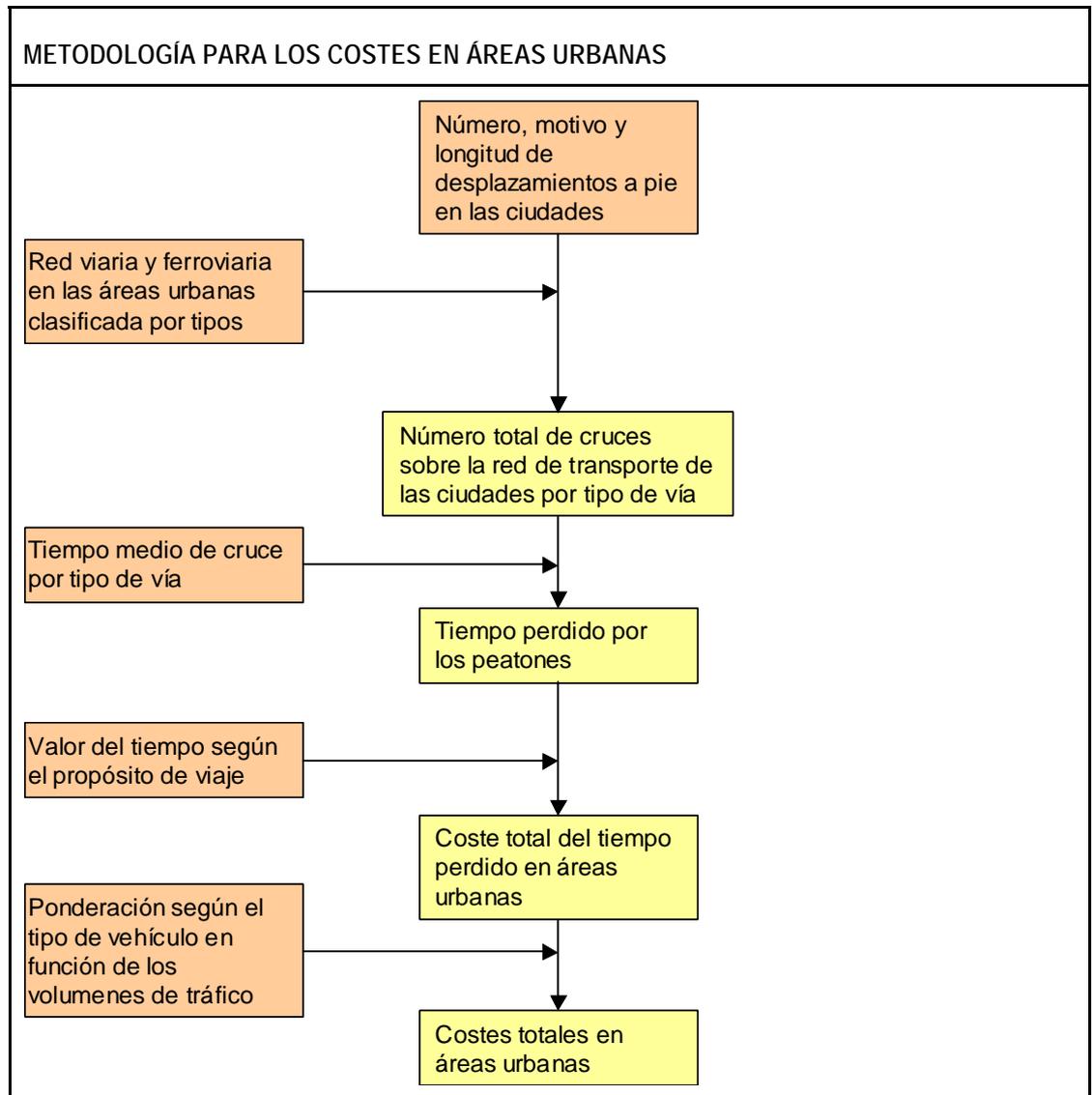


Figura 31 Campos rojos: datos de entrada. Campos amarillos: datos de salida.

### 3.6.2. DATOS EMPLEADOS

#### Datos de entrada

- Áreas urbanas de los municipios. Obtenidas a partir del SIG.
- Longitud de las vías por tipo (autopistas, carreteras principales, distribuidores urbanos) y líneas de ferrocarril. Obtenidas a partir de SIG.
- Cantidad, motivo y longitud de los desplazamientos peatonales en los municipios. Obtenidas a partir del Eustat (Instituto de Estadística del Gobierno Vasco).
- Tiempo por cada tipo de cruce. Obtenido de estudios suizos.

- Valor de tiempo andando. Obtenido de la estimación de datos de OTEUS (organización de transporte del Gobierno Vasco) y estimaciones contrastadas con el estudio Mugikost de IHOBE. Número de cruces por ciudad y tipo de viaje.

1- Se supone un diseño ortogonal de las carreteras y las calles.

2- Se construye un cuadrado en el que un lado tiene la misma longitud que la longitud del viaje andando (cada calle tiene la misma longitud que el lado del cuadrado).

3- El mínimo y máximo número de cruces (como muestra la imagen) se calcula de la siguiente forma:

a. Mínimo = (densidad de carreteras X longitud<sup>2</sup>)/longitud/2 = densidad de carreteras X longitud X 0,5

b. Máximo = densidad de carreteras X longitud / 2<sup>0,5</sup> = densidad de carreteras X longitud X 0.7

c. Media = densidad de carreteras X longitud X 0,6

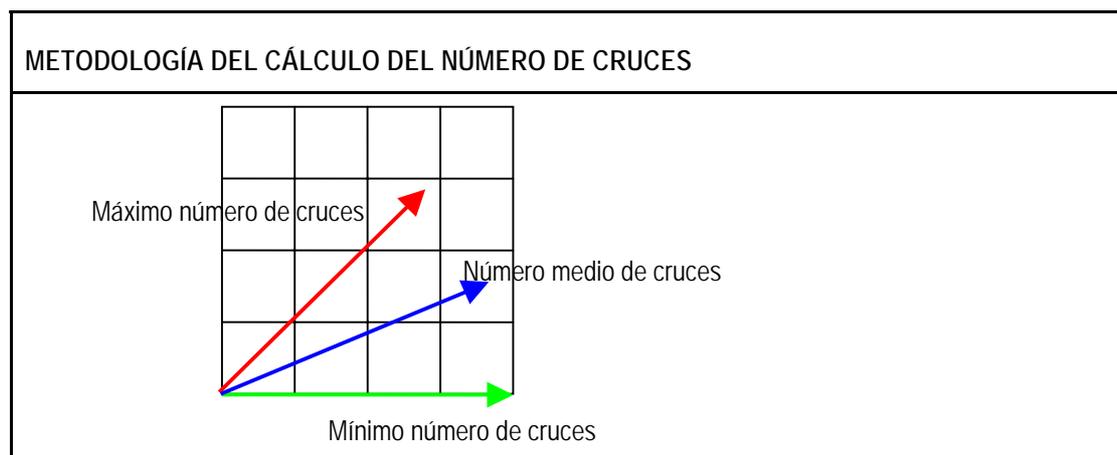


Figura 32

Tiempo de cruce. Se toma el valor utilizado en Suiza: autopistas y ferrocarriles →240 s; carretera principal →45 s; distribuidores urbanos → 10 s.

Dato de valor de tiempo. Se estiman dos valores diferentes: por trabajo y por otras gestiones.

- Viaje por trabajo: se supone similar al valor de estos viajes en coche, alrededor de 13€/h (OTEUS)

- Resto de viajes: el valor del viaje andando se supone menor que el valor del viaje en coche. Se da un valor del 30% del viaje por trabajo → 4 €/h (contrastado con Mugikost'05).

Cálculo final. Para cada ciudad y tipo de viaje.

Valor = (densidad de carreteras X longitud media de viaje X 0.6) X tiempo de cruce X valor del tiempo

### 3.6.3. RESULTADOS PARA EL 2004

#### Procedimientos de cálculo

Los cálculos se centran en las pérdidas de tiempo debido a los efectos de separación para los peatones. El proceso de cuantificación está basado en modelo de aproximación desarrollado por LEBER, el cual tiene en cuenta las pérdidas durante los cruces de carreteras y líneas de ferrocarril. Las pérdidas de tiempo difieren según el tipo de carretera (basado en EWS 1997 y estimaciones propias):

› Carretera:

- › Autopistas: 265 segundos, incluyendo los desvíos necesarios para acceder al siguiente paso superior
- › Carreteras urbanas principales: 45 segundos
- › Carreteras distribuidoras urbanas: 10 segundos

› Ferrocarril:

- › Todos los enlaces de ferrocarril se tratan del mismo modo que la Autopistas: 265 segundos por cruce.

El siguiente esquema proporciona una visión general de las pérdidas de tiempo en horas por día en el País Vasco, diferenciando por motivo de viajes:

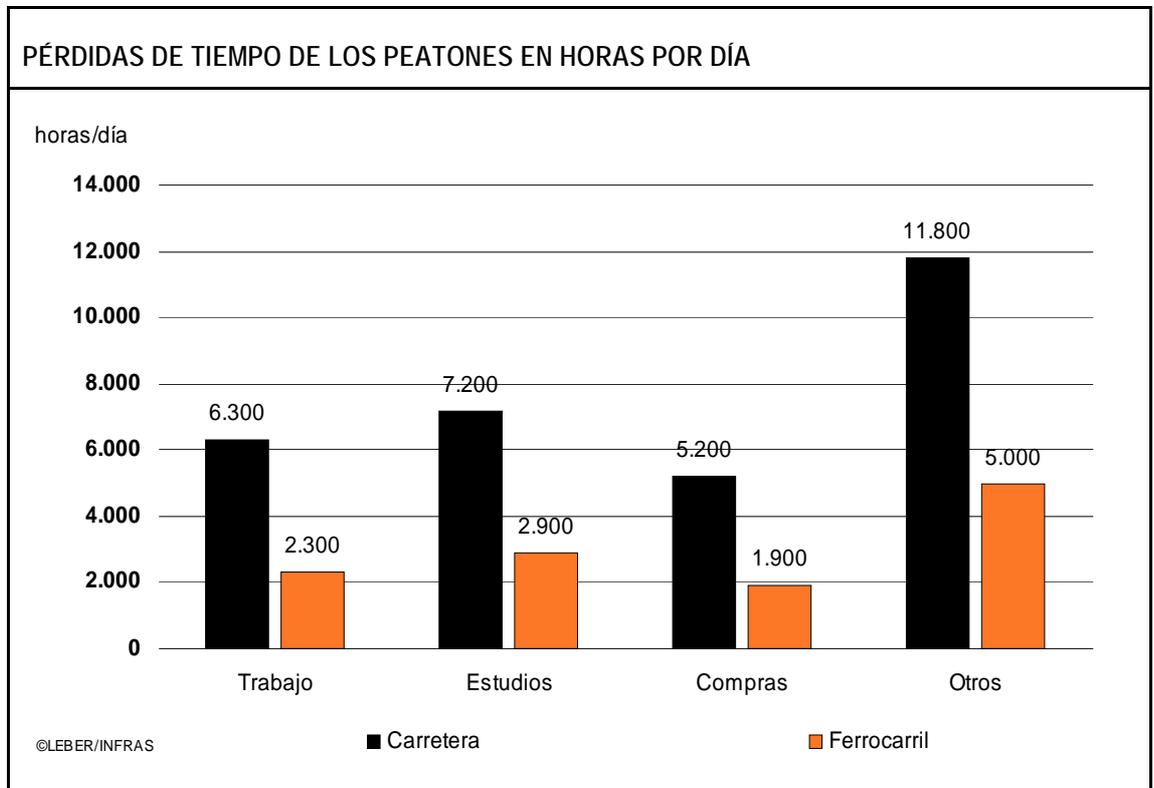


Figura 33 Fuente: cálculos de modelos propios y datos de entrada de INFRAS 2006.

Los costes totales se calculan en base a datos anuales agregados y los valores del tiempo (Viajes por trabajo 13€/hora, resto de motivos 4€/hora). Para la asignación de los costes totales a las diferentes categorías de vehículos, se usan datos ponderados de kilometraje (usando la unidad de turismos equivalentes por categoría de vehículo)<sup>9</sup>. No se dispone de datos para el reparto de los costes del ferrocarril (pasajeros y mercancías). Considerando el hecho de que las líneas ferroviarias urbanas se usan principalmente para el transporte de pasajeros, el reparto se realiza usando el valor total de trenes-km del País Vasco multiplicando por 2 el valor de los trenes de pasajeros. El siguiente gráfico muestra los resultados de la estimación.

9 Unidades de turismos equivalentes por categoría de vehículo: Turismos 1, Motocicletas 0.5, Autobuses 2.5, Furgonetas 1.5, Camiones 3

Resultados

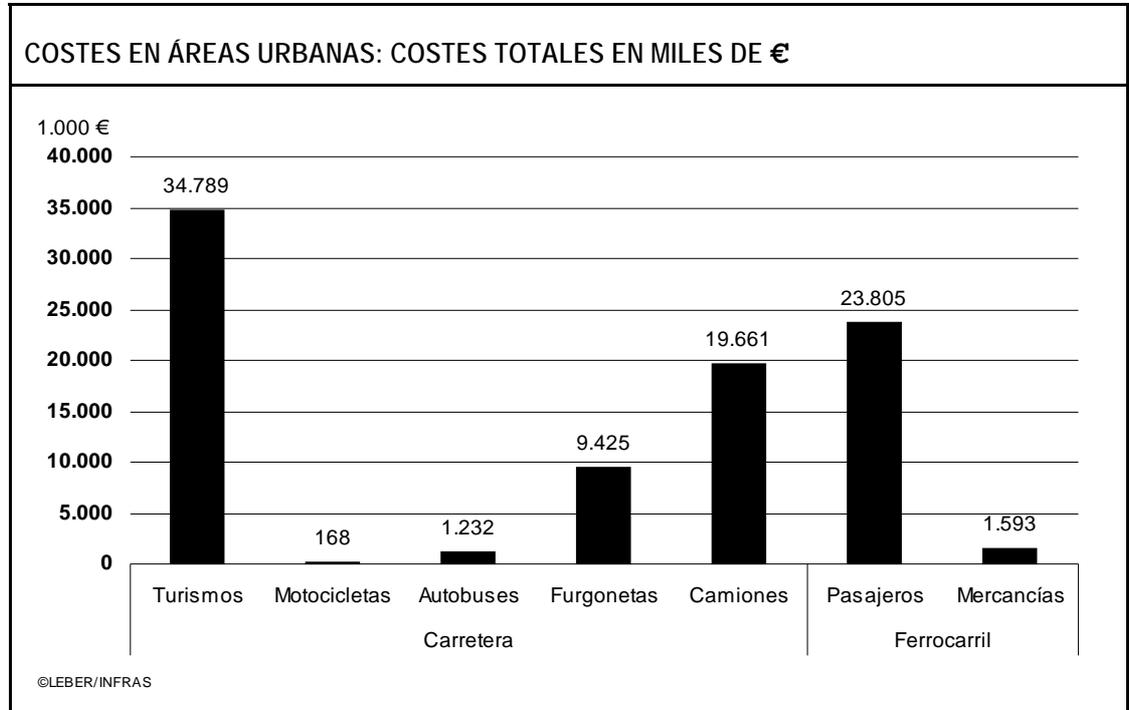


Figura 34

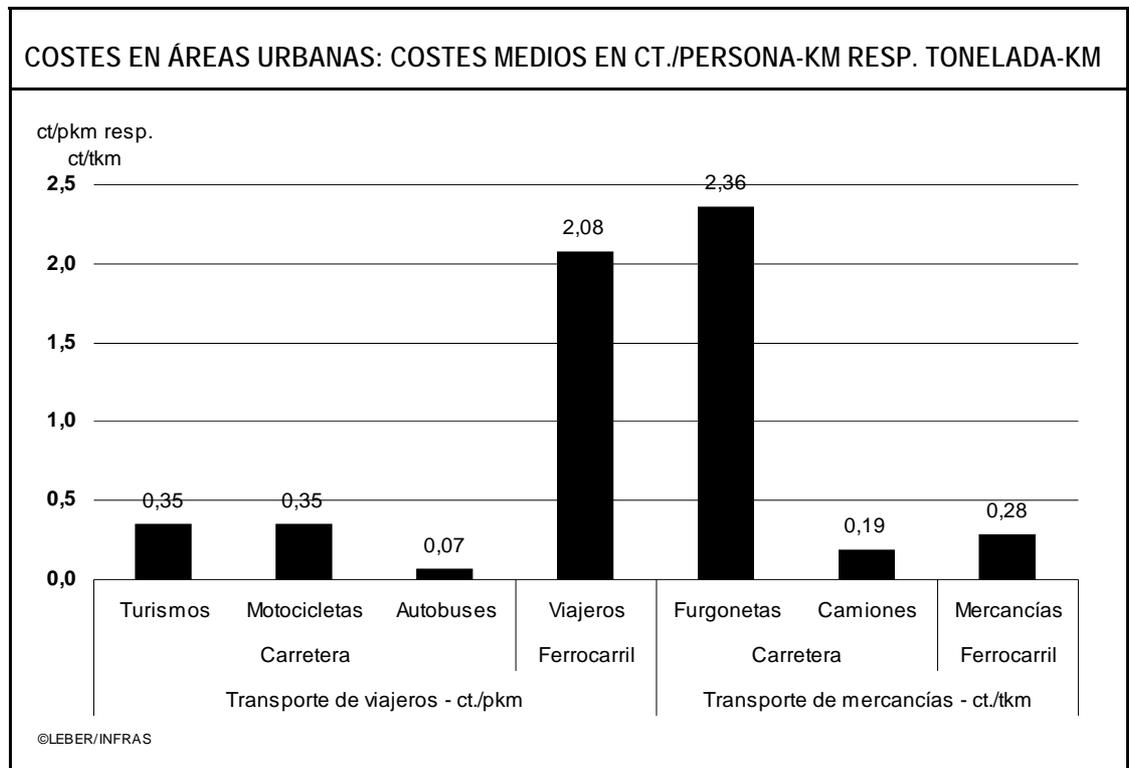


Figura35

El transporte ferroviario de pasajeros tiene costes relativamente altos por pasajero-kilómetro comparado con el transporte por carretera. La razón para que ocurra esto, es que se transportan menos pasajeros en el ferrocarril de lo que una red ferroviaria tan densa permitiría.

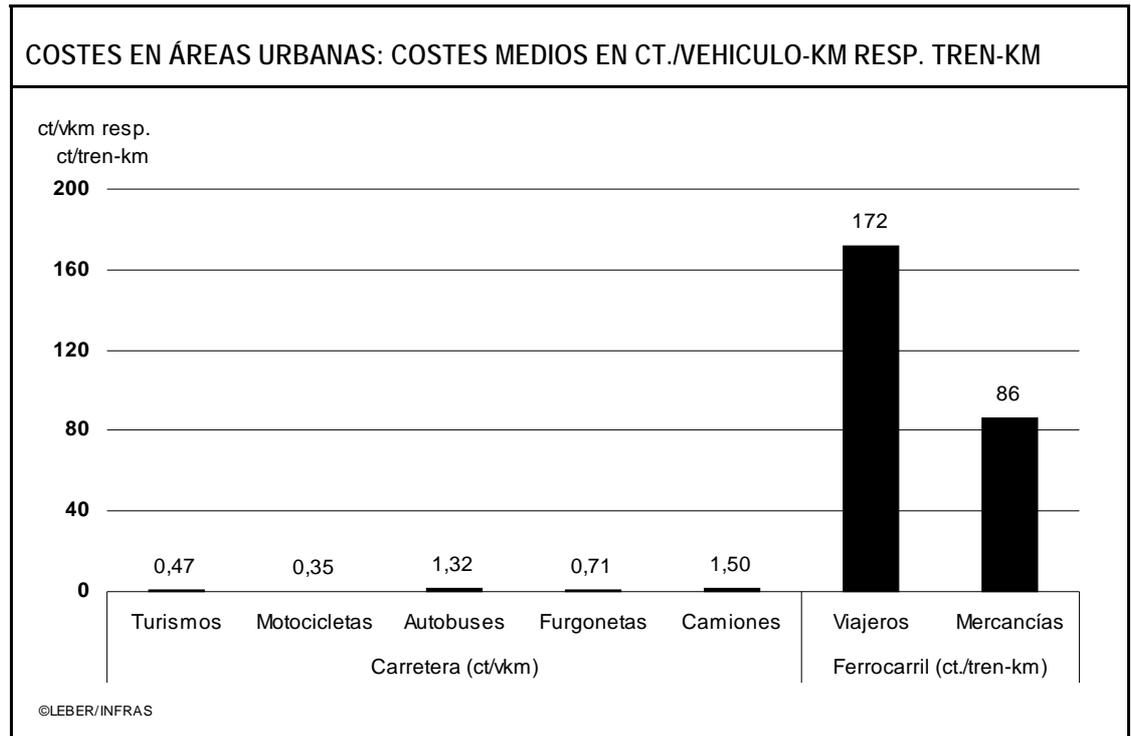


Figura 36

### 3.7. COSTES POR EFECTOS INDIRECTOS

#### 3.7.1. PROCESO DE ESTIMACION DE COSTES

Los efectos indirectos del transporte originan efectos externos adicionales. Los procesos más relevantes considerados son:

- › Producción energética (precombustión)
- › Producción de vehículos, mantenimiento y eliminación
- › Construcción de infraestructuras, mantenimiento y eliminación

Los siguientes gráficos muestran una vista de estos procesos dentro del sistema de transporte:

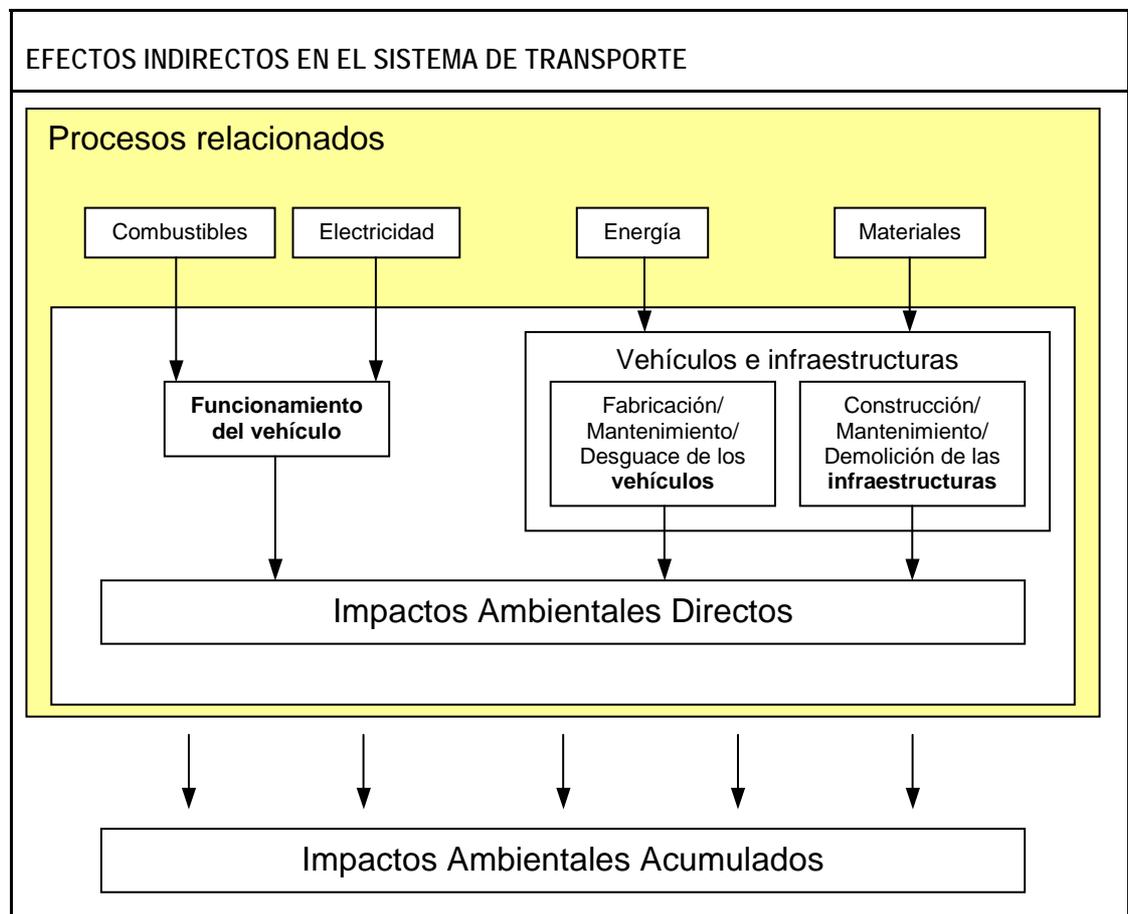


Figura 37 Fuente: Ecoinvent 2004b

El enfoque de los cálculos de los costes externos de este capítulo se centra en la emisión de los gases de efecto invernadero, debido a que causan efectos a nivel global, mientras que los efectos de las emisiones de otros contaminantes aéreos dependen fuertemente de las ubicaciones locales de cada uno (densidad de población, etc.). Debido a que el catálogo de datos de la LCA está

únicamente disponible en un nivel alto de agregación, los efectos directos y locales de los contaminantes aéreos como PM10 no pueden ser calculados adecuadamente. Por lo tanto basamos nuestra metodología para el cálculo de los costes externos adicionales de los efectos indirectos, en la aproximación a los costes del cambio climático.

Podemos distinguir los siguientes tres procesos básicos:

1. **Producción energética** (precombustión): La producción de cualquier tipo de energía produce molestias adicionales debidas a su extracción, transporte y transmisión. Dependen directamente de la cantidad de energía utilizada. Para el transporte ferroviario, la producción de electricidad es importante y depende fuertemente de las distintas fuentes de generación de electricidad de cada país. Para el País Vasco se han utilizado las fuentes de generación de electricidad de España (basándonos en Ecoinvent 2004a).
2. **Fabricación de vehículos, mantenimiento y desguace**: La fabricación, mantenimiento y desguace de los vehículos y convoyes ferroviarios generan gases de efecto invernadero durante mucho tiempo, considerando los ciclos de vida de los diferentes medios de transporte. Estos elementos están generando especialmente emisiones de gases de efecto invernadero en el aire, teniendo un efecto adicional en los costes debidos al cambio climático.
3. **Construcción de infraestructuras, mantenimiento y eliminación**: Los mismos argumentos se mantienen con los elementos de las infraestructuras. A la larga, las emisiones adicionales tienen que ser consideradas aquí también.

Los gráficos siguientes muestran los diferentes pasos en el cálculo de costes:

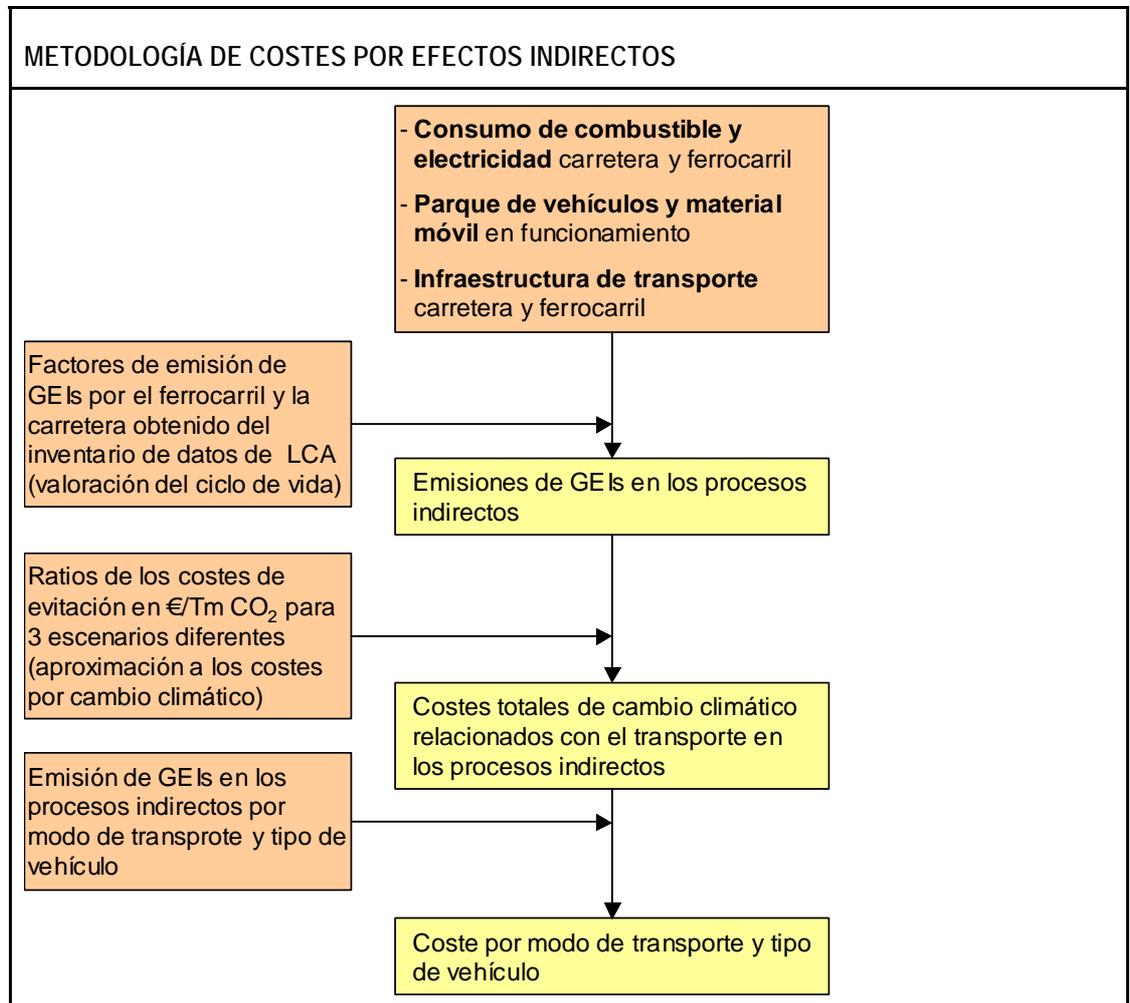


Figura 38 Campos rojos: datos de entrada. Campos amarillos: datos de salida.

### 3.7.2. DATOS EMPLEADOS

- › Los consumos de combustible y electricidad se obtienen de las siguientes fuentes:
  - › Carretera: Factores de emisión y consumo de transporte rodado (ver capítulo 2.2)
  - › Tren: Estimación de los consumos totales de electricidad basados en la media de los factores de consumo de Suiza.
- › Datos del parque de vehículos y trenes: basados en las estadísticas oficiales para el País Vasco en carreteras, para el transporte ferroviario ha sido necesario realizar estimaciones en el caso del parque de RENFE.
- › Los datos sobre infraestructuras de transporte han sido obtenidos del OTEUS y de un SIG de Euskadi.

- › Se utiliza el catalogo LCA de Ecoinvent 2004a/b. Se ha asumido que los factores de emisión de los gases de efecto invernadero de los efectos indirectos de Suiza, son comparables con los del País Vasco.
- › La valoración de las emisiones de los gases de efecto invernadero se han basado en la prevención de los costes de cambio climático estimados.

### 3.7.3. RESULTADOS PARA 2004

#### Procedimiento de cálculo

La siguiente sección proporciona una visión general de los pasos realizados para la estimación de los costes indirectos.

El punto de partida es la cuantificación de la emisión de gases de efecto invernadero basada en un inventario de datos del ciclo de vida. Los gráficos posteriores presentan los procesos más relevantes y sus emisiones de gases de efecto invernadero.<sup>10</sup>

#### Producción de vehículos, mantenimiento y desguace

Para los vehículos de carretera, la producción de los mismos y su mantenimiento son los procesos con las emisiones de CO<sub>2</sub> más elevadas.

<sup>10</sup> Se consideran las emisiones de los siguientes gases invernadero (de acuerdo con el IPCC): CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, HFC, PFC. Todas las emisiones de gases se suman a los CO<sub>2</sub>-Equivalentes usando el Potencial de Calentamiento Global(GPW) y valores del IPCC (GWP 100).

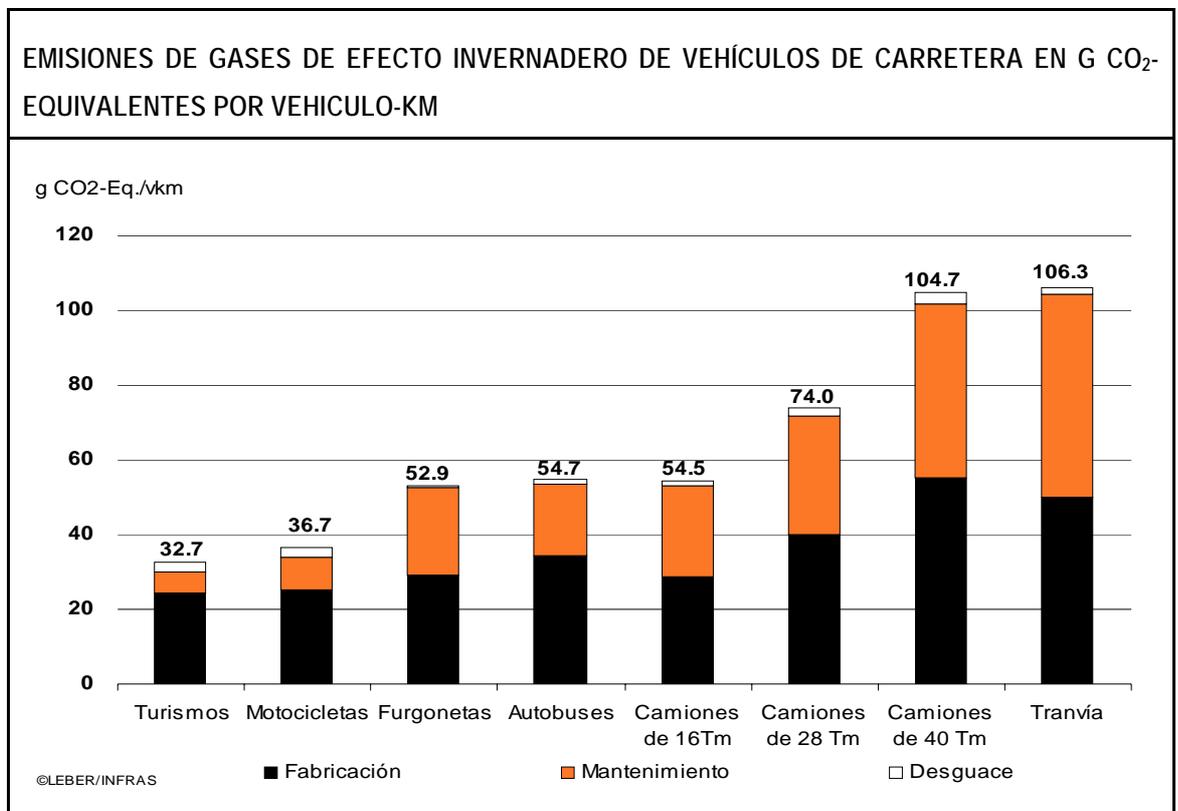


Figura 39 Fuente: cálculos propios basados en Ecoinvent (2004)

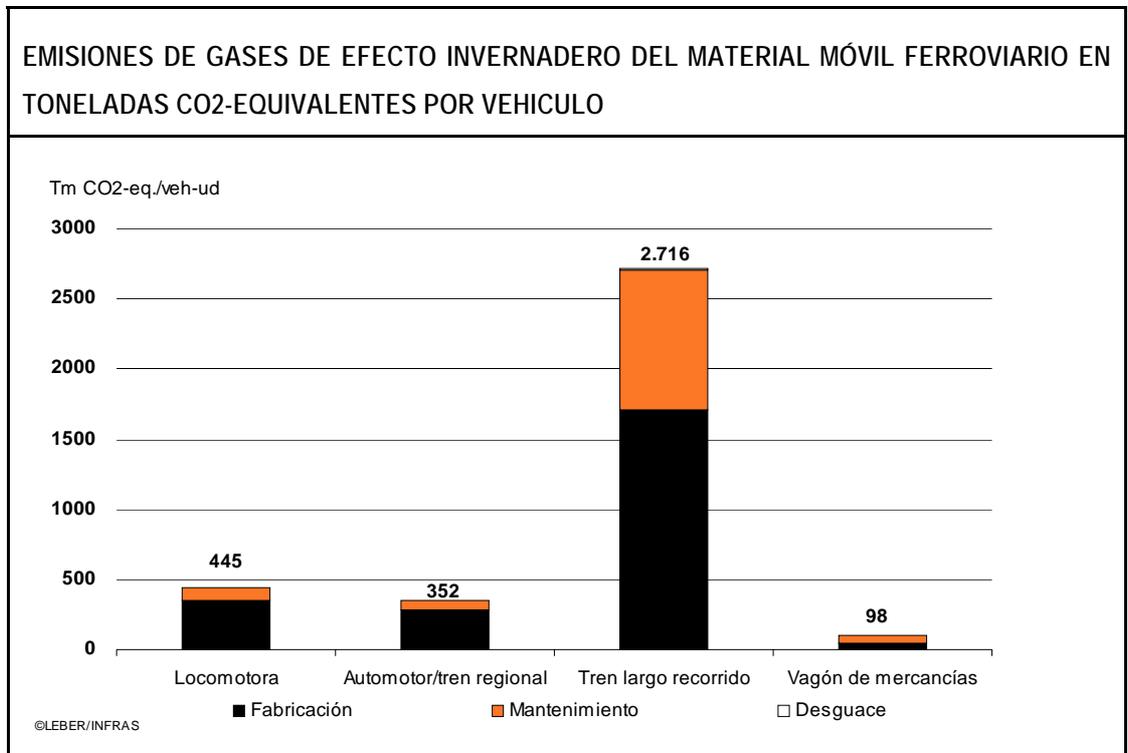


Figura 40 Fuente: cálculos propios basados en Ecoinvent (2004)

### Construcción de infraestructura, mantenimiento y destrucción

Las emisiones de gases de efecto invernadero de la infraestructura de carreteras y ferrocarril se expresan en kg por metro de infraestructura y año. Las emisiones de la infraestructura del ferrocarril tienen un factor 5 veces mayor que las de la carretera.

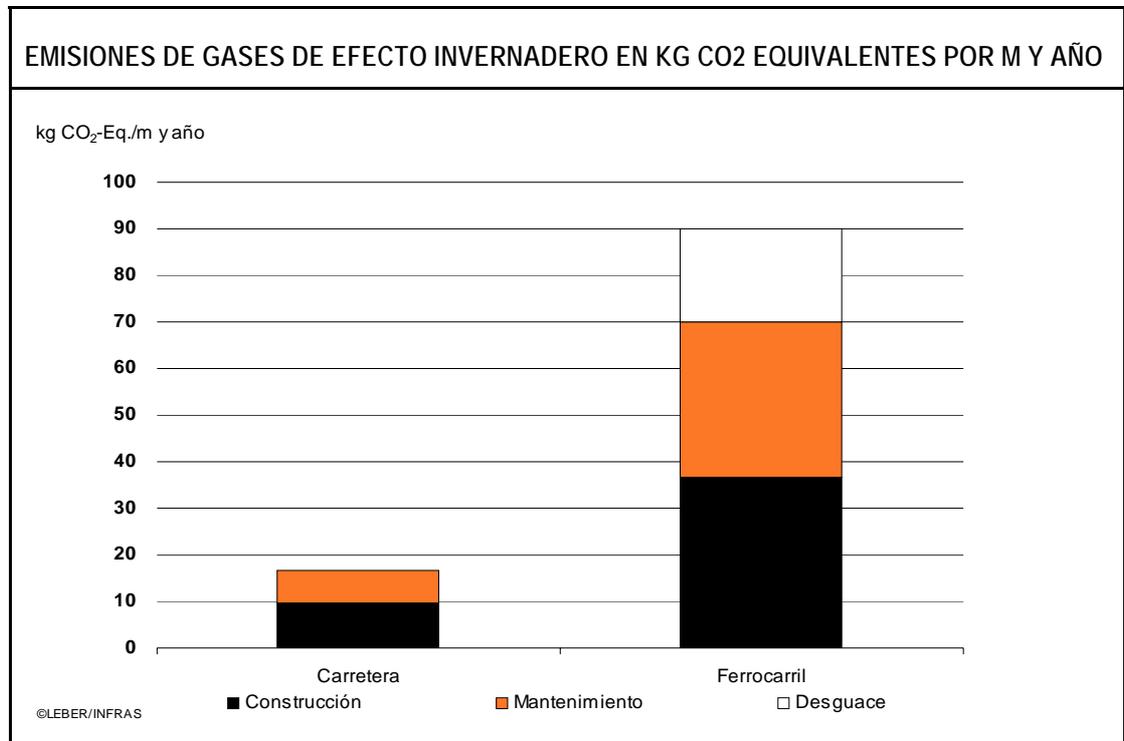


Figura 41 Fuente: cálculos propios basados en Ecoinvent (2004)

### Precombustión

Los gases de efecto invernadero se presentan también en la producción de petróleo, durante el proceso en la refinería así como en los procesos de transporte para el llenado de las gasolineras. Todos estos procesos los abarca la base de datos de Ecoinvent para Suiza (Ecoinvent 2004). Debido a que la mayoría de procesos son similares para España, se usan estos valores para la cuantificación de los gases de efecto invernadero en el País Vasco. Se emiten 580 g CO<sub>2</sub>-Equivalentes por cada litro de gasolina, para el gasóleo el valor es de 500 g CO<sub>2</sub>-eq.

El segundo impacto más importante son las emisiones de gases de efecto invernadero por la generación de electricidad. La cantidad de emisiones depende fuertemente del tipo de energía que se genera en cada país (tipo de combustible: carbón, gas natural, energía nuclear, energía hidráulica, etc.). El Ecoinvent (2004) dispone de datos sobre estas fuentes de energía eléctrica en España que abarcan la producción interna más las importaciones.

### Emisiones totales de gases de efecto invernadero por los efectos indirectos:

La siguiente figura muestra las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por los efectos indirectos del transporte por carretera y por ferrocarril:

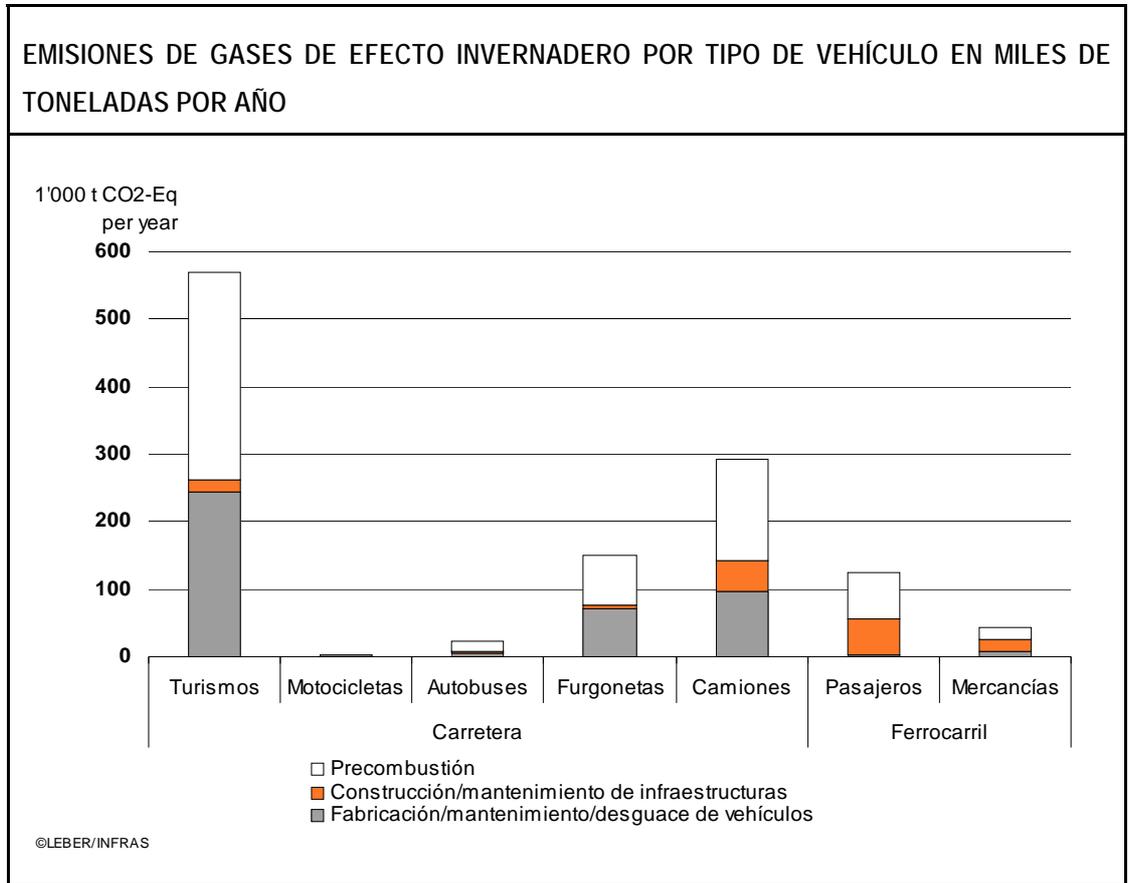


Figura 42

En el transporte por carretera, la producción y mantenimiento de vehículos así como la producción de combustible, procesado y transporte, son los responsables de la mayor parte de emisiones de gases de efecto invernadero. En el transporte por ferrocarril, las emisiones de la construcción de las infraestructuras así como las de producción de electricidad se consideran las más relevantes. La alta proporción de centrales térmicas (que utilizan combustibles fósiles) en España es la responsable de las altas emisiones de gases de efecto invernadero en el ferrocarril.

### Costes totales

Dependiendo del factor de prevención (a corto plazo: objetivos de Kyoto, largo plazo: objetivos post Kyoto), los costes totales de los efectos indirectos varía entre 28 y 75 millones de €/año.

A corto plazo, se usa el valor de 22,5 €/Tm CO<sub>2</sub>-eq para los objetivos de Kyoto y los factores de costes de prevención. A largo plazo y para los objetivos de después de Kyoto se usa el valor de 60 €/Tm CO<sub>2</sub>-eq.

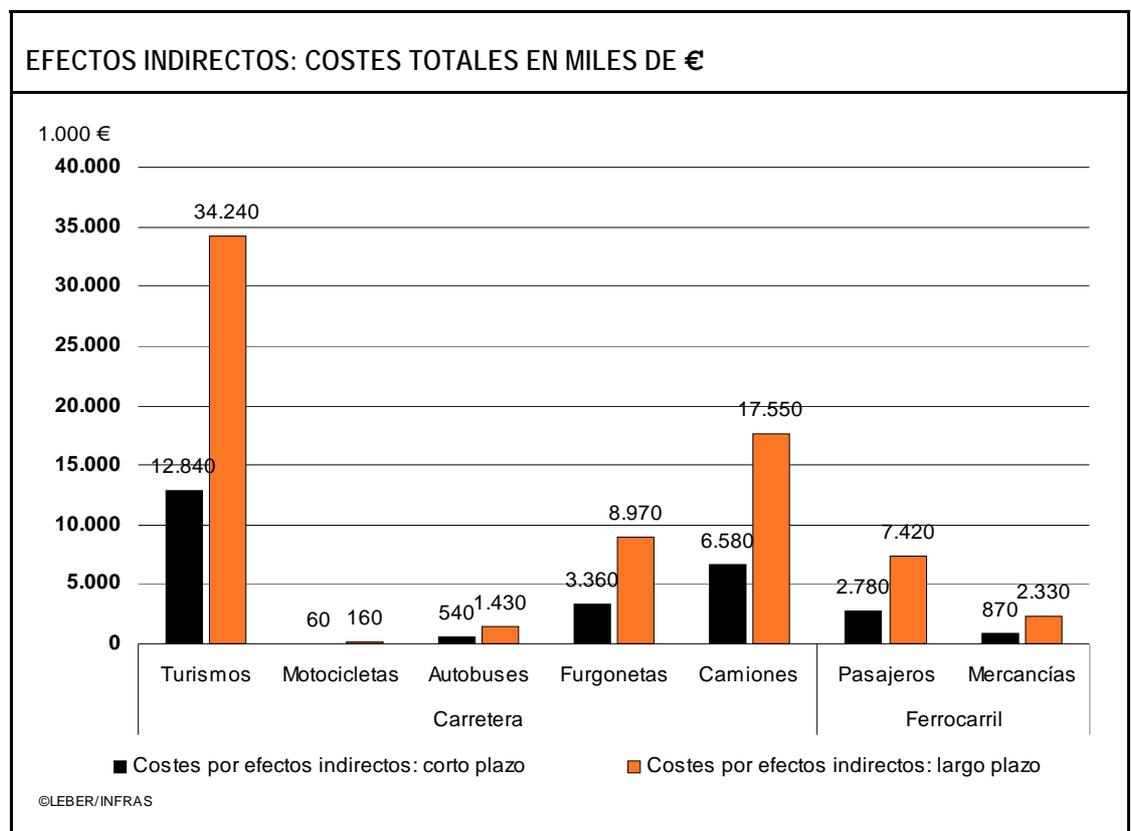


Figura 43

## Costes medios

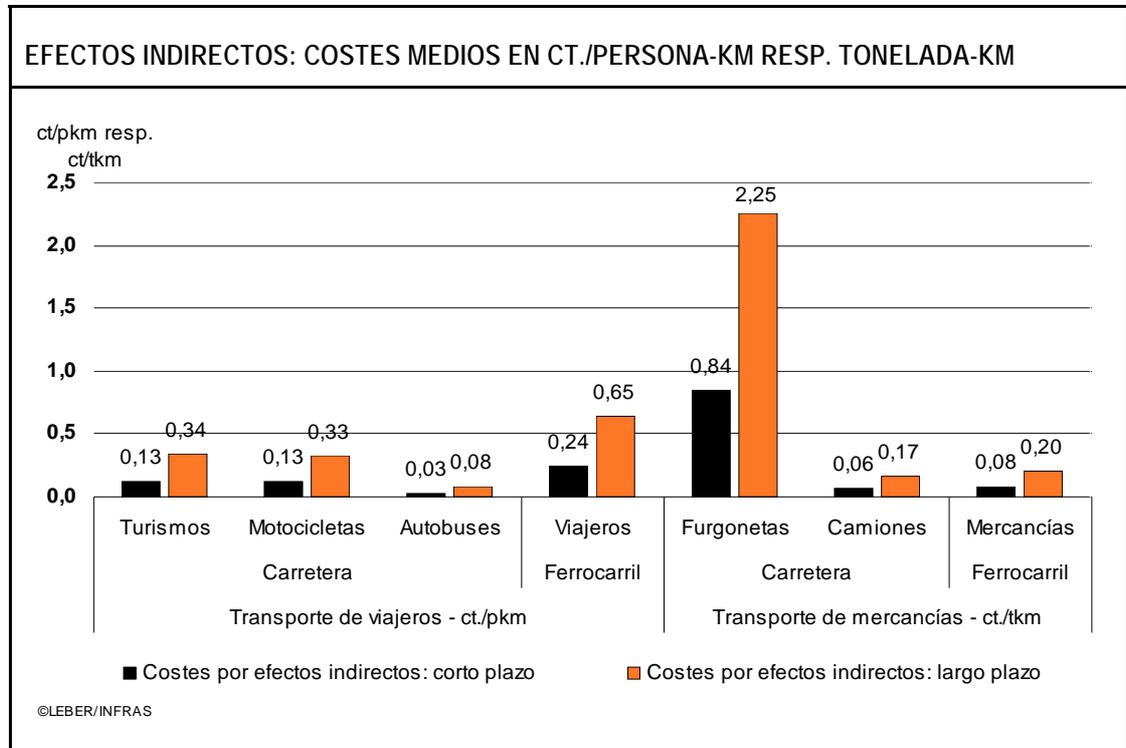


Figura 44

La comparación entre los costes medios por persona-kilómetro y tonelada-kilómetro muestran que, en general, en el transporte por carretera los costes son menores que en el transporte por ferrocarril. La razón para que ocurra de esta manera es el alto número de centrales térmicas de combustible fósil que hay en España.

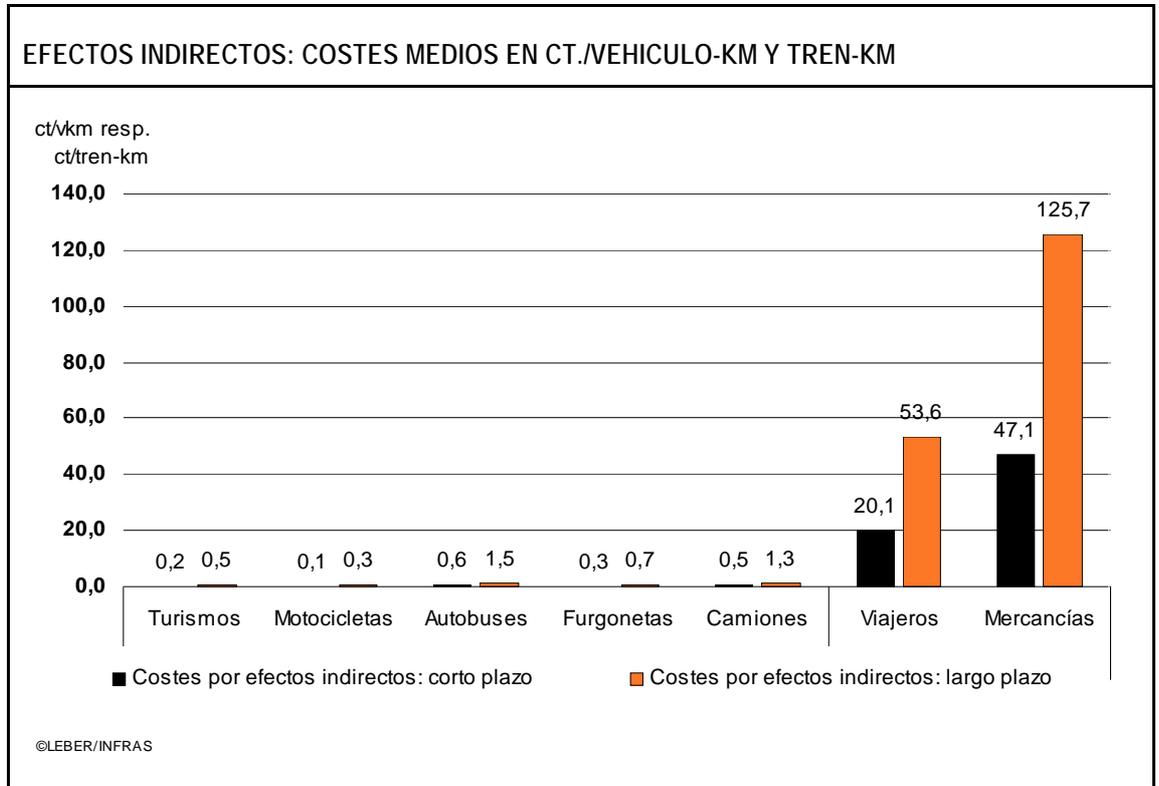


Figura 45

## 3.8. COSTES DE CONGESTIÓN

### 3.8.1. PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN DE COSTES

Se han considerado tres tipos de congestión:

- › Congestión recurrente en áreas urbanas
- › Congestión recurrente en áreas interurbanas
- › Congestión por incidencias en la carretera.

Sólo se han contabilizado los costes por tiempos de demora, dado que no se han tenido en cuenta aspectos tales como contaminación del aire, cambio climático o accidentalidad, como causa efecto de la propia congestión en ausencia de datos feacientes en este sentido.

#### Congestión recurrente

La metodología para la estimación de la congestión se basa en una medida de demora apoyada en la conocida relación flujo-velocidad para ejes interurbanos y en las demoras en intersecciones urbanas de dichos entornos. Se trata en suma de estimar los costes actuales del usuario, en términos de tiempos suplementarios a los de “flujo libre” en base a los niveles de servicio a las que están sometidos los diversos elementos de la red viaria.

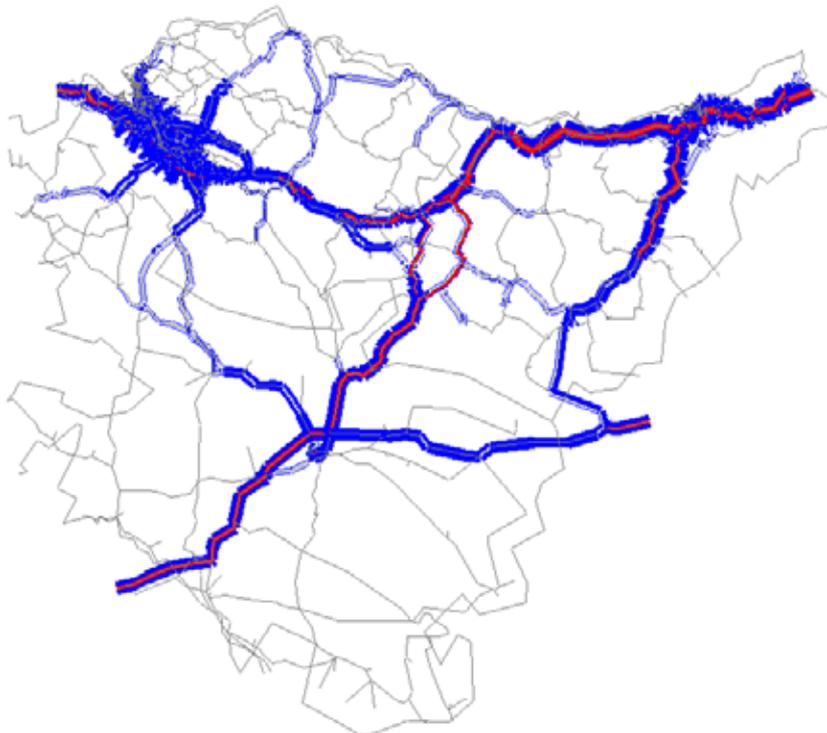


Figura 46. Mapa de intensidades de tráfico en la CAPV.

Para tener una buena estimación de los costes de congestión recurrentes se ha dividido la red viaria en dos grupos: “entornos urbanos”, en los que predomina el efecto de las intersecciones, y “ejes interurbanos”, en los que el aumento de la intensidad, más problemas puntuales de funcionalidad (trenzados, incorporaciones, etc), degradan la velocidad de flujo libre:

› Para representar los “**entornos urbanos**”, se usa el modelo de transporte de la C.A.P.V. enfocándose en la ciudad de Bilbao, dado que incluye todos los esquemas de regulación en sus intersecciones. A tal fin, se ha procedido a realizar tras la asignación global de intensidades, un proceso de “sub-area” para aislar el núcleo urbano de Bilbao. A partir de esta sub-area, se ha estimado tanto las matrices de viaje para cuatro periodos horarios, como los tiempos de relación entre sus centroides para esos mismos cuatro periodos horarios. A su vez, se ha realizado una asignación sin apenas intensidades para reflejar las condiciones de referencia, es decir, sin congestión. De esta forma, se han obtenido, las velocidades medias, promediadas con los flujos existentes, así como los vehículos-hora de demora, los cuales se han traducido a indicadores del tipo de demora por viaje y demora por kilómetro recorrido. Partiendo de este análisis detallado, sus parámetros resultantes se han extrapolado a los otros ocho núcleos urbanos de referencia, es decir con más de 50,000 habitantes, sobre la base de los vehículos-kilómetro que soporta cada uno en su trama urbana.

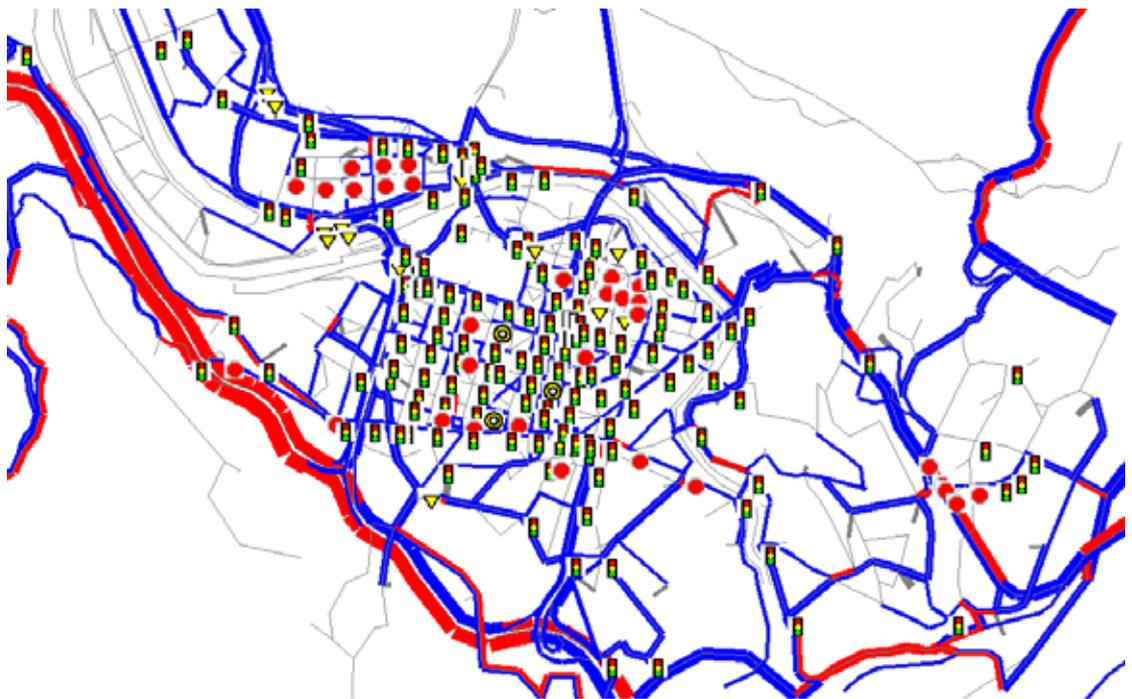


Figura 47. Ejemplo de regulación de tráfico en el área de Bilbao



Figura 48. Ejemplo de demoras en la hora punta matutina

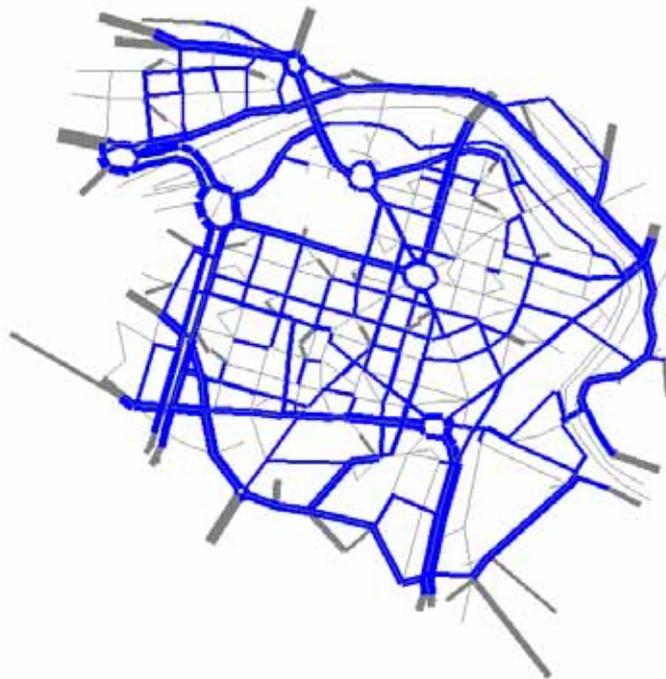


Figura 49. Sub-Area extraída para el núcleo central de Bilbao

- › Para incorporar los efectos de congestión de “**ejes interurbanos**”, se ha recurrido a la asignación de tráficos para cuatro periodos horarios al conjunto de la red viaria de la C.A.P.V. Esta asignación ha permitido estimar mediante las relaciones flujos-velocidad del Manual de Capacidad de Carreteras Americano, de uso universal, adoptando las curvas B.P.R. (Bureau of Public Roads) con factores  $\alpha=0.3$  y  $\beta=15$ .

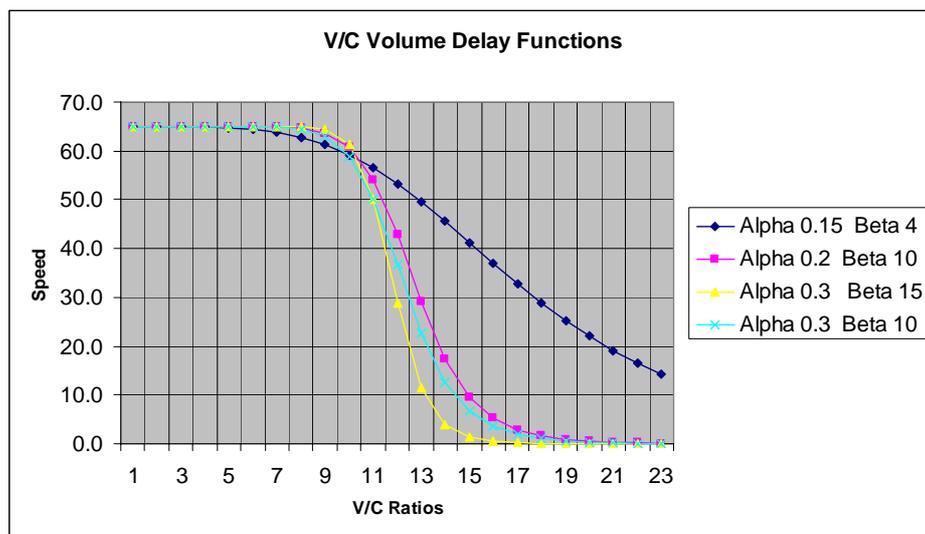


Figura 50. Relaciones flujo-capacidad con distintos valores de parámetros de las curvas

Una consideración importante es dejar constancia de que se han sumado todas las demoras con independencia de su valor absoluto, utilizando los productos resultantes de flujos por demora, a fin de estimar vehículos-hora de demora por efectos de congestión.

Lo que no se ha considerado son las demoras “auto-impuestas” por los propios usuarios de la carretera ante la falta de fiabilidad horaria de la misma. Es decir, un usuario que ha de estar a una hora determinada, es posible que decida ir con más antelación de la debida, para evitar la sorpresa de una incidencia viaria. Otro efecto similar, que no se considera, es el fenómeno de “ensanchamiento de puntas horarias”, es decir, ante un determinado nivel de congestión durante un periodo concreto, son muchos los usuarios que deciden bien adelantar o bien post-poner su viaje para evitar dicha demora, incurriendo de facto en un costo horario. Se trata en suma de mecanismos de adaptación social a los fenómenos de congestión que dado su carácter gradual no son fácilmente percibidos.

### Congestión por incidencias

Otro tipo de congestión que estudiamos es la que se refiere a las provocadas por incidencias en la vía. Para lo que se estudia el tramo de la A8 que discurre por el Bilbao metropolitano, sus resultados se extrapolarán al área de San Sebastián en función de los factores que consideramos relevantes, que no son otros que la longitud del tramo estudiado, el volumen de tráfico e inversamente proporcional al número de carriles. Todo ello elevado al cuadrado para indicar por un lado la probabilidad de incidencia y por otro, su duración. El estudio de la situación tomada como base se realiza teniendo en cuenta el intervalo horario en que se produce la incidencia, su duración y la afección a la carretera, así como la intensidad en dicho tramo.

Se representan en un gráfico los volúmenes acumulados a lo largo del día, la capacidad sin incidencia, en recuperación de una incidencia (20% menor que la anterior) y la que se da con distintos niveles de incidencia. Sobre este gráfico se obtienen las demoras tal y como se refleja en el siguiente esquema del manual de ingeniería de tráfico del ITE de Estados Unidos, representadas por la superficie sombreada.

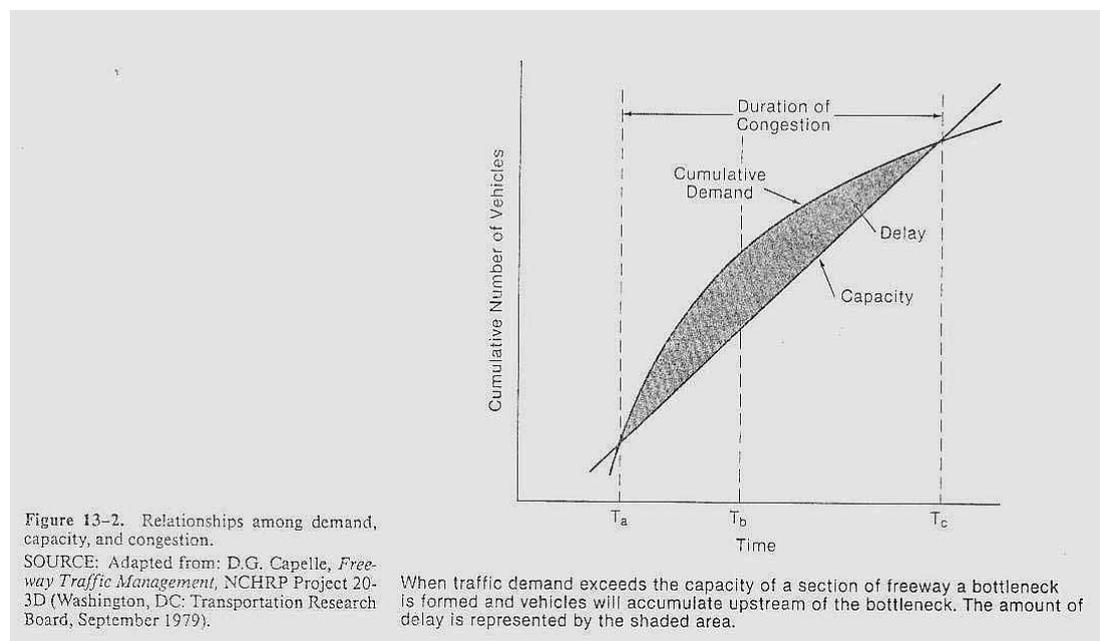


Figura 51. Representación de la relación entre demanda, capacidad y congestión.

En el caso que nos ocupa el gráfico tiene el siguiente aspecto, el eje de abscisas representa la hora y el de ordenadas la demanda acumulada. El área sombreada en gris indica la demora total debido a la incidencia que se muestra como ejemplo (1/2 carriles y duración entre 60 y 90 minutos).

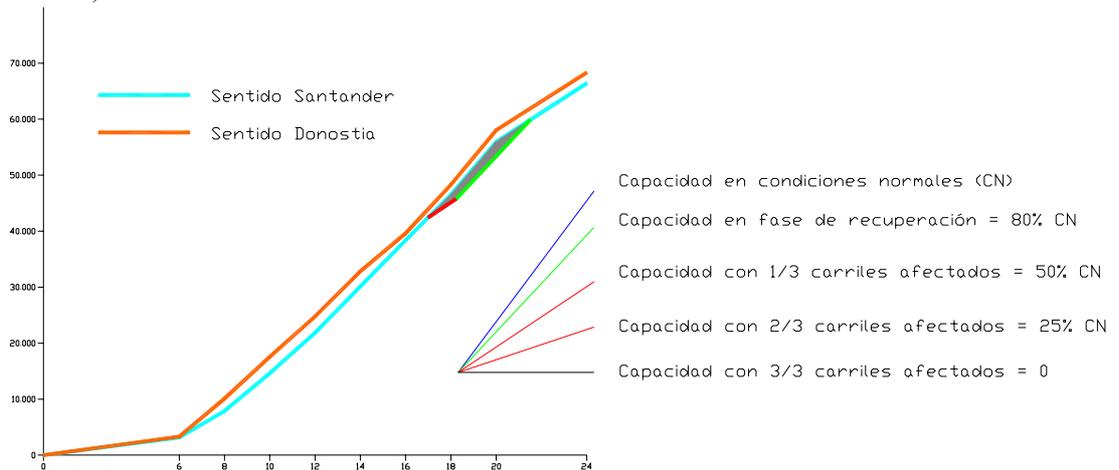


Figura 52. Ejemplo de cálculo de la congestión por incidencias.

Los datos necesarios son: número de incidencias, duración de las incidencias, carriles afectados e IMH del periodo en el tramo estudiado.

Estos datos de tiempo de viaje se ajustarán a los ratios de tiempos del País Vasco (diferenciando por motivo de viaje) usados para otro tipo de costes relacionados con el tiempo.

### 3.8.2. DATOS EMPLEADOS

#### Congestión recurrente

Se han considerado cuatro periodos horarios: punta matutina, AM, punta de vuelta a comer, MD, punta vespertina, PM, y resto del periodo diurno, RD. Para cada uno de estos periodos se han asociado unos factores para distribuir las matrices producción-atracción de cada motivo de viaje, tal como muestra la tabla adjunta:

HORAS EQUIVALENTES		2		2		3		10		Acumulado 24 horas	
		AM		MD		PM		Resto		IDA	VUELTA
		Ida	Vuelta	Ida	Vuelta	Ida	Vuelta	Ida	Vuelta		
HBW	Industria	0.2	0			0	0.2	0.06	0.04	1.00	1.00
	Comercio	0.13	0			0	0.04	0.074	0.087	1.00	0.99
	Servicios	0.26	0			0	0.12	0.048	0.064	1.00	1.00
<b>Ref COCHBWN7.dat</b>											
0.13 es igual a 0.26 (0.5*MI + 0.5*MIT)				0.34	0.12			0.032	0.076	1.00	1.00
		<b>Ref HBWLUN7.dat</b>									
HBS		0.34	0	0.04	0.2	0	0.04	0.024	0.048	1.00	1.00
HBO2	Compras	0.01	0	0.05	0.15	0.06	0.1	0.069	0.04	0.99	1.00
NHB		0.05	0.05	0.04	0.12	0.12	0.04	0.046	0.054	1.00	1.00
HBO1	Gestiones	0.05	0.01	0.02	0.12	0.3	0.02		0.068	1.04	1.00
	Centros Comerciales	0.002	0	0.02	0.06	0.04	0.06	0.034	0.02	0.50	0.50
	HBS Universitarios	0.3	0	0.05	0.2	0.01	0.06	0.026	0.042	0.99	1.00
	AGP	0.06	0	0	0.1	0.3	0.02		0.074	1.02	1.00
<b>Ref COCPAYN7.dat</b>											
	LDI Vehic	0.06	0.06	0.045	0.045	0.12	0.12	0.042	0.042	0.99	0.99
<b>Ref LDIPAN7.dat</b>											
	Mercancias	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.058	0.058	1	1
<b>Ref FREPAN7.dat</b>											
	Traficos Paso Veh	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.13	0.13	1	1
<b>Ref TRAFPAP.dat</b>											
	10%=0.1 9,000 vpd 900 vph										
	Mercancias Paso	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.13	0.13	1	1
<b>Ref MERCAPAP.dat</b>											
	10%=0.1 13,750 vpd 1,375 vph										

NB: Los valores en Cube son la mitad dado que se aplican a los viajes de ida y vuelta salvo Traficos de Paso que son matrices. Estas sumas deberian dar 1.0 para la ida y 1.0 para la vuelta. La excepcion es el trabajo en donde se suman los que vuelven a comer a casa junto con los Centros Comerciales Regionales con afluencia en Viernes y Sabados

Tabla 27 Factores para la distribución de las matrices producción-atracción.

A nivel urbano, las tablas de resultados analíticos del modelo de Bilbao, mediante una subárea corresponden a:

Datos de la SubArea de Bilbao en el Modelo de la C.A.P.V.  
**DEMORAS POR CONGESTION EN EL ENTORNO URBANO**

Periodo	AM	MD	PM	RD	24 horas
<b>LIGEROS:</b>					
Velocidad Media Km/hr	18.75	27.40	20.60	32.60	
Viajes totales	26,905	28,400	31,995	20,875	394,470
Vehiculos-km	51,734	50,096	60,188	36,700	
Vehículos-hora	2,759	1,827	2,922	1,126	
Viaje medio en mins	6.15	3.86	5.48	3.24	
Viaje medio en kms	1.92	1.76	1.88	1.75	
Vehículos-Hora Demora	1,433	515	1,337	167	
Demora por viaje en mins	3.20	1.10	2.50	0.48	
Demora mins por km	1.66	0.62	1.30	0.27	
Horas equivalentes	2	2	3	9	
<b>Vehículos-Hora Demora</b>	<b>2,866</b>	<b>1,030</b>	<b>4,011</b>	<b>1,503</b>	<b>9,410</b>
<b>PESADOS:</b>					
Viajes totales	1,770	1,760	1,760	1,725	27,865
Vehículos-Hora Demora	102	40	93	14	
Demora por viaje en mins	3.45	2.70	3.18	0.50	
Demora mins por km	2.08	1.60	1.77	0.30	
Horas equivalentes	2	2	3	9	
<b>Vehículos-Hora Demora</b>	<b>204</b>	<b>80</b>	<b>279</b>	<b>129</b>	<b>692</b>

Tabla 28 Factores para la distribución de las matrices producción-atracción.

Los siguientes datos corresponden a las localidades donde se han estimado los costes por este concepto.

	Población urbana	Veh.*Km	Area urbana (Km <sup>2</sup> )	% Vehículos pesados	Veh*km Ligeros	Veh*Km pesados	Veh*km Ligeros / Población	Veh * km Pesados / Población
Bilbao	318.179	1.854.452	14.33	8	1.706.096	148.356	5.36	0.47
Getxo	75.892	279.860	5.07	4	268.666	11.194	3.54	0.15
Barakaldo	89.473	525.706	4.41	7	488.907	36.799	5.46	0.41
Basauri	43.298	147.200	3.33	10	132.480	14.720	3.06	0.34
Portugalete	48.307	102.225	1.69	6	96.092	6.134	1.99	0.13
Santurtzi	43.588	73.147	1.70	10	65.832	7.315	1.51	0.17
San Sebastián	158.847	1.084.119	14.48	6	1.019.072	65.047	6.42	0.41
Irún	40.692	139.154	3.80	10	125.239	13.915	3.08	0.34
Vitoria	202.138	2.213.909	14.85	6	2.081.074	132.835	10.30	0.66
<b>Total</b>	<b>1.020.414</b>	<b>6.419.773</b>	<b>63.66</b>		<b>5.983.457</b>	<b>436.315</b>		

Tabla 29 Valores de las distintas ciudades utilizados para la extrapolación de los resultados de Bilbao.

A nivel de la congestión a lo largo de los ejes interurbanos, resulta del modelo para el conjunto de los cuatro periodos horarios, lo siguiente:

Datos del Modelo de la C.A.P.V.  
**DEMORAS POR CONGESTION EN LOS EJES INTERURBANOS**

Periodo	AM	MD	PM	RD	24 horas
<b>TRAFICO TOTAL</b>					
Velocidad Media Km/hr					70
Vehiculos-km					21,932,795
Vehículos-hora					312,911
Vehículos-Hora Demora	2,971	578	2,785	133	
Horas equivalentes	2	2	3	9	
<b>Vehículos-Hora Demora</b>	<b>5,942</b>	<b>1,157</b>	<b>8,354</b>	<b>1,194</b>	<b>16,648</b>
<b>PESADOS:</b>					
Velocidad Media Km/hr					83
Vehiculos-km					4,230,519
Vehículos-hora					50,986
Vehículos-Hora Demora	178	38	182	26	
Horas equivalentes	2	2	3	9	
<b>Vehículos-Hora Demora</b>	<b>357</b>	<b>76</b>	<b>547</b>	<b>234</b>	<b>1,214</b>

Tabla 30 Demoras en los ejes interurbanos.

Otro dato de interés, es la traducción monetaria de ahorros o pérdidas de tiempo, que se expresa mediante un “valor del tiempo”, digamos 12€ por hora.

De acuerdo con nuestra experiencia local y durante los procesos de calibrado y validación de nuestro modelo de transportes, hemos explotado las recientes encuestas del Gobierno Vasco para establecer un esquema de funciones logit multinomiales en nido. De acuerdo con estos ejercicios, el valor medio de dicho valor del tiempo entre cautivos del transporte público y como promedio de los distintos viajes es de 4 € por hora. En cambio, el valor del tiempo para los opcionales, es decir aquellos con acceso a un automóvil, es en cambio de 12 € por hora.

Como parte de los ejercicios analíticos realizados con el modelo de transporte, mostramos un ejemplo de comprobación indirecta de dicho valor. Este ejemplo muestra:

- Los flujos del modelo que atraviesan una estación de peaje (A-8, A-68 y túnel de Artxanda), habiéndose estimado los minutos equivalentes de peaje como viene siendo tradicional, es decir con un valor monetario del tiempo de 1,000 ptas/hora (ó 6 € por hora).
- La tabla adjunta muestra el resultado acumulado de multiplicar los flujos que atraviesan un peaje por los minutos equivalentes de acuerdo con un valor del tiempo de 6 € por hora.

Tal como muestra la tabla adjunta, es de esperar que los trasvases hacia el peaje sean similares a los costes de congestión que se pretende evitar. Al no ser así, hemos recalculado los valores del tiempo que habría que haber aplicado para que se diese dicha coincidencia, resultando valores de 11 € por hora para ligeros, y de 41€ por hora para pesados en plena coincidencia con los valores utilizados por Mugikost.

#### CONSIDERACIONES SOBRE EL VALOR DEL TIEMPO

Producto por arco de la red de intensidades de 24 horas por minutos equivalentes de peaje

<b>Trafico Total</b>			
Flujo * Mins (1) de Peaje	<b>30,366</b> Vehículos-hora	Valor equivalente= 6 * 30366/16,648	
		"="	<b>11 €/hora</b>
<b>Trafico de Pesados</b>			
Flujo * Mins (1) de Peaje	<b>8,309</b> Vehículos-hora	Valor equivalente= 6 * 8309/1214	
		"="	<b>41 €/hora</b>

Mins (1) de Peaje estimados dividiendo tarifas por un **Valor del Tiempo de 6.0 €por hora**

### Congestión por incidencias

Los datos necesarios son: número de incidencias, duración de las incidencias, carriles afectados e IMH del periodo en el tramo estudiado. Así mismo se utilizan los datos de los aforos de la Diputación Foral de Bizkaia para distribuir los tráficos entre ligeros y pesados. En el siguiente cuadro vemos estos resultados para la A8 a su paso por el Bilbao metropolitano.

A8 Sentido Santander 2004 - nº incidencias	Duración de la incidencia en minutos							IMH
	Hasta 30	Hasta 60	Hasta 90	Hasta 120	Hasta 150	Hasta 240	Mas de 240	
de 0:00 a 6:00								525
de 6:00 a 8:00	4	2	3	2	1			2368
de 8:00 a 10:00	10	7*	5		5			3377
de 10:00 a 12:00	4	12	11	3	3			3613
de 12:00 a 14:00	4	6	3	1	3			4131
de 14:00 a 16:00	6	13	6	2	1			4125
de 16:00 a 18:00	8	7	7		2	1		4065
de 18:00 a 20:00	7	13	8	4	5			4716
de 20:00 a 24:00	3	4		1	1			2617

A8 Sentido Donostia 2004 - nº incidencias	Duración de la incidencia en minutos							IMH
	Hasta 30	Hasta 60	Hasta 90	Hasta 120	Hasta 150	Hasta 240	Mas de 240	
de 0:00 a 6:00							1	554
de 6:00 a 8:00	5	3	6	2	1			3391
de 8:00 a 10:00	7	2	2	2	1			3720
de 10:00 a 12:00	4	8	2	2	2			3619
de 12:00 a 14:00	7	3	3		2*			4032
de 14:00 a 16:00	3	3	1	1	1		1	3858
de 16:00 a 18:00	6	7	3	2	4		1	4333
de 18:00 a 20:00	6	9**	2		3			4873
de 20:00 a 24:00	1	2	2	1	1			2572

Todas las incidencias son de un carril de tres salvo

\* Una afección de 2/3

\*\* Una afección de 3/3

Tabla 31 Datos de incidencias en la A8.

### 3.8.3. RESULTADOS PARA 2004

#### Procedimiento de cálculo

En los siguientes gráficos podemos ver claramente los pasos seguidos para llegar a los valores finales por este concepto. En los dos casos que se presentan se dan valores de 12 €/h por vehículo ligero y 43 €/h de vehículo pesado. Se han considerado un total de 330 días equivalentes, resultado de aplicar un factor entre IMD de día laboral con respecto a la IMD general, de 0.914 de acuerdo con la publicación anual de aforos del Departamento de Obras Públicas y Transportes de la Diputación Foral de Bizkaia

#### Congestión recurrente

En los siguientes gráficos podemos ver el resumen de los cálculos de **congestión recurrente en áreas urbanas** después de la extrapolación de los resultados en Bilbao al resto de localidades de más de 50.000 habitantes.

Cálculo de Vehículos de Demanda de la Demora y su Coste asociado	Ligeros		Pesados		Total	
	Veh hora	Coste	Veh hora	Coste	Veh.h Total	Coste Total
Bilbao	9.410	37.263.600	692	9.819.480	10.102	47.083.080
Getxo	1.482	5.868.051	52	740.942	1.534	6.608.993
Barakaldo	2.697	10.678.429	172	2.435.701	2.868	13.114.130
Basauri	731	2.893.560	69	974.297	799	3.867.858
Portugalete	530	2.098.786	29	405.969	559	2.504.755
Santurtzi	363	1.437.871	34	484.149	397	1.922.019
San Sebastián	5.621	22.258.008	303	4.305.377	5.924	26.563.386
Irún	691	2.735.398	65	921.042	756	3.656.441
Vitoria	11.478	45.453.676	620	8.792.127	12.098	54.245.803
<b>Total</b>	<b>33.002</b>	<b>130.687.379</b>	<b>2.035</b>	<b>28.879.084</b>	<b>35.037</b>	<b>159.566.464 €</b>

**Nota:**

Días contables año: 330 [(IMD anual / IMD laborable) \* 365 días del año]  
 Coste Veh Ligeros: 12 euros/h  
 Coste veh Pesados: 43 euros/h

Tabla 32 Resultados de costes por congestión recurrente en ejes urbanos.

La **congestión recurrente ejes interurbanos** resulta en

	Demora/día en horas	Días/año	Coste/hora	Total
Ligeros	16.648	330	12	65.926.080 €
Pesados	1.214	330	43	17.226.660 €
			<b>Total</b>	<b>83.152.740 €</b>

Tabla 33 Resultados de costes por congestión recurrente en ejes interurbanos.

### Congestión por incidencias

Con el empleo de los datos del punto 2.9.2 y su procesado en el gráfico del apartado 2.9.1 que relaciona la duración, afección y hora de las incidencias con la demora provocada, obtenemos el siguiente cuadro que expresa los veh.-hora de demora en la zona de la A8 del Bilbao metropolitano.

A8 Sentido Santander 2004 - demoras totales	Resultado final en veh-h (por período y duración de incidencia)						
	Hasta 30	Hasta 60	Hasta 90	Hasta 120	Hasta 150	Hasta 240	Más de 240
de 0:00 a 6:00	0	0	0	0	0	0	0
de 6:00 a 8:00	0	0	0	0	0	0	0
de 8:00 a 10:00	250	4.250	6.250	0	41.250	0	0
de 10:00 a 12:00	300	21.000	63.250	36.750	57.000	0	0
de 12:00 a 14:00	1.500	27.000	29.250	15.250	62.250	0	0
de 14:00 a 16:00	1.950	58.500	51.000	25.000	16.500	0	0
de 16:00 a 18:00	12.600	29.750	49.000	0	24.000	17.250	0
de 18:00 a 20:00	5.250	22.750	22.000	14.000	22.500	0	0
de 20:00 a 24:00	0	0	0	0	0	0	0
						Parcial	737.600

A8 Sentido Donostia 2004 - demoras totales	Resultado final en veh-h (por período y duración de incidencia)						
	Hasta 30	Hasta 60	Hasta 90	Hasta 120	Hasta 150	Hasta 240	Más de 240
de 0:00 a 6:00	0	0	0	0	0	0	14.000
de 6:00 a 8:00	188	1.500	7.500	5.500	5.000	0	0
de 8:00 a 10:00	525	1.500	4.000	8.000	7.250	0	0
de 10:00 a 12:00	300	6.000	5.500	10.000	22.500	0	0
de 12:00 a 14:00	1.225	3.000	6.750	0	51.500	0	0
de 14:00 a 16:00	150	9.750	7.250	11.250	15.250	0	29.250
de 16:00 a 18:00	18.000	42.000	26.250	23.000	58.000	0	23.000
de 18:00 a 20:00	6.000	22.250	6.000	0	14.250	0	0
de 20:00 a 24:00	0	0	0	0	0	0	0
						Parcial	473.388
						<b>Total anual</b>	<b>1.210.988</b>

Tabla 34 Resultados de costes por congestión por incidencias en la A-8 a su paso por Bilbao.

La extrapolación al área de San Sebastián se hace en función de los parámetros considerados relevantes que no son otros que la longitud del tramo estudiado, el volumen de tráfico e inversamente proporcional al número de carriles. Todo ello elevado al cuadrado para indicar por un lado la probabilidad de incidencia y por otro su duración.

$$F(\text{demora}) = (\text{Longitud} \times \text{IMD} / \text{N}^\circ \text{ carriles})^2$$

	Bilbao	San Sebastián			
Km	13	1.1	1	2.7	1.8
IMD	120.000	72.000	107.000	51.000	110.000
Carriles	3	2	3	2	3
Producto	520.000	39.600	35.667	68.850	66.000
Cuadrado (1.000)	270.400.000	Suma de cuadrados (1.000)			44.149.014
Veh*h/año	<b>1.210.988</b>	<b>197.722</b>			

Pesados Bilbao = 9,5%		Pesados San Sebastián= 18%		TOTAL
Veh-h/año		Veh-h/año		
Ligeros	Pesados	Ligeros	Pesados	
1.095.944	115.044	162.132	35.590	
12 €/veh-h	43 €/veh-h	12 €/veh-h	43 €/veh-h	
13.151.324 €	4.946.883 €	1.945.579 €	1.530.365 €	<b>21.574.153 €</b>

Tabla 35 Resultados de la extrapolación de los costes por incidencias.

## Resumen de costes por congestión

Cálculo del Coste Total por Congestión	Recurrente Zonas Urbanas		Recurrente Zonas Interurbanas		Incidencias		TOTAL
	Ligeros	Pesados	Ligeros	Pesados	Ligeros	Pesados	
	130.687.379 €	28.879.084 €	65.926.080 €	17.226.660 €	15.096.904 €	6.477.249 €	
<b>Total</b>	<b>159.566.463 €</b>		<b>83.152.740 €</b>		<b>21.574.153 €</b>		<b>264.293.356 €</b>

Tabla 36 Resumen de los costes por congestión.

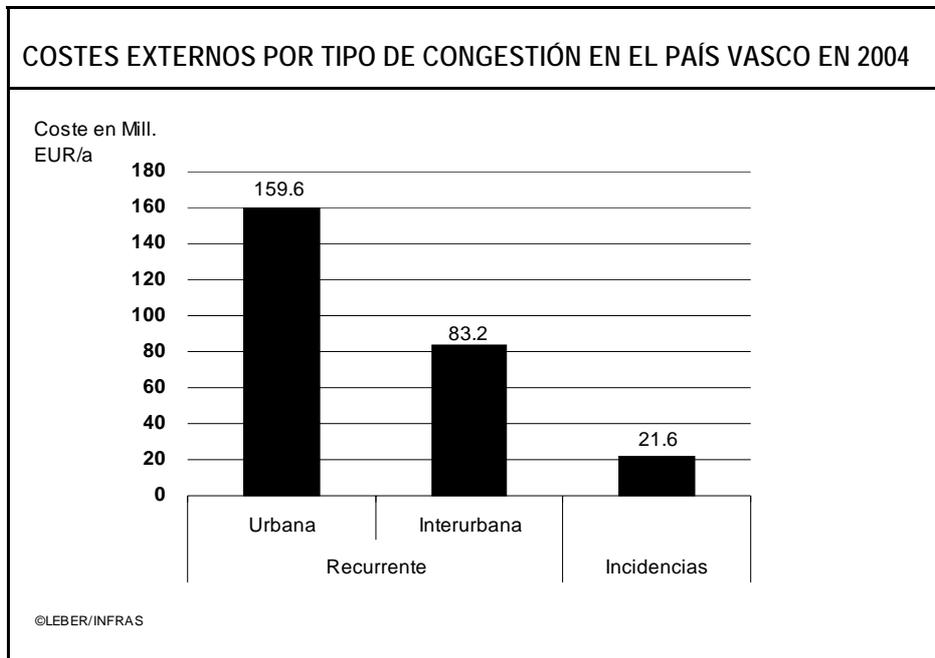


Figura 53

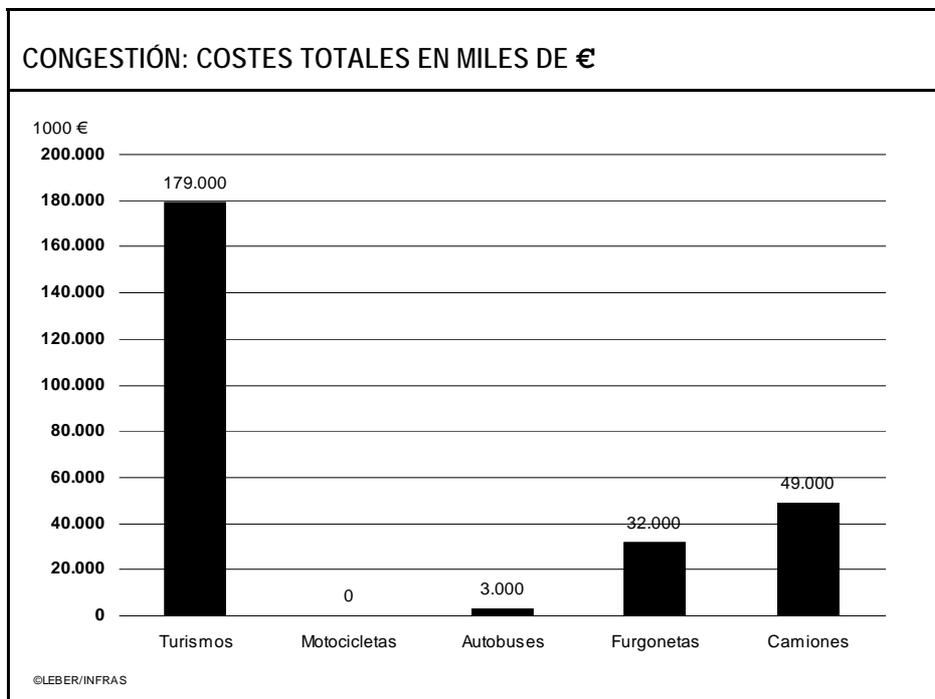


Figura 54

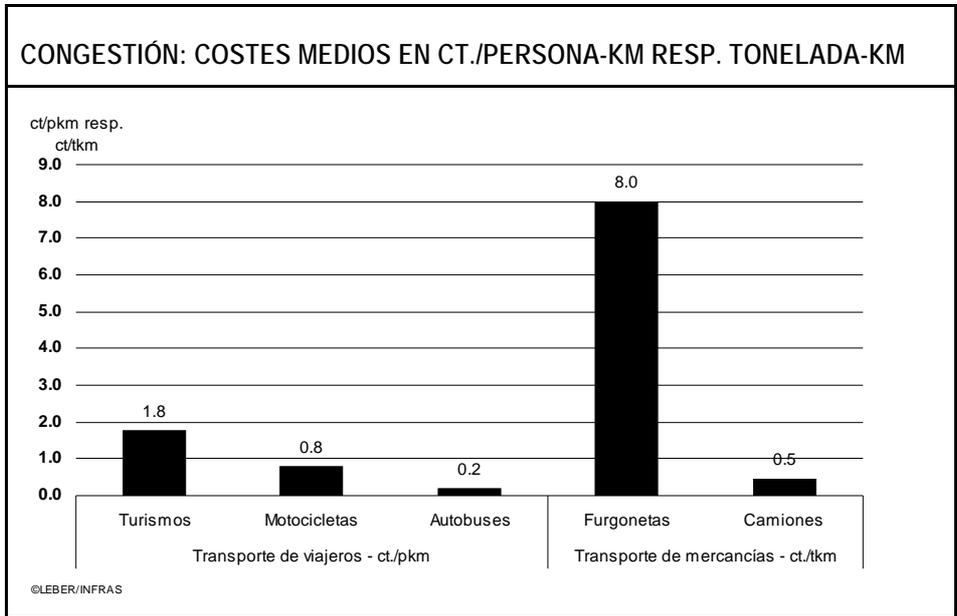


Figura 55

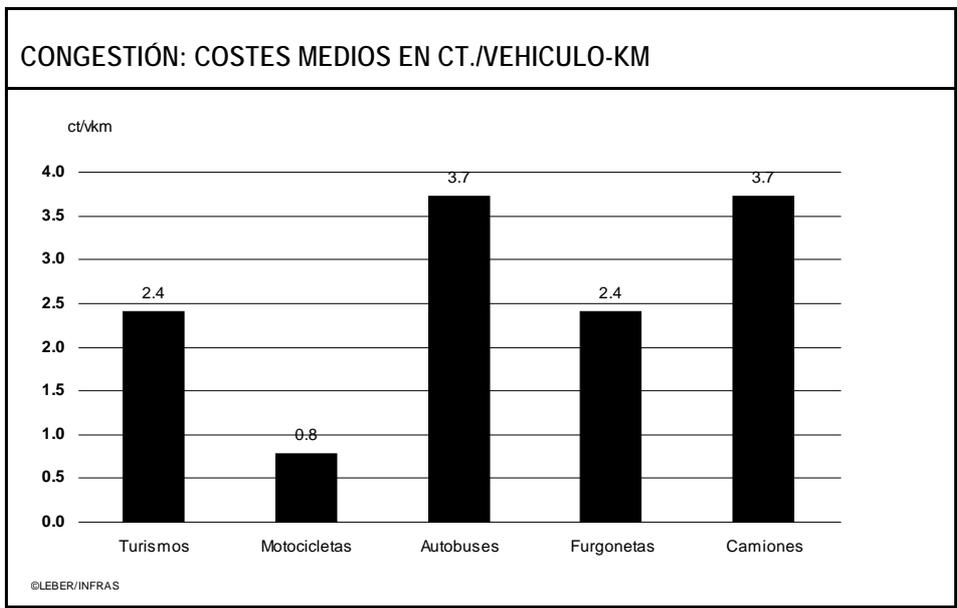


Figura 56

### 3.9. RESUMEN: COSTES TOTALES Y MEDIOS

Las siguientes tablas muestran los costes de transporte externos totales en el País Vasco para el año 2004.

#### Costes Totales

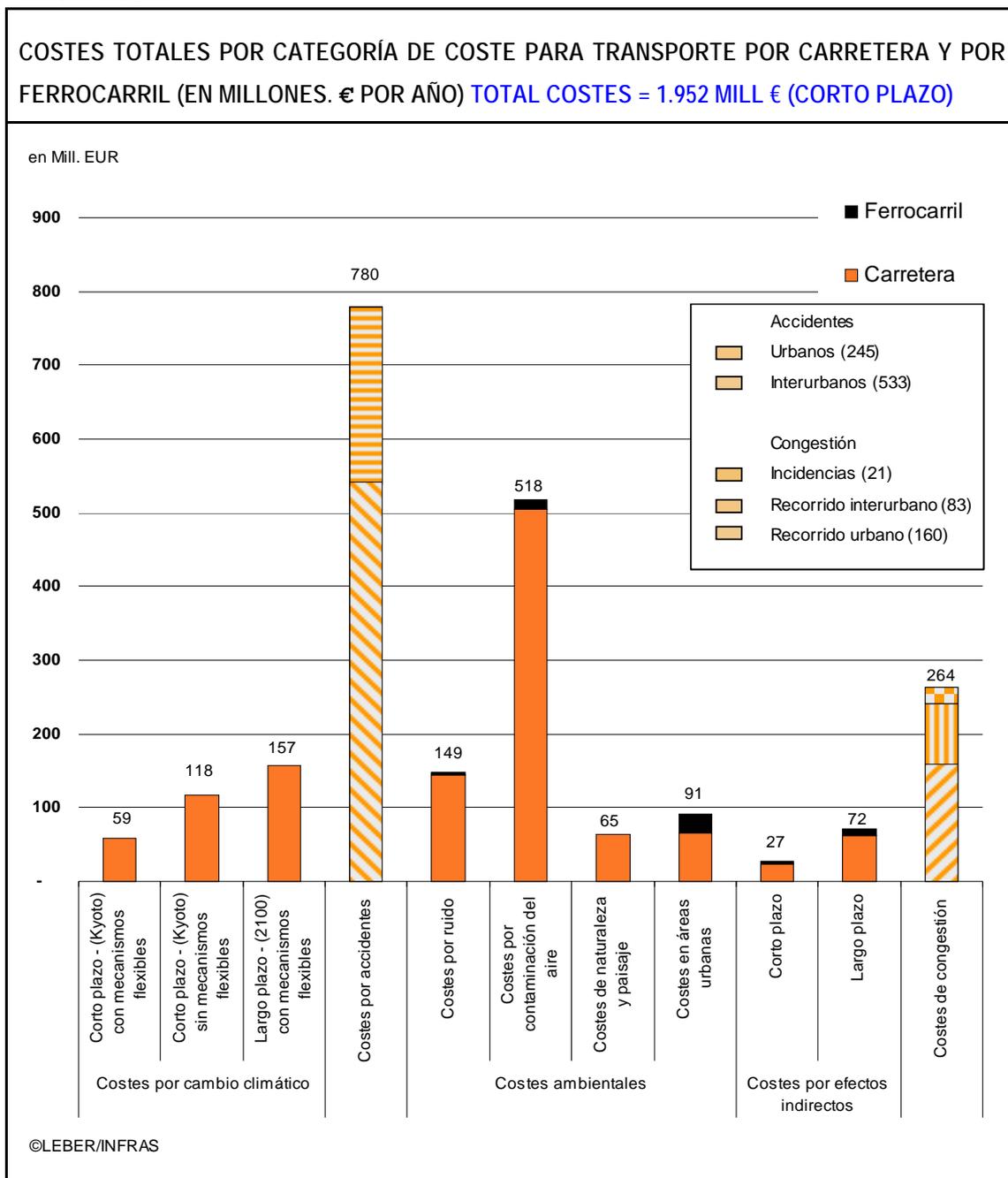


Figura 57 Resultados globales a 2004

Los costes de la contaminación del aire y los costes de los accidentes representan la mayor parte del total de los costes externos del transporte. Además otros costes importantes son los debidos al cambio climático (sobre todo cuando son calculadas con aproximaciones a largo plazo) y los debidos al ruido.

En total, el transporte por carretera causa unos costes externos de alrededor de 1.350 millones de Euros, y el transporte ferroviario 71 millones de Euros.

*Transporte por carretera vs. por ferrocarril:*

en 1.000 Euros	Coste total	Carretera	Ferrocarril
<b>Costes por cambio climático</b>			
Corto plazo - (Kyoto) con mecanismos flexibles	58.900	58.800	50
Corto plazo - (Kyoto) sin mecanismos flexibles	117.800	117.700	110
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	157.100	156.900	150
Costes por accidentes	779.700	779.600	100
Costes por ruido	149.000	145.200	3.800
Costes por contaminación del aire	517.500	504.400	13.100
Costes de naturaleza y paisaje	64.800	64.500	300
Costes en áreas urbanas	90.700	65.300	25.400
<b>Costes por efectos indirectos</b>			
Corto plazo	27.100	23.400	3.700
Largo plazo	72.000	62.300	9.700
Costes de congestión	264.300	264.300	0
<b>Total (Corto plazo)</b>	<b>1.951.900</b>	<b>1.905.500</b>	<b>46.400</b>
<b>Total (Largo plazo)</b>	<b>2.095.100</b>	<b>2.042.500</b>	<b>52.600</b>

Tabla 37 Costes externos totales del transporte 2004.

*Transporte por carretera:*

en 1.000 Euros	Carretera						
	Turismos	Motocicletas	Autobuses	Furgonetas	Camiones	Viajeros	Mercancías
<b>Costes por cambio climático</b>							
Corto plazo - (Kyoto) con mecanismos flexibles	30.998	84	1.984	7.940	17.827	33.066	25.767
Corto plazo - (Kyoto) sin mecanismos flexibles	61.996	169	3.968	15.880	35.654	66.133	51.534
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	82.661	225	5.291	21.173	47.538	88.177	68.712
Costes por accidentes	535.663	59.274	9.599	95.619	79.422	604.535	175.041
Costes por ruido	38.332	2.857	5.479	21.091	77.411	46.669	98.502
Costes por contaminación del aire	201.742	1.027	30.741	74.810	196.064	233.509	270.874
Costes de naturaleza y paisaje	28.831	96	1.654	8.582	25.385	30.581	33.967
Costes en áreas urbanas	34.789	168	1.232	9.425	19.661	36.189	29.085
<b>Costes por efectos indirectos</b>							
Corto plazo	12.840	61	535	3.363	6.583	13.436	9.945
Largo plazo	34.239	162	1.428	8.967	17.555	35.829	26.521
Costes de congestión	179.387	384	3.476	31.939	49.107	183.247	81.046
<b>Total (Corto plazo)</b>	<b>1.062.581</b>	<b>63.952</b>	<b>54.699</b>	<b>252.768</b>	<b>471.459</b>	<b>1.181.232</b>	<b>724.227</b>
<b>Total (Largo plazo)</b>	<b>1.135.644</b>	<b>64.194</b>	<b>58.898</b>	<b>271.606</b>	<b>512.142</b>	<b>1.258.735</b>	<b>783.747</b>

Tabla 38 Costes externos totales del transporte por carretera 2004.

*Transporte por ferrocarril:*

en 1.000 Euros	Ferrocarril	
	Viajeros	Mercancías
<b>Costes por cambio climático</b>		
Corto plazo - (Kyoto) con mecanismos flexibles	4	51
Corto plazo - (Kyoto) sin mecanismos flexibles	9	101
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	11	135
Costes por accidentes	130	5
Costes por ruido	3.630	212
Costes por contaminación del aire	8.339	4.735
Costes de naturaleza y paisaje	246	42
Costes en áreas urbanas	23.805	1.593
<b>Costes por efectos indirectos</b>		
Corto plazo	2.782	873
Largo plazo	7.417	2.329
Costes de congestión	0	0
<b>Total (Corto plazo)</b>	<b>38.936</b>	<b>7.511</b>
<b>Total (Largo plazo)</b>	<b>43.579</b>	<b>9.051</b>

Tabla 39 Costes externos totales del transporte por ferrocarril 2004.

**Costes Medios**

Los siguientes gráficos y tablas muestran el promedio de los costes externos del transporte, por ejemplo, los costes por persona-Km., las toneladas-Km. y los vehículos Km.

Para el transporte de viajeros, los promedios de costes por carretera son un 1,9 por encima de los ferroviarios. Por otra parte, los resultados de los costes en áreas urbanas tienen que ser revisados, debido a que hay ciertas anomalías en los cálculos y por lo tanto estos costes son demasiado altos (sobre todo para el transporte ferroviario).

Para los costes de salud, los promedios de los costes son más convincentes: el coste medio para el transporte rodado es aproximadamente el doble del transporte en ferrocarril. Los costes del transporte en ferrocarril son más altos que los de los estudios de la UIC (y los de Mugikost'05<sup>11</sup>) debido a que en el País Vasco el promedio del factor de peso de las vías de

11 La comparación con los resultados de Mugikost'05 es en general por: 1. Los resultados de Mugikost'05 se han calculado mayoritariamente en base a los ratios medios de costes del estudio INFRAS/IWW (2004). En ese estudio no se presentan datos de entrada detallados. 2. El presente estudio utiliza información de partida detallada del País Vasco que proporciona cálculos afinados. 3. Se han realizado algunas adaptaciones metodológicas, basadas en estudios nacionales e internacionales de costes externos. 4. En algunas de las categorías se han aplicado nuevos ratios de costes, en el caso de los costes externos del cambio climático los costes resultan más reducidos. 5. Mientras que los resultados de INFRAS/IWW (2004) se basan en el año 2000, el presente estudio tiene el año 2004 como año base.

ferrocarril es menor y la cuota de los trenes que emplean diesel es mayor. Esta categoría de costes estará sujeta a una posterior validación.

Los costes debidos al cambio climático son significativamente mayores en el transporte por carretera que en el ferrocarril, ya que los ferrocarriles son impulsados por electricidad<sup>12</sup> mientras que en el transporte por carretera los vehículos se mueven gracias a la gasolina y el diesel, que son los responsables de las emisiones de CO<sub>2</sub> más significativas. Las desviaciones respecto al estudio de Mugikost'05 en esta categoría de coste son debidas principalmente a que los ratios de coste de prevención son más bajos y los datos de las emisiones de gases efecto invernadero en el País Vasco más detallados.

En los efectos indirectos los costes son mayores en el transporte por ferrocarril ya que la producción de electricidad consume una gran cantidad de combustibles fósiles, responsables de la emisión de gran parte de los gases de efecto invernadero.

Las emisiones medias de ruido son aproximadamente las mismas en el transporte de pasajeros en ferrocarril que en carretera, mientras que los costes del transporte de mercancías por este concepto son significativamente mayores en el transporte por carretera.

---

12 Las emisiones de gases de efecto invernadero debido a la producción de electricidad están cubiertas por la categoría de efectos indirectos.

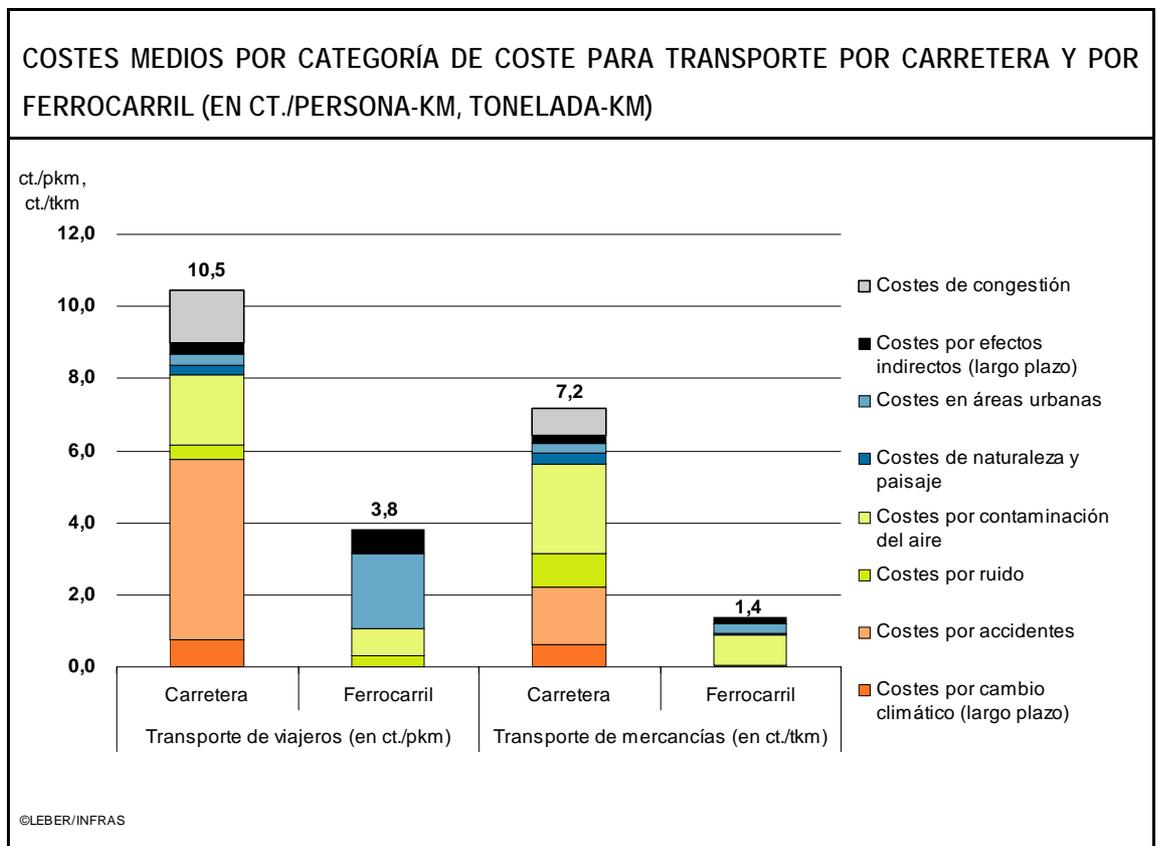


Figura 58

*Transporte de viajeros: costes por persona-Km:*

ct./pkm, tkm	Transporte de viajeros - ct./pkm				Ferrocarril	Total
	Carretera					
	Turismos	Motocicletas	Autobuses	Viajeros		
	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm
<b>Costes por cambio climático</b>						
Corto plazo - (Kyoto) con mecanismos flexibles	0,31	0,17	0,11	0,28	0,00	0,25
Corto plazo - (Kyoto) sin mecanismos flexibles	0,62	0,35	0,21	0,55	0,00	0,50
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	0,82	0,46	0,28	0,74	0,00	0,67
Costes por accidentes	5,31	122,21	0,52	5,04	0,01	4,60
Costes por ruido	0,38	5,89	0,29	0,39	0,32	0,38
Costes por contaminación del aire	2,00	2,12	1,65	1,95	0,73	1,84
Costes de naturaleza y paisaje	0,29	0,20	0,09	0,26	0,02	0,23
Costes en áreas urbanas	0,35	0,35	0,07	0,30	2,08	0,46
<b>Costes por efectos indirectos</b>						
Corto plazo	0,13	0,13	0,03	0,11	0,24	0,12
Largo plazo	0,34	0,33	0,08	0,30	0,65	0,33
Costes de congestión	1,77	0,78	0,19	1,5	0	1,4
<b>Total (Corto plazo)</b>	<b>10,53</b>	<b>131,85</b>	<b>2,94</b>	<b>9,82</b>	<b>3,40</b>	<b>9,29</b>
<b>Total (Largo plazo)</b>	<b>11,26</b>	<b>132,35</b>	<b>3,17</b>	<b>10,47</b>	<b>3,80</b>	<b>9,92</b>

Tabla 40 Costes externos medios de transporte de pasajeros 2004.

*Transporte de mercancías: costes por tonelada-Km:*

ct./pkm, tkm	Transporte de mercancías - ct./tkm			Ferrocarril Mercancías	Total Mercancías
	Carretera				
	Furgonetas	Camiones	Mercancías		
	ct./tkm	ct./tkm	ct./tkm	ct./tkm	ct./tkm
<b>Costes por cambio climático</b>					
Corto plazo - (Kyoto) con mecanismos flexibles	1,99	0,17	0,24	0,01	0,22
Corto plazo - (Kyoto) sin mecanismos flexibles	3,98	0,34	0,47	0,02	0,45
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	5,31	0,45	0,63	0,02	0,60
<b>Costes por accidentes</b>	<b>23,96</b>	<b>0,76</b>	<b>1,60</b>	<b>0,00</b>	<b>1,53</b>
Costes por ruido	5,29	0,74	0,90	0,04	0,86
Costes por contaminación del aire	18,75	1,87	2,48	0,84	2,40
Costes de naturaleza y paisaje	2,15	0,24	0,31	0,01	0,30
Costes en áreas urbanas	2,36	0,19	0,27	0,28	0,27
<b>Costes por efectos indirectos</b>					
Corto plazo	0,84	0,06	0,09	0,08	0,09
Largo plazo	2,25	0,17	0,24	0,20	0,25
Costes de congestión	8	0,46	0,74	0	0,64
<b>Total (Corto plazo)</b>	<b>63,35</b>	<b>4,48</b>	<b>6,64</b>	<b>1,25</b>	<b>6,31</b>
<b>Total (Largo plazo)</b>	<b>68,07</b>	<b>4,87</b>	<b>7,18</b>	<b>1,39</b>	<b>6,84</b>

Tabla 41 Costes externos medios de transporte de mercancías 2004.

*Transporte por carretera y ferrocarril costes por vehículo-Km y tren-Km:*

ct./vkm	Carretera					Ferrocarril	
	Turismos	Motocicletas	Autobuses	Furgonetas	Camiones	Viajeros	Mercancías
	ct./vkm	ct./vkm	ct./vkm	ct./vkm	ct./vkm	ct./tren-km	ct./tren-km
<b>Costes por cambio climático</b>							
Corto plazo - (Kyoto) con mecanismos flexibles	0,41	0,17	2,13	0,60	1,36	0,03	2,74
Corto plazo - (Kyoto) sin mecanismos flexibles	0,83	0,35	4,27	1,19	2,71	0,06	5,47
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	1,11	0,46	5,69	1,59	3,62	0,08	7,29
<b>Costes por accidentes</b>	<b>7,17</b>	<b>122,21</b>	<b>10,32</b>	<b>7,19</b>	<b>6,04</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Costes por ruido	0,51	5,89	5,89	1,59	5,89	26,2	11,4
Costes por contaminación del aire	2,70	2,12	33,05	5,62	14,92	60,2	255,5
Costes de naturaleza y paisaje	0,39	0,20	1,78	0,65	1,93	1,8	2,3
Costes en áreas urbanas	0,47	0,35	1,32	0,71	1,50	172,0	86,0
<b>Costes por efectos indirectos</b>							
Corto plazo	0,17	0,13	0,58	0,25	0,50	20,1	47,1
Largo plazo	0,46	0,33	1,53	0,67	1,34	53,6	125,7
Costes de congestión	2,4	0,78	3,73	2,4	3,73	0,0	0,0
<b>Total (Corto plazo)</b>	<b>14,22</b>	<b>131,85</b>	<b>58,81</b>	<b>19,00</b>	<b>35,87</b>	<b>280,3</b>	<b>405,1</b>
<b>Total (Largo plazo)</b>	<b>15,20</b>	<b>132,35</b>	<b>63,32</b>	<b>20,42</b>	<b>38,97</b>	<b>313,9</b>	<b>488,3</b>

Tabla 42 Costes externos medios para el transporte por vehículo-km y tren-km 2004.

### 3.10. DIFERENCIAS CON MUGIKOST'05

El siguiente capítulo explica las diferencias más importantes con el estudio MUGIKOST con respecto a los datos de partida, diferenciación de datos y factores de coste. Ha de tenerse en cuenta que el estudio MUGIKOST está basado principalmente en la actualización del INFRAS/IWW (2004) de costes externos del transporte en toda Europa. Se han utilizado los costes medios de este estudio para España para el cálculo de los costes en el País Vasco.

El objetivo principal del estudio INFRAS/IWW 2004 era la actualización de los costes externos del transporte en Europa y presentar unos datos válidos bajo una óptica europea. Por esto los resultados nacionales han de ser tratados con cierta precaución en lo que se refiere a los intervalos de confianza. El estudio también mostraba en un apartado (no publicado) con costes medios diferenciados por categorías para cada uno de los países implicados. Sin embargo se menciona que estos costes medios no son demasiado fiables y no se pueden utilizar para estimar los costes en subáreas más pequeñas de los respectivos países.

Por su parte el presente estudio se basa en la obtención de datos muy desagregados, gracias a un GIS y un modelo de transporte globales que permite un mayor ajuste de los cálculos, dependiendo menos de estimaciones y extrapolaciones de otros lugares. Además, al contrario que MUGIKOST'05, no se consideran los modos marítimo y aéreo, tal y como se ha explicado en el inicio del informe.

La razón más importantes de las diferencias entre los resultados de MUGIKOST y este estudio pueden explicarse por los siguientes motivos.

- Año base: los resultados de MUGIKOST están basados en los costes medios de España en el año 2000, los resultados de este estudio corresponden a la situación de 2004 en el País Vasco.
- Principales datos de partida.
  - o Datos de kilometraje/desempeño del transporte/factores de carga
  - o Población y datos económicos globales (PIB/renta per cápita etc)
  - o Diferencias en las consideraciones ambientales de los distintos modos de transporte (factores de emisión de carretera y ferrocarril)
- Metodología
  - o Para este estudio se han podido utilizar una metodología más específica y desagregada gracias a la gran disponibilidad de datos existente en el País Vasco.

- Además, mediante recientes estudios elaborados en Suiza se ha obtenido un mayor desarrollo en la metodología de cálculo de costes que se ha podido aplicar a este estudio.
- Factores de coste
  - La mayoría de las actualizaciones de los factores de coste se han realizado con procedimientos específicos de adaptación de valores que representan de un modo más preciso la situación específica del País Vasco.

La siguiente tabla ofrece una visión de las diferencias entre MUGIKOST y este estudio para cada categoría de coste.

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE MUGIKOST'05 Y ESTE ESTUDIO				
Categoría / tipo de dato	Coste total MUGIKOST'05 (mill. €)	Cote total presente estudio(mill. €)	Desviación	Explicación
Costes por cambio climático	628	59-157	-75%	Las diferencias se pueden explicar por la diferencia en el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero empleada en MUGIKOST: la emisión de GEIs del transporte por carretera y ferrocarril son alrededor de un 40% más bajas según nuestro modelo específico de emisiones que en los valores utilizados por MUGIKOST. Los costes de prevención de emisiones de CO <sub>2</sub> empleados en nuestro estudio tienen un alcance diferente en el tiempo así como distintos objetivos de reducción. MUGIKOST emplea un valor muy alto de 140 €/TmCO <sub>2</sub> recogido en el estudio INFRAS/IWW 2004 que se corresponde con una reducción del 50% de CO <sub>2</sub> en 2030 en el sector del transporte. Nuestro estudio emplea dos factores de coste de prevención de emisiones de CO <sub>2</sub> a corto plazo para alcanzar los objetivos de Kyoto en 2008-2012: 22,5 €/Tm CO <sub>2</sub> utilizando los mecanismos flexibles que permite el protocolo de Kyoto y 45 €/Tm CO <sub>2</sub> considerando la aplicación de medidas específicas en el sector del transporte para reducir sus emisiones (tasas por emisión). Además utilizamos otro factor de coste de prevención a largo plazo de 45 €/Tm CO <sub>2</sub> para una reducción global del 34% en 2100.
Costes de accidentes	882	781	-11%	Basándonos en los datos detallados del País Vasco, se ha podido aplicar una nueva metodología (a partir de nuevos estudios hechos en Suiza). La gravedad de los accidentes se redujo entre 2000 y 2004: muertos (-3%), heridos graves (-30%).

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE MUGIKOST'05 Y ESTE ESTUDIO				
Categoría / tipo de dato	Coste total MUGIKOST'05 (mill. €)	Cote total presente estudio(mill. €)	Desviación	Explicación
Costes por ruido	205	149	-27%	MUGIKOST utiliza valores medios de exposición a nivel de toda España, nuestro estudio emplea modelos de exposición al ruido específicos para el País Vasco para estimar la exposición de la población al ruido. Gracias a la gran disponibilidad de datos en el País Vasco, se ha podido aplicar una metodología diferente considerando más específicamente los efectos del ruido sobre la salud.
Costes por contaminación del aire	800	518	-35%	La mejora en la tecnología de los motores con una constante reducción de los elementos contaminantes del aire (incluido PM10, responsable de graves daños a la salud). La contaminación del aire en MUGIKOST en valores medios de coste en España, por tanto las desviaciones son difíciles de explicar. Este estudio utiliza distintos valores de exposición basándose en los datos de la red de estaciones de medición de contaminación del País Vasco. Los valores ponderados de exposición de la población se establecieron a partir de una reciente actualización de un estudio de Suiza. Debido a la falta de datos, no se han cuantificado en este estudio detallado los daños a la edificación (los daños en edificios mediante la actualización del estudio INFRAS/IWW 2004 suponen una estimación muy grosera de estos costes). Un nuevo estudio hecho para Suiza sugiere excluir los costes por daños a los bosques de la estimación de costes externos ya que las funciones dosis respuesta son muy complejas y no están muy validadas.
Costes para la naturaleza y el paisaje	260	65	-75%	Los datos de partida de MUGIKOST no se encuentran completamente disponibles. Nuestro estudio emplea datos específicos del País Vasco de infraestructuras de transporte (datos específicos del desarrollo de las infraestructuras del transporte entre 1950 y 2004 para carretera y ferrocarril). Además se ha empleado una nueva metodología en contaminación de suelos basada en un nuevo estudio desarrollado en Suiza.
Costes en áreas urbanas	90	91	+1%	Los resultados de nuestro estudio son casi idénticos a los de MUGIKOST aunque se haya aplicado un modelo de cálculo diferente.
Efectos indirectos	255	28-74	-89%	Nuestro estudio emplea datos específicos y detallados del país Vasco mientras que MUGIKOST emplea valores medios para España. El hecho de que en nuestro estudio sólo se han estimado los costes de cambio climático por este concepto, y los factores de coste más bajos utilizados (ver arriba) explica las desviaciones entre los dos estudios.

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE MUGIKOST'05 Y ESTE ESTUDIO				
Categoría / tipo de dato	Coste total MUGIKOST'05 (mill. €)	Cote total presente estudio(mill. €)	Desviación	Explicación
Congestión	298	264	-11%	Diferentes modelos de estimación. Este estudio emplea un modelo específico de transportes que es bastante más preciso que MUGIKOST, que emplea valores medios de España para estimar los costes de congestión basándose en el estudio de INFRAS/IWW 2004. en este estudio INFRAS/IWW se empleo un modelo de transportes europeo para calcular los costes de congestión.

CONCEPTO	Datos de partida	Funciones dosis - respuesta	Costes Unitarios	Diferencia Global
Accidentes				-11%
Ruido				-27%
Contaminación del aire				-35%
Naturaleza y Paisaje				-75%
Costes Urbanos				0%
Cambio climático /Efectos indirectos				-75% (Largo plazo)
Congestión				-11%

GRANDES diferencias

Diferencias MEDIAS

Diferencias PEQUEÑAS

Figura 59 Resumen de diferencias entre este estudio y Mugikost'05.

### 3.10.1. CONCLUSIONES

La mayoría de las desviaciones existentes entre los dos tienen una explicación, sin embargo todavía existen algunas incertidumbres acerca de estas diferencias porque en el estudio de MUGIKOST no se indican algunos datos específicos ni cómo se han transferido los resultados de INFRAS/IWW 2004 al País Vasco. Nuestro estudio emplea datos actualizados del País Vasco, los procesa con modelos específicos de transporte para el área que nos incumbe y representa la situación de la CAPV más ajustada que el estudio de MUGIKOST en el que se emplearon aproximaciones de promedios de valores para la estimación de los costes externos del transporte.

## 4. PREVISIÓN 2020

### 4.1. METODOLOGÍA

Nos hemos basado en el planteamiento de tres escenarios posibles para el año 2020 siguiendo tres criterios distintos. Estos criterios son: tendencias actuales con el consiguiente envejecimiento de la población, agudización de tendencias con aumento de la inmigración que compense la pérdida por envejecimiento, y mejora ambiental mediante una política intervencionista en los campos del transporte y ordenación del territorio.

El cuadro siguiente desarrolla los puntos clave de estos tres escenarios.

ESCENARIOS DE FUTURO A 2020			
Elementos	A: Tendencias Actuales	B: Agudización de tendencias	C: mejora medioambiental
Población	Escenario tendencial de Eustat nº 1 sobre envejecimiento e inmigración.	Aumento de la inmigración que compensa el envejecimiento, escenario tendencial nº 2 de Eustat.	Aumento de la inmigración que compensa el envejecimiento, escenarios tendencial nº 2 de Eustat.
Desarrollo económico	Tendencias actuales.	Aumento marcado del desarrollo económico.	Aumento marcado del desarrollo económico.
Dispersión, usos de suelo	Ligera tendencia hacia la aglomeración urbana.	Ligera tendencia hacia la aglomeración urbana.	Aumento significativo de la aglomeración urbana.
Motorización	Tendencias actuales	Aumento importante	Ralentización.
Nuevas tecnologías	Ciertas mejoras de acuerdo al programa TRENDS.	Ciertas mejoras de acuerdo al programa TRENDS.	Mejoras significativas de la eficiencia de la flota tanto por carretera como por ferrocarril.
Política de transporte	Aumento ligero del protagonismo del automóvil particular y del transporte de camiones. Mejora moderada de infraestructuras viarias.	Aumento moderado del protagonismo del automóvil particular y del transporte de camiones. Mejora moderada de infraestructuras viarias.	Aumento del protagonismo del transporte público y de los modos no motorizados, así como del transporte de mercancías por ferrocarril. Implantación de peajes.

¿Cómo reflejamos los puntos característicos de cada escenario? A continuación mostramos la metodología seguida para establecer los elementos de entrada en la modelización de los tres escenarios y en el cálculo de los costes externos de cada uno. Se refieren a:

- Aspectos socioeconómicos: población, tamaño familiar, empleo, población estudiantil, PIB.
- Motorización y parque de vehículos, accidentalidad.
- Movilidad interna y externa de los municipios (dispersión de la población).
- Infraestructuras de transporte.
- Desarrollos tecnológicos en el ámbito del medio ambiente.

#### 4.1.1. EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN

Como base de las previsiones de población hemos utilizado las realizadas por el organismo Eustat para los años 2025 y 2050, éstas se reflejan en siete escenarios diferentes dependiendo de los valores de los factores manejados. A continuación se muestran cuáles son y qué valores se dan a estos factores.

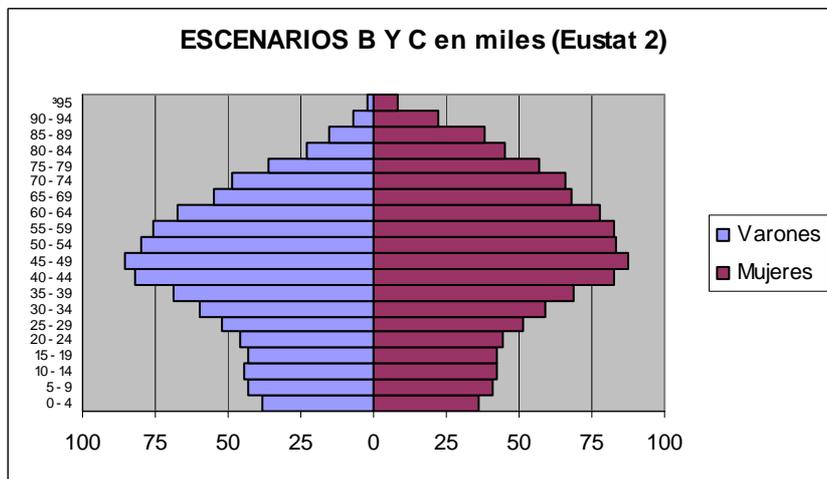
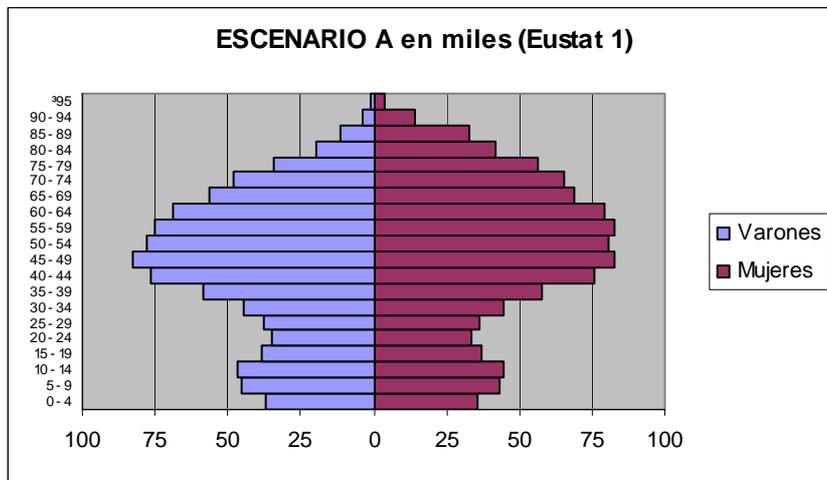
FACTOR	ESCENARIO							Actual
	1	2	3	4	5	6	7	
Esperanza de vida								
Hombres	<b>77.2</b>	<b>77.2</b>	89.6	89.6	95.5	77.2	95.5	<b>76.4</b>
Mujeres	<b>86.0</b>	<b>86.0</b>	92.8	92.8	99.9	86.0	99.9	<b>83.7</b>
Fecundidad (I.S.F.)	<b>1.25</b>	<b>1.07</b>	1.07	2.00	2.20	0.53	0.53	<b>1.03</b>
Migraciones	<b>Cerrada desde 2010</b>	<b>Abierta</b>	Abierta	Abierta	Abierta	Cerrada desde 2010	Cerrada desde 2010	<b>Abierta</b>

En nuestros escenarios hemos supuesto una variación diferente de la inmigración, sin embargo, ante el desconocimiento de la evolución del resto de factores, hemos optado por la opción más conservadora que es la de suponerlos próximos a la realidad actual. De este modo hemos elegido el **escenario 1 de Eustat** como reflejo de nuestro **escenario A** de inmigración insuficiente, y el **escenario 2 de Eustat** para reflejar nuestros **escenarios B y C** con una mayor tasa de inmigración. Como se observa tanto la esperanza de vida como la fecundidad, son similares a las de la situación actual.

Dado que Eustat ofrece los resultados de estos escenarios para los años 2025 y 2050, se ha realizado la extrapolación del año 2025 al año 2020. Para ello nos hemos basado en la comparativa entre los datos de los intervalos de edades de las previsiones de Eustat para 2010 y 2015. Mediante su observación se han deducido unas relaciones que se han utilizado para extrapolar los datos de las previsiones de 2025 a 2020. No ofrecemos aquí el desarrollo completo del proceso por ser muy engorroso, sí ofrecemos en cambio los resultados finales de población y los gráficos de edades para los distintos escenarios.

**Población por grupo de edad cumplida, escenario y sexo (miles). 2020**

	Escenario 1 Eustat > A			Escenario 2 Eustat > B y C		
	Total	Varones	Mujeres	Total	Varones	Mujeres
<b>Total</b>	<b>1.918.0</b>	<b>900.0</b>	<b>1.018.1</b>	<b>2.074.3</b>	<b>970.8</b>	<b>1.103.6</b>
0 - 4	72.4	37.1	35.4	74.2	38.1	36.1
5 - 9	88.7	45.4	43.3	83.6	42.8	40.7
10 - 14	90.9	46.5	44.4	86.8	44.3	42.5
15 - 19	75.5	38.6	36.9	85.3	43.2	42.0
20 - 24	69.1	35.2	33.9	90.1	45.5	44.6
25 - 29	74.2	37.6	36.6	103.1	52.0	51.1
30 - 34	89.3	44.7	44.6	118.5	59.4	59.1
35 - 39	116.6	58.6	57.9	137.5	68.8	68.8
40 - 44	152.6	76.7	75.8	164.4	81.8	82.6
45 - 49	165.1	82.4	82.7	172.9	85.5	87.4
50 - 54	158.0	77.7	80.3	163.3	80.1	83.2
55 - 59	158.1	75.2	82.9	158.1	75.4	82.7
60 - 64	148.3	68.9	79.5	145.2	67.3	77.9
65 - 69	125.3	56.2	69.1	123.5	55.2	68.3
70 - 74	114.0	48.4	65.7	114.1	48.4	65.7
75 - 79	90.5	34.4	56.1	93.1	35.9	57.2
80 - 84	62.0	20.0	42.0	68.4	23.0	45.4
85 - 89	44.2	11.7	32.6	53.3	15.2	38.1
90 - 94	18.1	3.7	14.4	28.8	6.8	22.0
≥95	4.9	0.8	4.1	10.1	2.0	8.2



#### 4.1.2. EVOLUCIÓN DEL TAMAÑO FAMILIAR

El tamaño de las familias se ha considerado igual para los tres escenarios manejados. La proyección se ha hecho mediante la observación de la evolución del tamaño familiar en la CAPV y en países del entorno, concretamente Francia y Bélgica. Se ha utilizado un procedimiento gráfico mediante la representación de los datos cronológicos de cada área observada y la previsión de sus tendencias.

Los datos de partida, en cuanto a personas por familia, son los siguientes.

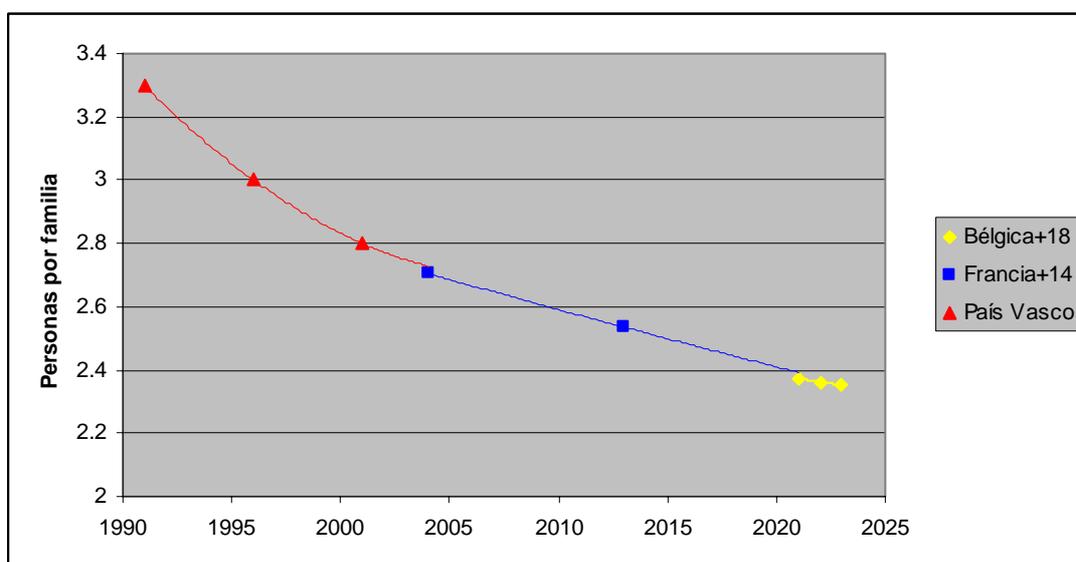
##### Tamaño de las familias

País Vasco	
1991	3.30
1996	3.00
2001	2.80

Francia	
1990	2.71
1999	2.54

Bélgica	
2003	2.37
2004	2.36
2005	2.35

A la vista de la representación de estos datos y sus curvas de tendencia, se adivina un adelanto de 14 años de los datos de Francia con respecto a los del País Vasco, sobre estos últimos Bélgica parece estar adelantada 18 años. A continuación vemos como queda la previsión.



Como resultado tomamos un tamaño de las familias en el País Vasco en el año 2020 de 2,4 personas para los tres escenarios manejados.

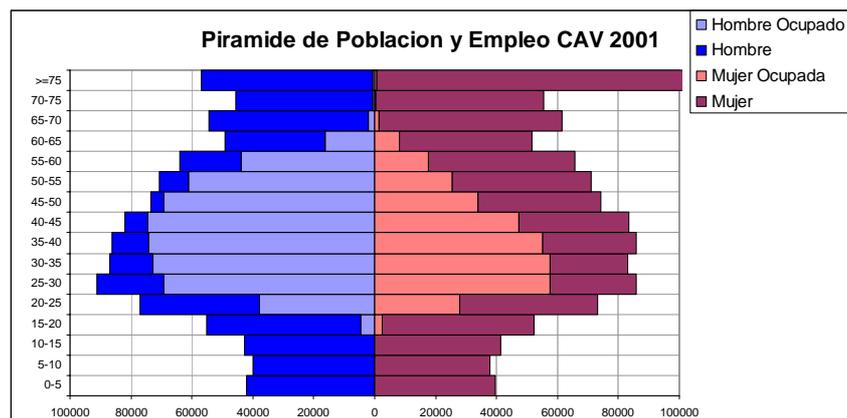
*Fuentes: Eustat; Institut National de la Statistique et des Études Économiques (Francia), [http://www.insee.fr/fr/home/home\\_page.asp](http://www.insee.fr/fr/home/home_page.asp).*

*SPF Économie - Direction générale Statistique et Information économique (Bélgica), [http://www.statbel.fgov.be/home\\_fr.asp](http://www.statbel.fgov.be/home_fr.asp).*

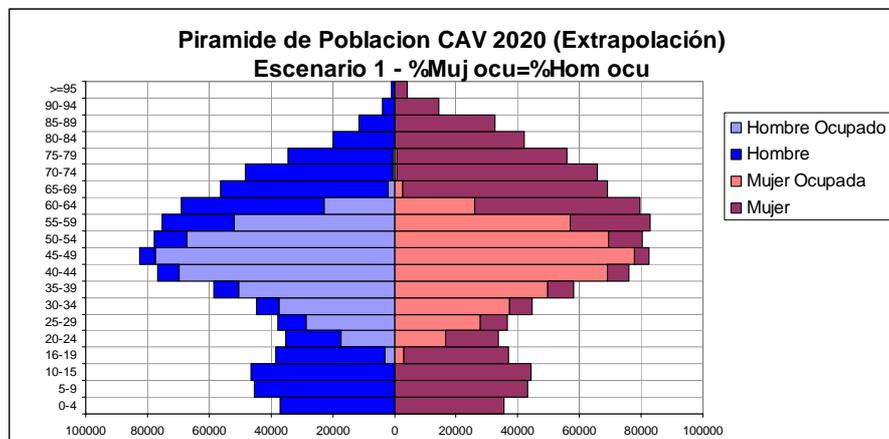
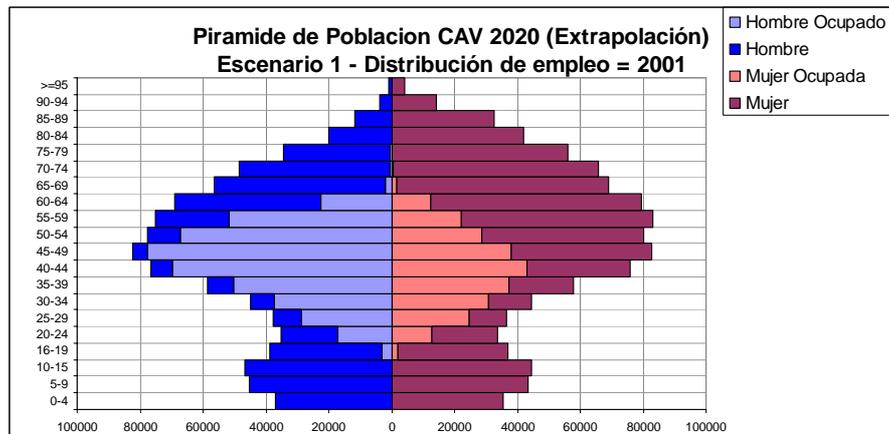
### 4.1.3. EVOLUCIÓN DEL EMPLEO

Se han planteado dos posibilidades de futuro relacionadas con la inmigración por ser este un factor favorecedor del empleo. Al haber establecido dos niveles diferentes de inmigración también tendremos dos situaciones distintas de ocupación laboral.

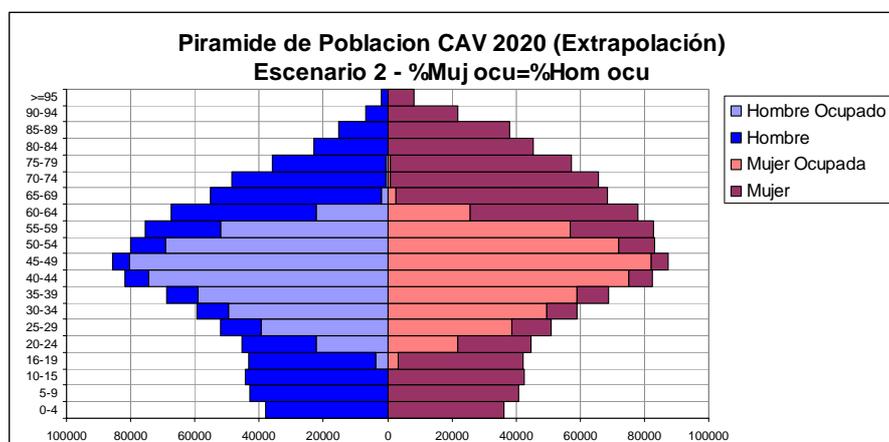
Se parte la observación de la pirámide de edades actual en la que se han incluido los niveles de ocupación por franjas y sexo; para la previsión a 2020 se plantean dos posibilidades: la de más inmigración (escenarios B y C) en la que el empleo femenino llega a alcanzar al masculino en cada franja de edad, y la de menos inmigración (escenario A) que resulta de la media entre la situación actual y la que se ha obtenido para más inmigración, es decir, un crecimiento más lento de la ocupación femenina.



Las proporciones de personas ocupadas por rango de edad y sexo que figuran en este gráfico de 2001 son la base para la previsión de empleo en 2020.



Estos dos gráficos reflejan la situación para el escenario de población 1 de Eustat en los supuestos que la proporción de mujeres ocupadas sea igual que la actual y de que esta proporción sea igual a la actual de los hombres. Como hemos comentado antes el resultado sería la media de estos dos para nuestro escenario A.



Este gráfico muestra la situación en 2020 para nuestros escenarios B y C.

Los resultados numéricos completos serían los siguientes.

En miles de personas

	Escenario A de 2020 (Escenario 1 de Eustat)								
	Hombres	Mujeres	Total	H. ocup.	M. ocup.	Total ocup.	Pob. 15-64	% /total	%/15-64
Supuesto 1	900	1018	1918	429	254	683	1207	36%	57%
Supuesto 2	900	1018	1918	429	438	867	1207	45%	72%
Media						<b>775</b>		<b>41%</b>	<b>65%</b>

	Escenarios B y C de 2020 (Escenario 2 de Eustat)								
	Hombres	Mujeres	Total	H. ocup.	M. ocup.	Total ocup.	Pob. 15-64	% /total	%/15-64
Supuesto 2	971	1104	2074	475	489	<b>964</b>	1338	<b>47%</b>	<b>72%</b>

Supuesto 1: mujeres ocupadas en la misma proporción que en la actualidad

Supuesto 2: mujeres ocupadas en la misma proporción que los hombres en la actualidad

Hemos de mencionar que es posible que la población femenina no alcance los niveles actuales de ocupación de los hombres, sin embargo también es previsible un aumento del grado de ocupación de los hombres, con lo que ambos efectos podrían verse compensados.

A continuación se comparan estos resultados con los de otros países europeos.

2004	Ocupados/Población 15-64
Bélgica	60.3%
Francia	63.1%
Noruega	75.1%
Portugal	67.8%
España	61.1%
Suecia	72.1%
País Vasco*	59.0%
* 2001	

Como se puede ver, el resultado de los escenarios 2 y 3 se asemeja a la situación actual de países nórdicos, mientras que el escenario 1 es más parecido a la situación actual de nuestro entorno más próximo.

*Fuentes: Eustat; Eurostat*

#### 4.1.4. EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN ESTUDIANTIL

La previsión de población estudiantil, distinguiendo entre universitarios y no universitarios, se realiza asumiendo las mismas proporciones que se dan actualmente entre personas en edad estudiantil y matriculados en algún centro educativo. Así se ha asumido que los estudiantes no universitarios son todos menores de 19 años y que los estudiantes universitarios van de los 19 hasta los 25 años. Se considera pequeño el margen de error ya que en realidad se está haciendo una estimación relativa, por ejemplo: la proporción de universitarios de más de 25 años será igual en la actualidad que en 2020.

Con todo esto las cuentas quedarían de la siguiente manera.

Estudiantes 2004 (en miles)	
No universitarios	Universitarios
309	139
Población 2004 (en miles)	
< 19 años	19 - 25
313	164
Relación estudiantes/población	
0.98	0.84

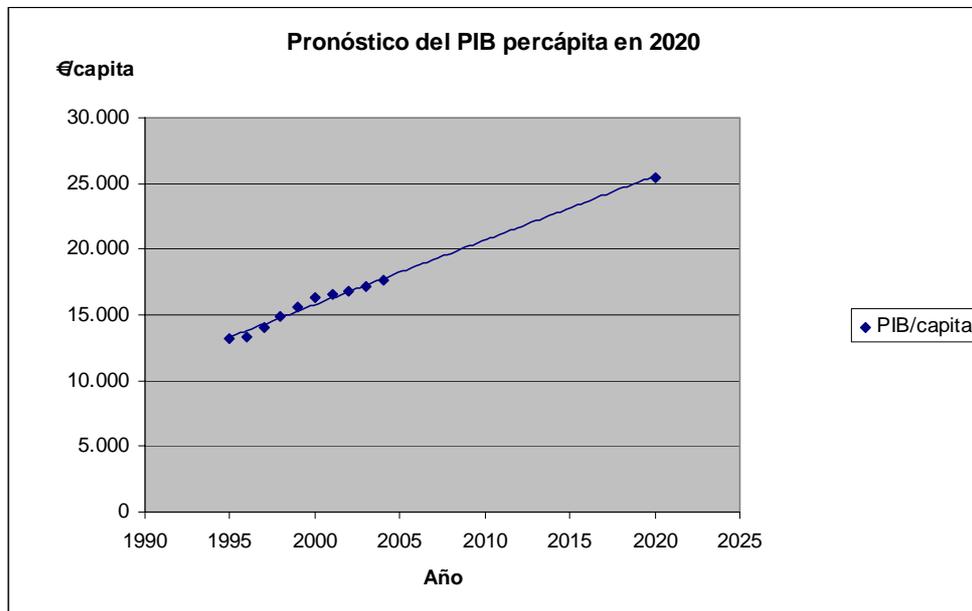
Población 2020 Esc. 1 (en miles)	
<19 años	19-25
297	99
Estudiantes 2020 Esc. 1 (en miles)	
No universitarios	Universitarios
<b>291</b>	<b>83</b>

Población 2020 Esc. 2 (en miles)	
<19 años	19-25
295	124
Estudiantes 2020 Esc. 1 (en miles)	
No universitarios	Universitarios
<b>289</b>	<b>104</b>

#### 4.1.5. EVOLUCIÓN DEL PIB

Este punto es el que presenta más incertidumbre. Se ha pretendido realizar mediante la observación del PIB y del PIB per cápita desde el año 1995 hasta 2004. Los datos del PIB per cápita se han representado gráficamente y se les ha aplicado una línea de tendencia cuyo resultado para 2020 se refleja a continuación. Se ha elegido el PIB per cápita por dos motivos: es más útil a la hora de dar un valor a las externalidades, y es más real ya que tiene en cuenta el factor de la población existente en cada escenario.

PAIS VASCO			
	PIB millones de €	Población	PIB/capita
<b>1995</b>	27.647	2.099.115	13.171 <b>Año base</b>
1996	27.999	2.092.949	13.378
1997	29.273	2.088.672	14.015
1998	30.951	2.083.255	14.857
1999	32.556	2.079.228	15.658
2000	33.959	2.079.210	16.333
2001	34.908	2.111.078	16.535
2002	35.486	2.116.240	16.769
2003	36.375	2.120.384	17.155
2004	37.458	2.128.801	17.596
2020			25.463 Estimación



El PIB per cápita para el año 2020 lo estimamos en 25.463 €.

*Fuentes: Instituto Nacional de Estadística; Eustat.*

#### 4.1.6. MOTORIZACIÓN Y PARQUE DE VEHÍCULOS

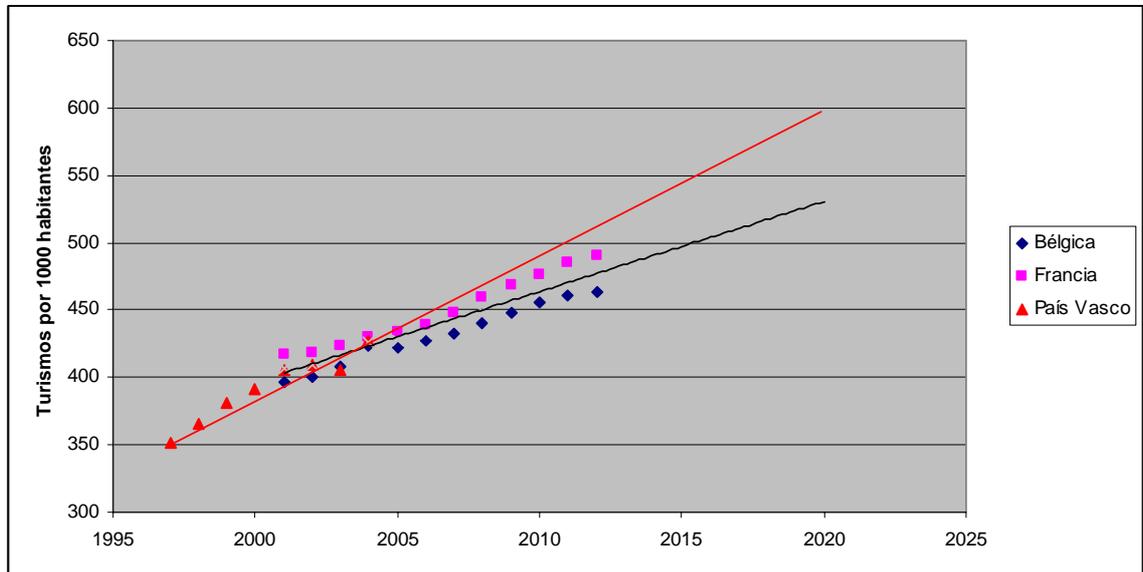
Para conocer el número de vehículos en el año horizonte se ha calculado el índice de motorización para los escenarios barajados. Se han establecido dos supuestos: crecimiento del índice de motorización igual que en los últimos años y crecimiento más ralentizado en sintonía con los países de nuestro entorno. La primera hipótesis se ha aplicado a los escenarios A y B, la segunda se aplicado al escenario C en la que tiene mayor importancia el transporte público y se estima un menor índice de motorización.

Como referencia de países de nuestro entorno hemos tomado a Francia y Bélgica, sus pirámides de edades tienen similitudes con las actuales y futuras del País Vasco.

Los datos manejados son los siguientes.

Turismos por 1000 habitantes				Media
	País Vasco	Bélgica	Francia	Bel-Fr
1991		397	417	407
1992		400	419	410
1993		408	423	416
1994		423	430	427
1995		422	434	428
1996		427	439	433
1997	352	432	448	440
1998	366	440	459	450
1999	381	448	469	459
2000	391	456	476	466
2001	405	461	485	473
2002	410	463	490	477
2003	406			
2004	427			

A la vista de los datos de la tabla se intuye una diferencia de 10 años entre los registros del País Vasco y los de Bélgica y Francia. Su representación gráfica, teniendo en cuenta esta diferencia de 10 años, se muestra a continuación.



La tendencia actual está representada por la línea roja hasta 2020, la tendencia de los valores medios de Bélgica y Francia se representa por medio de la línea negra. Los resultados de la extrapolación a se presentan en la siguiente tabla.

#### Turismos por 1000 habitantes en 2020

Esc. A y B	598
Esc. C	528

Para el cálculo del resto de vehículos observamos si se ha producido una variación en las proporciones de tipo de vehículos con respecto a los turismos que tomamos como referencia, tanto en el País Vasco como en otros países.

#### EVOLUCIÓN DEL REPARTO DE VEHÍCULOS EN LA CAPV

AÑO	CAMIONES Y FURGONETAS	AUTOBUSES	TURISMOS	MOTOCICLETAS	TRACTORES INDUSTRIALES
2000	18.29%	0.32%	100.00%	6.12%	0.95%
2001	18.30%	0.32%	100.00%	6.16%	0.98%
2002	18.40%	0.31%	100.00%	6.22%	0.98%
2003	18.78%	0.31%	100.00%	6.31%	0.98%
2004	19.13%	0.31%	100.00%	6.55%	0.99%

PAÍS	AÑO	TOTAL VEH. / TURISMOS
Bélgica	1991	1.09
	1996	1.11
	2000	1.11
Francia	1991	1.20
	1996	1.20
	2000	1.21

De la observación de los cuadros anteriores podemos suponer que no se existe una gran diferencia entre los repartos de los distintos tipos de vehículos, tanto para el País Vasco (2000-2004) como para los países del entorno (1991-2000). Por tanto, para los escenarios en que no consideremos que se va a cambiar en grado importante la política de transportes se mantendrán las proporciones actuales de tipos de vehículos (escenarios A y B). Otra cosa es el escenario en que sí se produce un cambio de filosofía a favor del transporte público (escenario C), en este caso tendremos como referencia un país como Suiza en el que entendemos que existe una política más agresiva a favor del transporte colectivo.

	Camiones y furgonetas	Autobuses	Turismos	Motocicletas	Tractores industriales
Suiza (1997)	7.95%	0.46%	100.00%	21.90%	11.40%

A la vista de estos datos tomaremos una proporción de autobuses de 0,46% con respecto al número de turismos.

Con todo lo expuesto, los resultados finales del parque de vehículos en el año 2020 para los tres escenarios quedarían como sigue.

	2.004	2020 A	2020 B	2020 C	
Población	2.128.800	1.900.000	2.050.000	2.050.000	
Ind Motorizacion	427	598	598	528	Turismos/1000 habt.
Turismos	908998	1136200	1225900	1082400	
Motocicletas	59546	74429	80305	70905	
Autobuses	2775	3468	3742	4934	
Furgonetas	79516	99391	107238	94685	
Camiones	105782	132222	142660	125961	

Fuentes: Dirección General de Tráfico; IRF World road statistics 1986 – 2001.

#### 4.1.7. ANTIGÜEDAD DEL PARQUE DE VEHÍCULOS

La implantación de nuevas tecnologías la reflejamos en la antigüedad del parque móvil. De este modo, y observando las características que hemos indicado en la descripción de los escenarios, para el A y el B realizaremos una extrapolación directa de la situación de hoy, manteniendo las actuales tendencias. Esto lleva implícita una renovación del parque y por tanto renovación tecnológica.

En el escenario C, con políticas ambientales más ambiciosas, se establecerá una flota más joven como consecuencia de planes tipo “renove”. Así la proporción de vehículos de más de 10 años que lo correspondería por la extrapolación de los datos actuales al tamaño del parque estimado, se vería reducida en un tercio que pasaría a repartirse de un modo ponderado entre los vehículos de menos de 10 años. Por otra parte la proporción del parque de turismos de gasóleo de menos de 10 años se vería reducida en un tercio que pasarían a engrosar el parque de turismos de gasolina.

A continuación queremos mostrar los resultados para cada uno de los escenarios, los datos de partida se pueden consultar, bien en el apartado anterior para conocer el tamaño del parque, bien en el anejo correspondiente a la antigüedad del parque actual.

<b>A</b>	CAMIONES Y FURGONETAS	AUTOBUSES	TURISMOS		MOTOCICLETAS	TRACTORES INDUSTRIALES
	GASÓLEO	GASÓLEO	GASOLINA	GASÓLEO	GASOLINA	GASÓLEO
<b>Total</b>	220.230	3.469	356.704	779.495	74.429	11.383
Ant. a 2000	20.087	436	34.644	75.707	18.636	519
2000	1.637	28	2.662	5.818	1.009	45
2001	2.401	35	3.311	7.235	1.193	59
2002	3.430	55	4.403	9.622	1.441	82
2003	5.171	85	6.696	14.631	1.981	144
2004	6.786	105	8.769	19.164	2.672	224
2005	8.398	144	10.884	23.785	3.717	286
2006	8.735	134	10.785	23.569	4.289	267
2007	8.546	141	11.128	24.317	4.459	234
2008	9.249	151	13.788	30.131	3.904	202
2009	6.689	105	11.204	24.483	1.985	115
2010	7.500	97	13.757	30.062	1.404	199
2011	8.006	143	12.723	27.804	1.330	407
2012	9.075	165	14.931	32.628	1.264	424
2013	11.126	187	17.721	38.725	1.784	610
2014	12.875	213	21.562	47.118	2.426	771
2015	15.243	231	25.687	56.133	3.011	1.005
2016	14.751	198	25.148	54.955	3.101	1.085
2017	14.184	208	25.832	56.451	2.889	1.122
2018	13.513	189	24.214	52.913	2.829	1.113
2019	15.357	198	26.369	57.624	3.460	1.204
2020	17.471	221	30.486	66.620	5.645	1.267

<b>B</b>	CAMIONES Y FURGONETAS	AUTOBUSES	TURISMOS		MOTOCICLETAS	TRACTORES INDUSTRIALES
	GASÓLEO	GASÓLEO	GASOLINA	GASÓLEO	GASOLINA	GASÓLEO
<b>Total</b>	237.616	3.742	384.866	841.033	80.304	12.282
Ant. a 2000	21.672	471	37.379	81.684	20.107	560
2000	1.766	30	2.873	6.277	1.088	48
2001	2.591	38	3.572	7.806	1.288	64
2002	3.701	59	4.751	10.382	1.554	88
2003	5.579	92	7.224	15.787	2.137	155
2004	7.322	113	9.462	20.676	2.883	242
2005	9.061	155	11.743	25.663	4.010	308
2006	9.425	144	11.637	25.430	4.628	289
2007	9.220	153	12.006	26.237	4.811	253
2008	9.979	163	14.877	32.509	4.212	217
2009	7.217	113	12.088	26.416	2.141	124
2010	8.092	105	14.843	32.435	1.515	215
2011	8.638	154	13.728	29.999	1.435	439
2012	9.792	178	16.110	35.204	1.363	458
2013	12.004	202	19.120	41.782	1.925	658
2014	13.892	230	23.264	50.838	2.617	831
2015	16.447	249	27.715	60.565	3.249	1.084
2016	15.915	213	27.133	59.294	3.346	1.171
2017	15.304	225	27.872	60.907	3.117	1.211
2018	14.579	203	26.125	57.090	3.053	1.201
2019	16.569	213	28.451	62.173	3.734	1.299
2020	18.850	239	32.893	71.879	6.091	1.367

<b>C</b>	CAMIONES Y FURGONETAS	AUTOBUSES	TURISMOS		MOTOCICLETAS	TRACTORES INDUSTRIALES
	GASÓLEO	GASÓLEO	GASOLINA	GASÓLEO	GASOLINA	GASÓLEO
<b>Total</b>	209.802	4.931	526.263	556.139	70.905	10.844
Ant. a 2000	12.757	413	22.003	48.081	11.836	330
2000	1.040	26	1.691	3.695	641	28
2001	1.525	33	2.103	4.595	758	38
2002	2.178	52	2.797	6.111	915	52
2003	3.284	81	4.252	9.293	1.258	91
2004	4.310	99	5.569	12.171	1.697	142
2005	5.334	137	6.913	15.106	2.361	182
2006	5.548	127	6.850	14.969	2.724	170
2007	5.427	134	7.067	15.444	2.831	149
2008	5.874	143	8.757	19.136	2.479	128
2009	4.248	99	7.115	15.549	1.261	73
2010	4.763	92	8.737	19.093	892	126
2011	9.339	255	25.054	21.117	1.978	422
2012	10.586	296	29.401	24.781	1.879	440
2013	12.979	335	34.895	29.412	2.654	632
2014	15.019	383	42.458	35.787	3.608	799
2015	17.782	413	50.581	42.633	4.479	1.042
2016	17.207	354	49.519	41.739	4.611	1.125
2017	16.546	373	50.867	42.875	4.296	1.163
2018	15.763	337	47.680	40.188	4.207	1.153
2019	17.914	354	51.925	43.766	5.147	1.248
2020	20.380	396	60.030	50.598	8.395	1.313

#### 4.1.8. ACCIDENTALIDAD

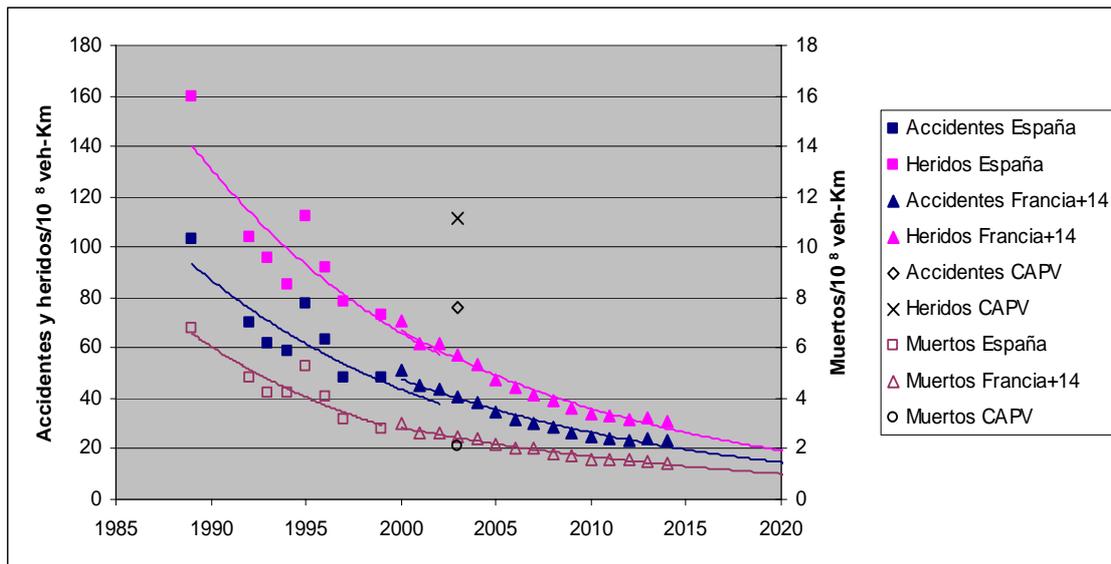
Para el cálculo de la accidentalidad se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los accidentes son un hecho probabilístico, por lo que el número total está en función de los vehículos – Km recorridos en la zona de estudio.
- La similitud entre los datos anuales disponibles en el País Vasco y los de toda España nos permite utilizar estos últimos como referencia, algo que resulta conveniente al disponer de más registros cronológicos.
- La curva evolutiva de los accidentes por veh-Km es similar, al menos en los países de nuestro entorno, esto nos permite utilizar los datos estadísticos de Francia para afinar en la previsión de accidentes por medio de la utilización de curvas de tendencia.

A continuación presentamos los datos manejados. Hemos de tener en cuenta que a la vista de los gráficos en el País Vasco parece haber un mayor índice de accidentes y heridos que en el total de España, siendo similar el número de muertos, esto es debido posiblemente a que al tratarse de una comunidad que representa el 5% de la población total de España, la dispersión de los valores es mayor. Aún así, viendo la similitud en los índices de mortalidad (el aspecto más grave) consideramos válida la hipótesis de asimilar la evolución a la del resto de España y a la de Francia, aunque en los resultados finales reflejarán esta posible dispersión.

Datos por 10 <sup>8</sup> veh.-Km	Año	Accidentes con víctimas	Heridos	Muertos
<b>Euskadi</b>	2003	76.3	111.5	2.1
<b>España</b>	1989	103.5	159.6	6.8
	1990			
	1991			
	1992	69.9	104.1	4.8
	1993	61.7	95.4	4.3
	1994	58.5	84.8	4.2
	1995	77.4	112.4	5.3
	1996	63.3	91.8	4.1
	1997	48.0	78.0	3.1
	1998			
	1999	48.0	73.0	2.8
<b>Francia + 14</b>	2000	51.0	71.0	3.0
	2001	45.0	62.0	2.6
	2002	44.0	62.0	2.6
	2003	41.0	57.0	2.5
	2004	38.5	53.5	2.4
	2005	34.5	47.5	2.2
	2006	31.8	44.2	2.0
	2007	29.9	41.1	2.0
	2008	28.8	39.1	1.8
	2009	26.6	36.3	1.7
	2010	25.0	34.0	1.6
	2011	24.4	33.0	1.6
	2012	23.5	31.8	1.6
	2013	23.8	32.1	1.5
	2014	23.2	31.0	1.4

Los resultados gráficos, teniendo en cuenta que los índices de accidentabilidad de Francia parecen estar adelantados 14 años con respecto a los de España, serían los siguientes.



Para extrapolar los datos al año 2020 se han utilizado curvas de tendencia. Los resultados finales vienen a ser los siguientes.

Previsión 2020 España - País Vasco  
Por 100 millones de veh-Km

Accidentes	Heridos	Muertos
15	20	1

Estos datos son válidos para los escenarios A y B, para el escenario C en el que suponemos una política más ambiciosa por parte de la administración en la reducción de las externalidades, aplicaremos una reducción del 15% para estos factores quedando entonces del siguiente modo.

Previsión 2020 España - País Vasco  
Por 100 millones de veh-Km

Escenario	Accidentes	Heridos	Muertos
A y B	15	20	1
C	12.75	17	0.85

Si observamos los datos de otros países europeos que se consideran más avanzados en el aspecto de la seguridad vial, comprobaremos la similitud de sus datos de hoy en día con los de la previsión para 2020 en la CAPV.

Datos por 100 Millones de veh.-Km

	Accidentes con víctimas	Heridos	Muertos	Año
Dinamarca	17	20	1	2001
Finlandia	15.2	19.7	0.94	1999
Francia	23.17	31	1.44	2000
Noruega	24.54	33.7	1	2000
Suecia	22.5	31.9	0.79	2001
Suiza	41.9	52.9	0.95	2001

A la vista de estos datos podemos indicar un alto grado de fiabilidad en la previsión de la accidentabilidad para los escenarios del año 2020.

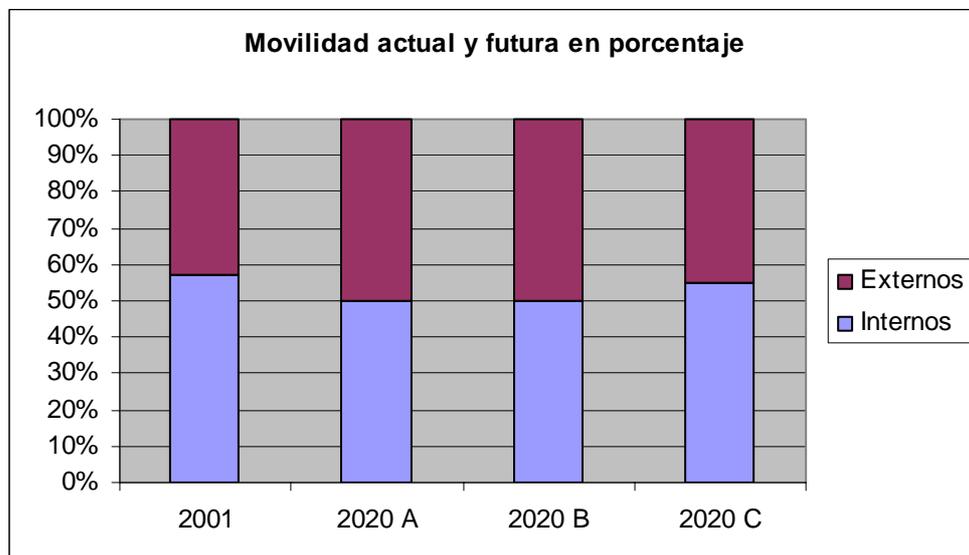
*Fuentes: IRF World road statistics 1986 – 2001; Anuario estadístico de accidentes de tráfico 2003 (Gobierno Vasco); Modelo de transportes.*

#### 4.1.9. MOVILIDAD INTERNA Y EXTERNA

Los aspectos relacionados con la dispersión de la población y usos del suelo de cada uno de los escenarios los hemos reflejado en la movilidad interna y externa. De este modo los escenarios A y B, en los que se define una continuidad en la tendencia de aumento de la dispersión de la población, se establece una movilidad laboral interna del 50%. Por el contrario en el escenario C donde se define una ralentización de este fenómeno, se establece una mayor movilidad interna laboral del 55%. La evolución de la movilidad interna la mostramos a continuación.

Relaciones por motivo laboral (EUSTAT)

	Totales	Internos	%internos	Externos	%externos
1986	619.284	397.782	64.2%	221.502	35.8%
1991	688.338	426.852	62.0%	261.486	38.0%
1996	667.487	382.620	57.3%	284.867	42.7%
2001	840.313	478.343	56.9%	361.970	43.1%
2020 A			50.0%		50.0%
2020 B			50.0%		50.0%
2020 C			55.0%		45.0%



#### 4.1.10. INFRAESTRUCTURAS

Para los tres escenarios hemos considerado la construcción de las siguientes infraestructuras.

#### INFRAESTRUCTURAS CONSIDERADAS (TRAMOS AL AIRE LIBRE)

	Ubicación	Longitud	Anchura
<b>FERROCARRIL</b>			
<b>Alta velocidad</b>			
	Vía doble	70 Km	18 m
	Vía única	5 Km	11 m
<b>Desdoblamientos Euskotren</b>			
	Amorebieta-Durango	12 Km	9 m
	Durango-zaldibar	9 Km	9 m
	Ermua-Eibar	4.5 Km	9 m
	Mendaro-Deba	6.5 Km	9 m
	Arrona-Zumaia	4.5 Km	9 m
	San Pelayo-Orio	2 Km	9 m
	San Sebastián	4 Km	9 m
	Irún	8 Km	9 m
<b>CARRETERA</b>			
	Eibar - Vitoria	33.1 Km	30 m
	Super sur	16.3 Km	35 m
	Segundo cinturón San Sebastián	10.7 Km	30 m
	Corredor del Ballonti	3.8 Km	30 m
	Corredor del Cadagua	7.8 Km	30 m

## 4.2. PREVISIÓN DE TRÁFICO

<b>CARRETERA</b>							
		Categoría de carretera	Turismos	Motocicletas	Autobuses	Furgonetas	Camiones
Unidad			millones vKm				
Año			2020	2020	2020	2020	2020
Escenario A, tendencias actuales	urbano		1.088	10	29	197	95
	interurbano		3.802	20	65	604	327
	Alta capacidad		3.919	26	44	799	1.583
Escenario B, agudización de tendencias	urbano		1.293	12	32	234	95
	interurbano		5.249	27	72	834	327
	Alta capacidad		5.377	36	48	1.096	1.583
Escenario C, mejora medioambiental	urbano		1.137	11	36	205	69
	interurbano		3.888	20	80	618	271
	Alta capacidad		3.486	23	54	711	1.341

<b>FERROCARRIL</b>			
		Transporte de viajeros	Transporte de mercancías
Unidad		miles tren-km	miles tren-km
Año		2020	2020
Escenario A, tendencias actuales		20.473	2.825
Escenario B, agudización de tendencias		22.711	2.825
Escenario C, mejora medioambiental		25.355	11.311

<b>CARRETERA</b>						
		Turismos	Motocicletas	Autobuses	Furgonetas	Camiones
Unidad		millones pkm	millones pkm	millones pkm	millones tkm	millones tkm
Año		2020	2020	2020	2020	2020
Escenario A, tendencias actuales		11.887	56	2.751	480	16.037
Escenario B, agudización de tendencias		16.084	75	3.052	649	16.037
Escenario C, mejora medioambiental		11.485	54	3.407	460	13.452

<b>FERROCARRIL</b>			
		Transporte de viajeros	Transporte de mercancías
Unidad		millones pkm	millones tkm
Año		2020	2020
Escenario A, tendencias actuales		1.696	860
Escenario B, agudización de tendencias		1.882	860
Escenario C, mejora medioambiental		2.101	3.445

<b>CARRETERA</b>						
		Turismos	Motocicletas	Autobuses	Furgonetas	Camiones
Unidad		viajeros/veh.	viajeros/veh.	viajeros/veh.	Tm/veh.	Tm/veh.
Año		2020	2020	2020	2020	2020
Escenario A, tendencias actuales		1.35	1.00	20.00	0.30	8.00
Escenario B, agudización de tendencias		1.35	1.00	20.00	0.30	8.00
Escenario C, mejora medioambiental		1.35	1.00	20.00	0.30	8.00

<b>FERROCARRIL</b>			
		Transporte de viajeros	Transporte de mercancías
Unidad		viajeros/tren	Tm/tren
Año		2020	2020
Escenario A, tendencias actuales		83	305
Escenario B, agudización de tendencias		83	305
Escenario C, mejora medioambiental		83	305

### 4.3. PREVISIÓN DE EMISIONES E INMISIONES

A continuación mostramos como se han calculado los impactos del transporte en el medio ambiente.

- › Emisiones del transporte: al igual que en 2004, las emisiones se han calculado utilizando tres tipos de Fuentes distintas:
  - › Datos de movilidad (vehículos-km según tipo de vehículo): en base en los resultados del modelos de transportes desagregados convenientemente para la realización del cálculo de estas emisiones.
  - › Composición del parque: relacionado con los distintos tipos de emisiones de cada tipo de vehículo (p.e. distintos estándares de emisiones indicados en la legislación como son Euro-1, Euro-2, Euro-3 etc.). La composición del parque se calcula en base al procesamiento de los datos estadísticos y atributos relativos a tamaño, tecnología y antigüedad, necesarios para la obtención de los resultados de emisiones. Todos estos datos se han extrapolado a 2020 tal y como se ha indicado en el apartado de metodología.
  - › Factores de emisión: nos hemos basado en el Manual de factores de emisión del transporte por carretera “(Handbook emission factors for road transport)” (Versión 2.1, 2004), una base de datos muy utilizada en Alemania, Austria y Suiza. Esta base de datos proporciona información sobre los factores de emisión de todos los elementos contaminantes regulados y algunos no regulados, para diferentes categorías de emisiones (emisiones en caliente, emisiones en frío/arranque, evaporación) y para diferentes situaciones de tráfico (vías urbanas, interurbanas, autopistas, etc). Se ha procedido a la prolongación de esta base de datos para 2020 (p.e. teniendo en cuenta futuros estándares de emission como Euro-6) mediante estimaciones basadas en previsiones oficiales europeas.

## 4.4. PREVISIÓN DE COSTES EXTERNOS

### 4.4.1. VISIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA

Los siguientes factores tienen diferentes impactos en los futuros costes externos del País Vasco en 2020. Mientras que los mayores volúmenes de tráfico en combinación con una mayor utilización de las infraestructuras y un incremento de los ingresos redundan en unos mayores costes externos, las mejoras tecnológicas en especial en los motores y en los dispositivos de escape de gases favorecerán una disminución de dichas externalidades. La evolución de los factores de carga o índices de ocupación, del reparto modal y de los patrones de desarrollo social y territorial también juegan un importante papel y pueden contribuir a incrementar o disminuir los costes externos.

#### **Incremento de costes**

- › Mayores volúmenes de tráfico → resultados de los escenarios de tráfico
- › Mayores niveles de servicio (p.e. congestión) → resultados de los escenarios de tráfico
- › Mayores ingresos → mayor valoración de la seguridad y el medio ambiente. Los costes se incrementan en torno a la mitad de lo que lo hace el PIB per cápita.

#### **Disminución de costes**

- › Mejoras tecnológicas (p.e. contaminación del aire)

#### **Incertidumbres basadas en los escenarios de tráfico**

- › Cambios en los índices de ocupación (p.e. de los vehículos)
- › Cambios en el reparto modal (viajeros/mercancías)
- › Cambios en los patrones sociales y territoriales (p.e. pirámide de edades, densidad de población)

La siguiente tabla muestra una visión general de los aspectos más importantes.

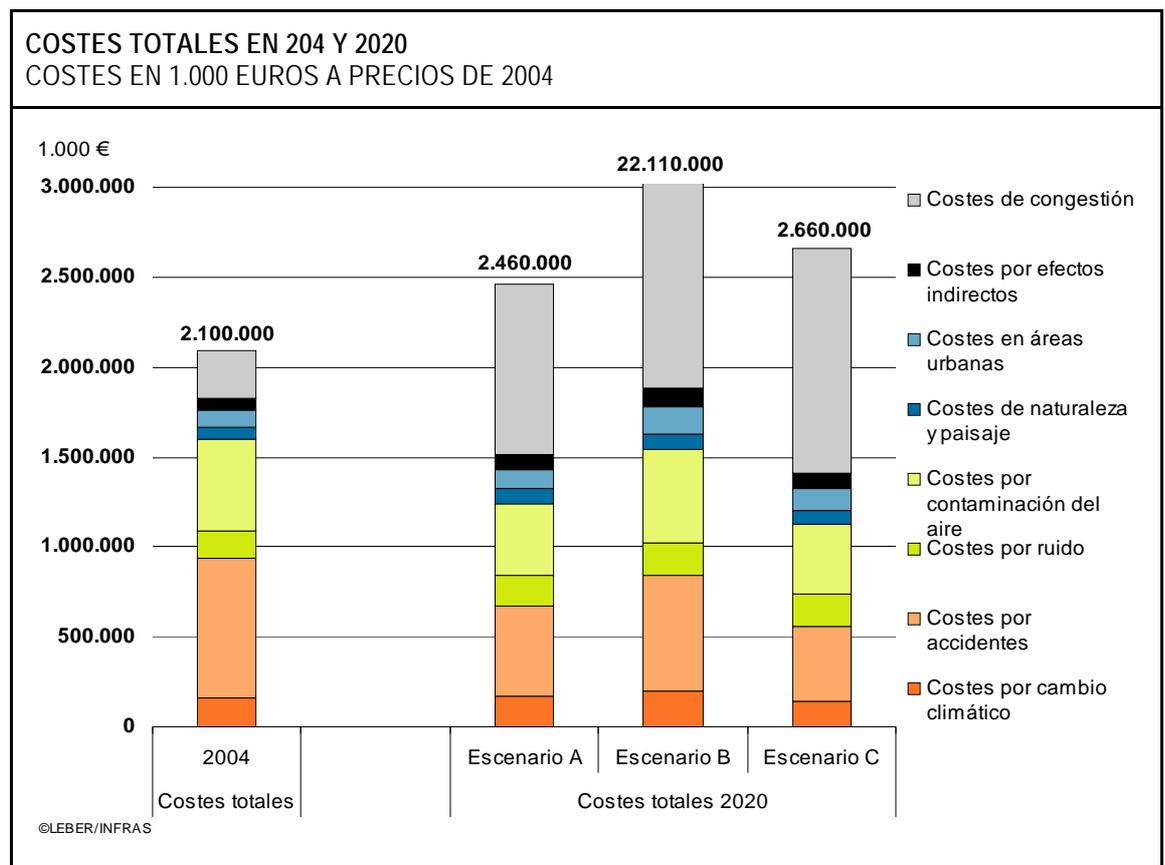
<b>METODOLOGÍA DE ACTUALIZACIÓN PRYECCIÓN DE COSTES EXTERNOS A 2020</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Importancia de la evolución del tráfico</b>	<b>Aspecto clave</b>	<b>Metodología</b>	<b>Ajuste del coste</b>
Costes por accidentes	Bajo	Riesgo de accidente por veh.-Km	Evolución de accidentes por modo	Ajuste de la disponibilidad a pagar (valor del riesgo) y pérdida de productividad en base al PIB/cápita
Ruido	Bajo	Nº de personas afectadas por el ruido	Sin cambios	Ajuste de la disponibilidad a pagar (valor del riesgo) y pérdida de productividad en base al PIB/cápita
Contaminación del aire	Medio	Emisiones + Exposición a PM10, NO <sub>x</sub>	Modelo de estimación	Ajuste de la disponibilidad a pagar (valor del riesgo) y pérdida de productividad en base al PIB/cápita
Naturaleza y paisaje	Medio	Ampliación de infraestructuras	Modelo de estimación	No se ajustan los factores de coste
Costes urbanos	Alto	Evolución del tráfico urbano	Modelo de estimación	Ajuste del valor del tiempo al PIB/cápita
Cambio climático/efectos indirectos	Alto	Emisiones de CO <sub>2</sub>	Modelo de estimación	Sólo se examina el coste de reducción de CO <sub>2</sub> a largo plazo
Congestión	alto	Tráfico en horas punta	Modelo de estimación	Ajuste del valor del tiempo al PIB/cápita

Tabla 43 Descripción de los aspectos más importantes de la metodología

## 4.5. RESULTADOS 2020

### 4.5.1. COSTE TOTAL POR ESCENARIO

Los gráficos siguientes ofrecen una visión general de los costes externos totales del transporte actuales en comparación con las proyecciones a 2020. Obsérvese que los costes de 2020 están expresados en precios de 2004 (no se han ajustado en base a la inflación).



**Figura 60** Costes totales en 204 y 2020 (en miles € a precios de 2004). Nótese que los costes totales del escenario B, alrededor de 22.100 millones de euros, son debidos al gran incremento de la congestión de dicho escenario.

	Costes totales	Costes totales 2020		
	2004	Escenario A	Escenario B	Escenario C
Costes por cambio climático	157.100	166.500	200.600	145.200
Costes por accidentes	779.700	508.000	639.900	415.600
Costes por ruido	149.000	166.900	184.300	174.300
Costes por contaminación del aire	517.500	397.900	520.200	388.200
Costes de naturaleza y paisaje	64.800	82.300	85.100	79.400
Costes en áreas urbanas	90.700	111.900	151.000	119.200
Costes por efectos indirectos	72.000	82.900	98.700	84.000
Costes de congestión	264.300	943.200	20.231.000	1.254.400
<b>Total</b>	<b>2.095.100</b>	<b>2.459.600</b>	<b>22.110.900</b>	<b>2.660.200</b>

Tabla 44 Costes totales en 2004 y 2020 (en 1.000 € a precios de 2004)

Interpretación (Claves):

- › Los costes totales se incrementan en relación a 2004 entorno a un 17,4% en el escenario A, al 955% en el escenario B y al 27 % en el escenario C. El incremento en los costes de congestión es la principal motivo del incremento total de costes. Si este concepto no se tuviera en cuenta, el total de los costes externos del transporte disminuiría significativamente en los escenarios A y C y se incrementaría sólo un 3% en el escenario B.

	Costes totales	Costes totales 2020		
	2004	Escenario A	Escenario B	Escenario C
Costes por cambio climático	157.100	166.500	200.600	145.200
Costes por accidentes	779.700	508.000	639.900	415.600
Costes por ruido	149.000	166.900	184.300	174.300
Costes por contaminación del aire	517.500	397.900	520.200	388.200
Costes de naturaleza y paisaje	64.800	82.300	85.100	79.400
Costes en áreas urbanas	90.700	111.900	151.000	119.200
Costes por efectos indirectos	72.000	82.900	98.700	84.000
<b>Total sin congestión</b>	<b>1.830.800</b>	<b>1.516.400</b>	<b>1.879.800</b>	<b>1.405.900</b>
<b>Total respecto a 2004</b>	<b>100%</b>	<b>83%</b>	<b>103%</b>	<b>77%</b>

Tabla 45 Costes totales en 2004 y 2020 sin considerar la congestión (en 1.000 € a precios de 2004)

- › El principal motivo de la “explosión” de costes en el escenario B es el tremendo incremento de la congestión debido al fuerte aumento de los volúmenes de tráfico. Esta situación lleva a un colapso del sistema de transporte viario. Conviene clarificar que los costes de congestión aumentan de manera no-lineal con una formulación quasi-exponencial. La interpretación de ese aumento es simplemente que ante un escenario de aumento de la actividad económica, con un crecimiento de viajes al trabajo paralelo a una agudización de la suburbanización de residencia y empleo, y a la ausencia de medidas agresivas de penalización del uso del

automóvil, la congestión se torna generalizada dado que el aumento de la infraestructura viaria es muy pequeño en términos porcentuales. La contribución de los resultados analíticos de este escenario B deben traducirse en la imposibilidad de alcanzar el “estado final” que representa el escenario. Es decir, en el proceso desde la situación actual hacia dicho escenario, se generaría un nivel de crisis suficientemente importante como para ralentizar e incluso invertir el proceso, haciendo lógicamente inviable alcanzar los niveles analíticos descritos en el escenario B.

- › Los costes por cambio climático aumentan levemente en los escenarios A y B y disminuyen en el C debido a las mejoras tecnológicas y el mayor número de vehículos más eficientes energéticamente.
- › Los costes por accidentes disminuyen debido a la reducción de su número y a las mejoras tecnológicas en seguridad, sin embargo esta disminución de costes es menor que la reducción de accidentes con víctimas ya que el coste por víctima se ve incrementado proporcionalmente a la evolución del PIB/cápita.
- › Los costes totales por ruido aumentan debido al incremento de los volúmenes de tráfico y – dependiendo del escenario – al incremento de residentes afectados por el ruido. En el escenario C, los costes por ruido debidos al ferrocarril aumentan por un fuerte desarrollo del transporte de viajeros y mercancías en este modo. En contraste con los factores de emisión de contaminantes, que disminuyen drásticamente hasta 2020, los factores de emisión de ruido (ruido emitido por vehículo) disminuyen sólo levemente en comparación con la situación actual.
- › La contaminación del aire disminuye significativamente en los escenarios A y C gracias a las mejoras tecnológicas en los motores y a tubos de escape más limpios (filtros de partículas, mejoras en los catalizadores). De este modo la relación entre volumen de transporte y nivel de exposición a las partículas se ve disminuida. Sólo en el escenario B, con un fuerte incremento en los volúmenes de tráfico, los costes por contaminación del aire se mantienen en los mismos niveles que hoy en día.
- › Los costes totales para la naturaleza y el paisaje aumentan levemente debido a las nuevas infraestructuras viarias y ferroviarias (costes por permeabilización de infraestructuras y restauración) y también por el aumento de volúmenes de tráfico (costes por contaminación de suelos).
- › Los costes en los modos no motorizados en áreas urbanas se ven incrementados de nuevo por el aumento en los volúmenes de tráfico, lo que incrementa los tiempos de espera a la hora de cruzar las calles.

- › Los costes por efectos indirectos aumentan debido al mayor número de vehículos, la expansión de las infraestructuras de transporte y el crecimiento en la demanda de recursos energéticos.

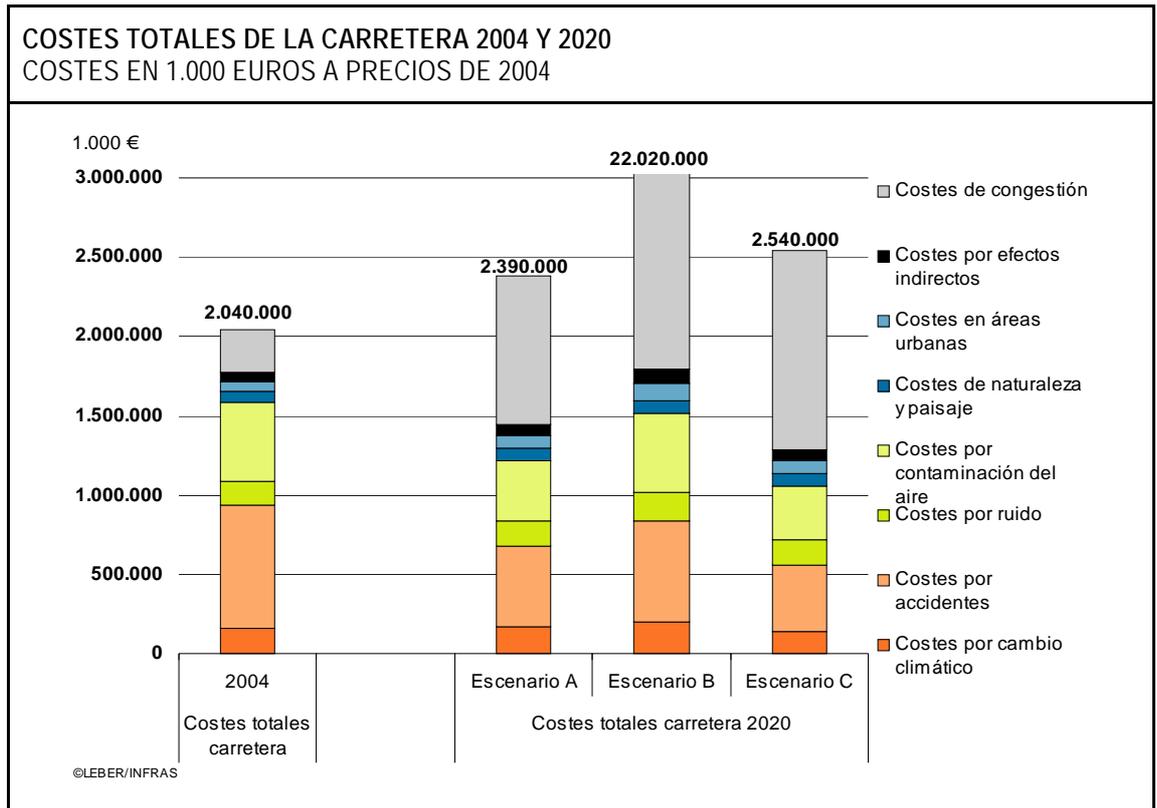


Figura 61 Costes totales de la carretera 2004 y 2020 (en miles € a precios de 2004). Nótese que los costes totales del escenario B, alrededor de 22.000 millones de euros, son debidos al gran incremento de la congestión de dicho escenario.

Carretera	Costes totales	Costes totales 2020		
	2004	Escenario A	Escenario B	Escenario C
Costes por cambio climático	156.900	166.300	200.400	144.300
Costes por accidentes	779.600	507.700	639.600	415.200
Costes por ruido	145.200	161.000	177.600	162.100
Costes por contaminación del aire	504.400	376.200	495.200	335.300
Costes de naturaleza y paisaje	64.500	80.800	83.600	77.800
Costes en áreas urbanas	65.300	80.600	108.700	85.800
Costes por efectos indirectos	62.300	69.500	84.600	63.700
Costes de congestión	264.300	943.200	20.231.000	1.254.400
<b>Total</b>	<b>2.042.500</b>	<b>2.385.300</b>	<b>22.020.700</b>	<b>2.538.500</b>

Tabla 46 Costes totales de la carretera 2004 y 2020 (en miles € a precios de 2004)

Escenario A en 1.000 Euros							
	Carretera						
	Turismos	Motocicletas	Autobuses	Furgonetas	Camiones	Viajeros	Mercancías
<b>Costes por cambio climático</b>							
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	75.503	281	5.049	20.013	65.501	80.833	85.514
Costes por accidentes	339.141	37.645	6.766	61.665	62.459	383.552	124.124
Costes por ruido	36.371	2.663	6.520	20.408	95.025	45.554	115.433
Costes por contaminación del aire	192.553	1.076	17.011	42.251	123.346	210.640	165.596
Costes de naturaleza y paisaje	31.591	104	2.352	9.665	37.084	34.046	46.749
Costes en áreas urbanas	50.247	241	3.366	13.609	13.100	53.854	26.709
<b>Costes por efectos indirectos</b>							
Largo plazo	33.940	195	1.537	9.518	24.335	35.671	33.852
Costes de congestión	376.799	1.331	65.576	99.286	400.211	443.706	499.497

Tabla 47 Costes totales de la carretera Escenario A desagregado por tipo de vehículo (en miles € a precios de 2004)

Escenario B en 1.000 Euros							
	Carretera						
	Turismos	Motocicletas	Autobuses	Furgonetas	Camiones	Viajeros	Mercancías
<b>Costes por cambio climático</b>							
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	101.872	376	5.601	27.073	65.501	107.849	92.574
Costes por accidentes	441.099	49.079	7.353	80.092	61.929	497.531	142.021
Costes por ruido	47.852	3.471	7.033	26.843	92.396	58.357	119.240
Costes por contaminación del aire	278.920	1.548	20.354	61.367	133.037	300.822	194.404
Costes de naturaleza y paisaje	36.076	118	2.395	11.258	33.719	38.589	44.977
Costes en áreas urbanas	69.818	335	4.366	18.910	15.317	74.519	34.227
<b>Costes por efectos indirectos</b>							
Largo plazo	45.756	261	1.692	12.832	24.060	47.708	36.891
Costes de congestión	7.685.088	29.575	1.328.793	2.090.093	9.097.421	9.043.455	11.187.514
<b>Total</b>	<b>8.706.480</b>	<b>84.763</b>	<b>1.377.586</b>	<b>2.328.469</b>	<b>9.523.380</b>	<b>10.168.829</b>	<b>11.851.849</b>

Tabla 48 Costes totales de la carretera Escenario B desagregado por tipo de vehículo (en miles € a precios de 2004)

Escenario C en 1.000 Euros							
	Carretera						
	Turismos	Motocicletas	Autobuses	Furgonetas	Camiones	Viajeros	Mercancías
<b>Costes por cambio climático</b>							
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	64.605	265	6.240	18.541	54.665	71.111	73.206
Costes por accidentes	282.558	31.227	6.770	51.035	43.596	320.556	94.632
Costes por ruido	39.257	2.870	9.021	21.861	89.050	51.148	110.911
Costes por contaminación del aire	168.900	1.113	21.733	38.616	104.940	191.746	143.556
Costes de naturaleza y paisaje	32.546	107	3.014	9.815	32.307	35.666	42.122
Costes en áreas urbanas	55.814	268	4.431	15.117	10.207	60.513	25.324
<b>Costes por efectos indirectos</b>							
Largo plazo	31.824	187	1.921	9.038	20.685	33.932	29.723
Costes de congestión	427.890	1.727	87.385	119.870	617.485	517.002	737.355
<b>Total</b>	<b>1.103.396</b>	<b>37.763</b>	<b>140.516</b>	<b>283.893</b>	<b>972.936</b>	<b>1.281.675</b>	<b>1.256.828</b>

Tabla 49 Costes totales de la carretera Escenario C desagregado por tipo de vehículo (en miles € a precios de 2004)

### Interpretación (Claves):

- › Los costes totales de la carretera se incrementan un 16% en el escenario A, un 978% en el B y un 24,3% en el escenario C. El principal motivo de este crecimiento son de nuevo los costes por congestión.

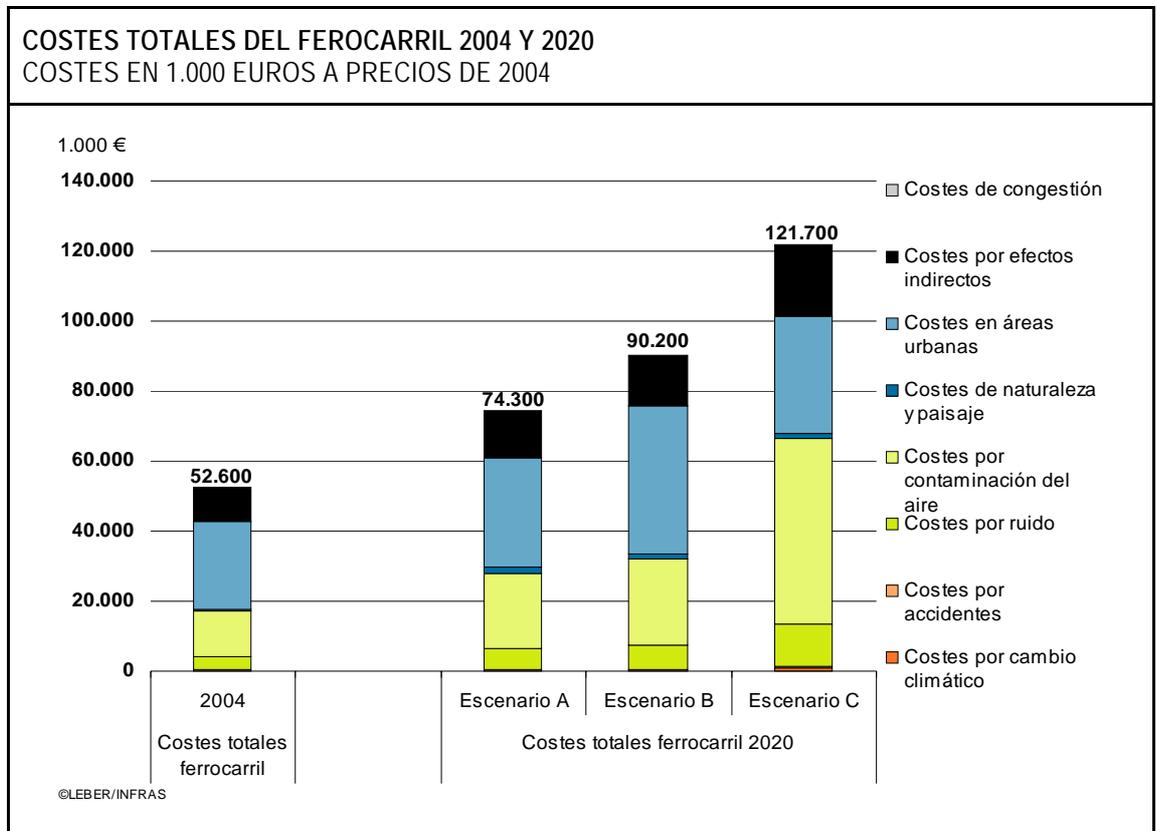


Figura 62 Costes totales del ferrocarril 2004 y 2020 (en miles € a precios de 2004).

Ferrocarril	Costes totales	Costes totales 2020		
	2004	Escenario A	Escenario B	Escenario C
Costes por cambio climático	150	220	220	850
Costes por accidentes	100	300	300	400
Costes por ruido	3.800	5.900	6.700	12.200
Costes por contaminación del aire	13.100	21.700	25.000	52.900
Costes de naturaleza y paisaje	300	1.500	1.500	1.600
Costes en áreas urbanas	25.400	31.300	42.300	33.400
Costes por efectos indirectos	9.700	13.400	14.100	20.300
Costes de congestión	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>52.550</b>	<b>74.300</b>	<b>90.200</b>	<b>121.700</b>

Tabla 50 Costes totales del ferrocarril 2004 y 2020 (en miles € a precios de 2004).

Escenario A en 1.000 Euros	Ferrocarril	
	Viajeros	Mercancías
<b>Costes por cambio climático</b>		
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	17	206
Costes por accidentes	242	26
Costes por ruido	5.527	333
Costes por contaminación del aire	13.695	8.016
Costes de naturaleza y paisaje	1.288	192
Costes en áreas urbanas	29.324	2.023
<b>Costes por efectos indirectos</b>		
Largo plazo	10.179	3.258
Costes de congestión	0	0
<b>Total</b>	<b>60.271</b>	<b>14.053</b>

Tabla 51 Costes totales del ferrocarril Escenario A (en miles € a precios de 2004)

Escenario B en 1.000 Euros	Ferrocarril	
	Viajeros	Mercancías
<b>Costes por cambio climático</b>		
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	19	206
Costes por accidentes	269	25
Costes por ruido	6.371	346
Costes por contaminación del aire	16.391	8.648
Costes de naturaleza y paisaje	1.310	177
Costes en áreas urbanas	39.836	2.478
<b>Costes por efectos indirectos</b>		
Largo plazo	10.968	3.149
Costes de congestión	0	0
<b>Total</b>	<b>75.163</b>	<b>15.029</b>

Tabla 52 Costes totales del ferrocarril Escenario B (en miles € a precios de 2004)

Escenario C en 1.000 Euros	Ferrocarril	
	Viajeros	Mercancías
<b>Costes por cambio climático</b>		
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	21	825
Costes por accidentes	301	103
Costes por ruido	10.237	1.993
Costes por contaminación del aire	18.299	34.618
Costes de naturaleza y paisaje	1.043	520
Costes en áreas urbanas	27.309	6.091
<b>Costes por efectos indirectos</b>		
Largo plazo	10.171	10.118
Costes de congestión	0	0
<b>Total</b>	<b>67.381</b>	<b>54.270</b>

Tabla 53 Costes totales del ferrocarril Escenario B (en miles € a precios de 2004)

**Interpretación:**

- › Los costes totales del ferrocarril se incrementan en los tres escenarios (A: +41%, B: +72%, C: +132%).
- › Los aspectos más importantes de estos costes son:
  - › Costes por contaminación del aire: en los tres escenarios las partículas emitidas no provenientes de los escapes de los motores se incrementan proporcionalmente a los volúmenes de transporte. Esto conlleva a que los costes totales por este concepto aumenten.
  - › Costes en áreas urbanas: el incremento de los volúmenes de tráfico del transporte no motorizado en combinación con nuevas infraestructuras ferroviarias y el aumento del valor que se da al tiempo, redundan en el aumento de los costes para los movimientos no motorizados en áreas urbanas.
  - › Costes por efectos indirectos: debido a los mayores volúmenes de transporte por ferrocarril y el aumento consiguiente de la energía consumida, este concepto de coste aumenta significativamente.

## 4.5.2. COSTES MEDIOS

## Transporte de Viajeros

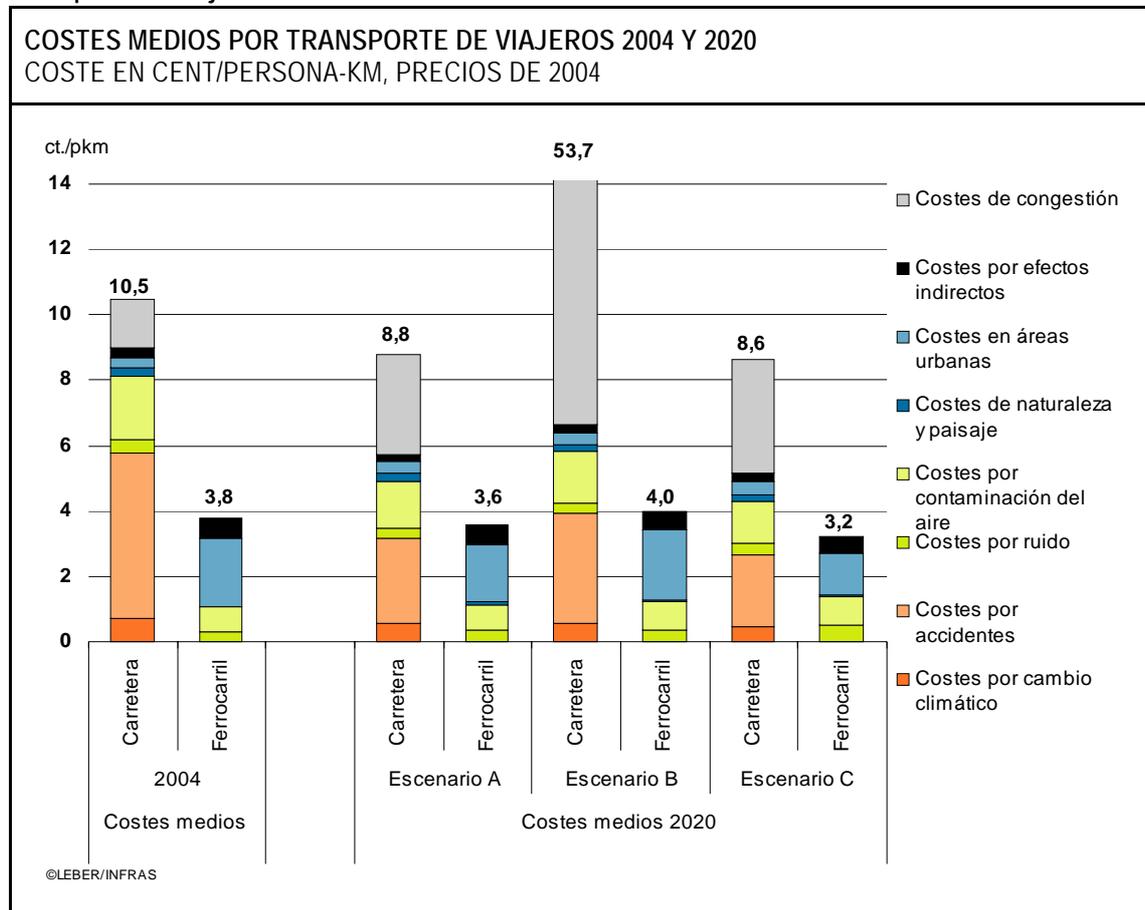


Figura 63 Costes medios por transporte de viajeros en 2004 y 2020 (cent/pkm a precios de 2004)

ct./pkm	Costes medios		Costes medios 2020					
	2004		Escenario A		Escenario B		Escenario C	
	Carretera	Ferrocarril	Carretera	Ferrocarril	Carretera	Ferrocarril	Carretera	Ferrocarril
Costes por cambio climático	0,74	0,00	0,55	0,00	0,56	0,00	0,48	0,00
Costes por accidentes	5,04	0,01	2,61	0,01	3,39	0,02	2,18	0,02
Costes por ruido	0,39	0,32	0,31	0,33	0,30	0,34	0,34	0,49
Costes por contaminación del aire	1,95	0,73	1,43	0,81	1,57	0,87	1,28	0,87
Costes de naturaleza y paisaje	0,26	0,02	0,23	0,08	0,20	0,07	0,24	0,05
Costes en áreas urbanas	0,30	2,08	0,37	1,73	0,39	2,12	0,40	1,30
Costes por efectos indirectos	0,30	0,65	0,24	0,60	0,25	0,58	0,23	0,48
Costes de congestión	1,50	0,00	3,02	0,00	47,07	0,00	3,46	0,00
<b>Total</b>	<b>10,47</b>	<b>3,80</b>	<b>8,76</b>	<b>3,55</b>	<b>53,73</b>	<b>4,00</b>	<b>8,61</b>	<b>3,21</b>

Tabla 54 Costes medios por transporte de viajeros en 2004 y 2020 (cent/pkm a precios de 2004)

Los costes medios del ferrocarril están en una relación de 2,5 (Esc. A) y 2,7 (Esc. B) más baja que los costes de la carretera. En el escenario B los costes de la carretera son 13,5 veces más altos que los del ferrocarril.

Escenario A en ct./pkm, tkm	Transporte de viajeros - ct./pkm				Ferrocarril	Total
	Carretera					
	Turismos	Motocicletas	Autobuses	Viajeros	Viajeros	Viajeros
	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm
<b>Costes por cambio climático</b>						
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	0,64	0,50	0,18	0,55	0,00	0,49
Costes por accidentes	2,85	67,02	0,25	2,61	0,01	2,34
Costes por ruido	0,31	4,74	0,24	0,31	0,33	0,31
Costes por contaminación del aire	1,62	1,92	0,62	1,43	0,81	1,37
Costes de naturaleza y paisaje	0,27	0,18	0,09	0,23	0,08	0,22
Costes en áreas urbanas	0,42	0,43	0,12	0,37	1,73	0,51
<b>Costes por efectos indirectos</b>						
Largo plazo	0,29	0,35	0,06	0,24	0,60	0,28
Costes de congestión	3,17	2,37	2,38	3,02	0,00	2,71
<b>Total</b>	<b>9,56</b>	<b>77,51</b>	<b>3,93</b>	<b>8,76</b>	<b>3,55</b>	<b>8,23</b>

Tabla 55 Costes medios por transporte de viajeros desagregado por tipo de vehículo en el escenario A (cent/pkm a precios de 2004)

Escenario B en ct./pkm, tkm	Transporte de viajeros - ct./pkm				Ferrocarril	Total
	Carretera					
	Turismos	Motocicletas	Autobuses	Viajeros	Viajeros	Viajeros
	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm
<b>Costes por cambio climático</b>						
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	0,63	0,50	0,18	0,56	0,00	0,51
Costes por accidentes	3,71	87,38	0,27	3,39	0,02	3,04
Costes por ruido	0,30	4,61	0,23	0,30	0,34	0,31
Costes por contaminación del aire	1,73	2,05	0,67	1,57	0,87	1,50
Costes de naturaleza y paisaje	0,22	0,16	0,08	0,20	0,07	0,19
Costes en áreas urbanas	0,43	0,44	0,14	0,39	2,12	0,54
<b>Costes por efectos indirectos</b>						
Largo plazo	0,28	0,35	0,06	0,25	0,58	0,28
Costes de congestión	47,78	39,27	43,54	47,07	0,00	42,87
<b>Total</b>	<b>55,10</b>	<b>134,76</b>	<b>45,17</b>	<b>53,73</b>	<b>4,00</b>	<b>49,24</b>

Tabla 56 Costes medios por transporte de viajeros desagregado por tipo de vehículo en el escenario B (cent/pkm a precios de 2004)

Escenario C en ct./pkm, tkm	Transporte de viajeros - ct./pkm				Ferrocarril	Total
	Carretera					
	Turismos	Motocicletas	Autobuses	Viajeros	Viajeros	Viajeros
	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm	ct./pkm
<b>Costes por cambio climático</b>						
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	0,56	0,49	0,18	0,48	0,00	0,42
Costes por accidentes	2,38	55,60	0,25	2,18	0,02	1,96
Costes por ruido	0,34	5,30	0,26	0,34	0,49	0,36
Costes por contaminación del aire	1,47	2,05	0,64	1,28	0,87	1,23
Costes de naturaleza y paisaje	0,28	0,20	0,09	0,24	0,05	0,22
Costes en áreas urbanas	0,49	0,49	0,13	0,40	1,30	0,52
<b>Costes por efectos indirectos</b>						
Largo plazo	0,28	0,34	0,06	0,23	0,48	0,26
Costes de congestión	3,73	3,19	2,56	3,46	0,00	3,03
<b>Total</b>	<b>9,52</b>	<b>67,66</b>	<b>4,17</b>	<b>8,61</b>	<b>3,21</b>	<b>7,99</b>

Tabla 57 Costes medios por transporte de viajeros desagregado por tipo de vehículo en el escenario C (cent/pkm a precios de 2004)

## Transporte de Mercancías

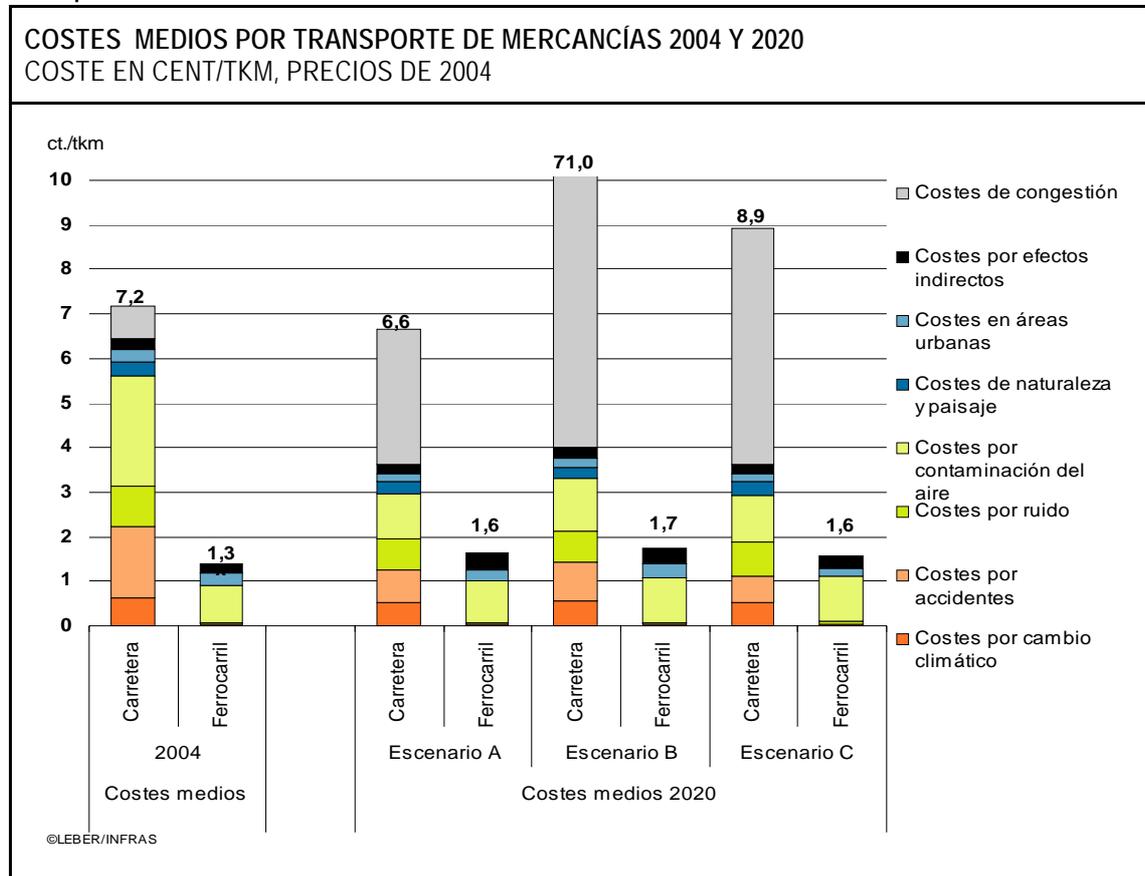


Figura 64 Costes medios por transporte de mercancías en 2004 y 2020 (cent/pkm a precios de 2004). Nota: En el escenario B los costes de congestión suponen por sí solos 67 cent/pkm, para una mejor visualización no se ha dibujado todo el gráfico.

ct./pkm	Costes medios		Costes medios 2020					
	2004		Escenario A		Escenario B		Escenario C	
	Carretera	Ferrocarril	Carretera	Ferrocarril	Carretera	Ferrocarril	Carretera	Ferrocarril
Costes por cambio climático	0,63	0,02	0,52	0,02	0,55	0,02	0,53	0,02
Costes por accidentes	1,60	0,00	0,75	0,00	0,86	0,00	0,57	0,01
Costes por ruido	0,90	0,04	0,70	0,04	0,71	0,04	0,80	0,06
Costes por contaminación del aire	2,48	0,84	1,00	0,93	1,17	1,00	1,03	1,00
Costes de naturaleza y paisaje	0,31	0,01	0,28	0,02	0,27	0,02	0,30	0,02
Costes en áreas urbanas	0,27	0,28	0,16	0,24	0,21	0,29	0,18	0,18
Costes por efectos indirectos	0,24	0,20	0,20	0,38	0,22	0,37	0,21	0,29
Costes de congestión	0,74	0,00	3,02	0,00	67,05	0,00	5,30	0,00
<b>Total</b>	<b>7,18</b>	<b>1,39</b>	<b>6,64</b>	<b>1,63</b>	<b>71,04</b>	<b>1,75</b>	<b>8,93</b>	<b>1,58</b>

Tabla 58 Costes medios por transporte de mercancías en 2004 y 2020 (cent/pkm a precios de 2004).

Los costes medios del ferrocarril son 4,1 veces más bajos que la carretera en el escenario A y 5,6 veces en el escenario C. En el escenario B los costes de la carretera son 40,7 veces más altos que por ferrocarril.

Escenario A en ct./pkm, tkm	Transporte de mercancías - ct./tkm			Ferrocarril	Total
	Carretera				
	Furgonetas	Camiones	Mercancías	ct./tkm	ct./tkm
	ct./tkm	ct./tkm	ct./tkm	ct./tkm	ct./tkm
<b>Costes por cambio climático</b>					
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	4,17	0,41	0,52	0,02	0,49
Costes por accidentes	12,85	0,39	0,75	0,00	0,71
Costes por ruido	4,25	0,59	0,70	0,04	0,67
Costes por contaminación del aire	8,81	0,77	1,00	0,93	1,00
Costes de naturaleza y paisaje	2,01	0,23	0,28	0,02	0,27
Costes en áreas urbanas	2,84	0,08	0,16	0,24	0,17
<b>Costes por efectos indirectos</b>					
Largo plazo	1,98	0,15	0,20	0,38	0,21
Costes de congestión	20,69	2,50	3,02	0	2,87
<b>Total</b>	<b>57,60</b>	<b>5,12</b>	<b>6,64</b>	<b>1,63</b>	<b>6,40</b>

Tabla 59 Costes medios por transporte de mercancías desagregado por tipo de vehículo en el escenario A (cent/tkm a precios de 2004)

Escenario B en ct./pkm, tkm	Transporte de mercancías - ct./tkm			Ferrocarril	Total
	Carretera				
	Furgonetas	Camiones	Mercancías	ct./tkm	ct./tkm
	ct./tkm	ct./tkm	ct./tkm	ct./tkm	ct./tkm
<b>Costes por cambio climático</b>					
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	4,17	0,41	0,55	0,02	0,53
Costes por accidentes	16,69	0,39	0,86	0,00	0,82
Costes por ruido	4,14	0,58	0,71	0,04	0,68
Costes por contaminación del aire	9,45	0,83	1,17	1,00	1,16
Costes de naturaleza y paisaje	1,73	0,21	0,27	0,02	0,26
Costes en áreas urbanas	2,91	0,10	0,21	0,29	0,21
<b>Costes por efectos indirectos</b>					
Largo plazo	1,98	0,15	0,22	0,37	0,23
Costes de congestión	321,99	56,73	67,05	0,00	63,76
<b>Total</b>	<b>363,07</b>	<b>59,39</b>	<b>71,04</b>	<b>1,75</b>	<b>67,64</b>

Tabla 60 Costes medios por transporte de mercancías desagregado por tipo de vehículo en el escenario B (cent/tkm a precios de 2004)

Escenario C en ct./pkm, tkm	Transporte de mercancías - ct./tkm			Ferrocarril	Total
	Carretera				
	Furgonetas	Camiones	Mercancías	ct./tkm	ct./tkm
	ct./tkm	ct./tkm	ct./tkm	ct./tkm	ct./tkm
<b>Costes por cambio climático</b>					
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	4,03	0,41	0,53	0,02	0,43
Costes por accidentes	10,64	0,27	0,57	0,01	0,55
Costes por ruido	4,75	0,66	0,80	0,06	0,65
Costes por contaminación del aire	8,39	0,78	1,03	1,00	1,03
Costes de naturaleza y paisaje	2,13	0,24	0,30	0,02	0,25
Costes en áreas urbanas	3,29	0,08	0,18	0,18	0,18
<b>Costes por efectos indirectos</b>					
Largo plazo	1,96	0,15	0,21	0,29	0,23
Costes de congestión	26,05	4,59	5,30	0,00	4,25
<b>Total</b>	<b>61,24</b>	<b>7,18</b>	<b>8,93</b>	<b>1,58</b>	<b>7,55</b>

Tabla 61 Costes medios por transporte de mercancías desagregado por tipo de vehículo en el escenario C (cent/tkm a precios de 2004)

Escenario A en ct./vkm	Carretera					Ferrocarril	
	Turismos	Motocicletas	Autobuses	Furgonetas	Camiones	Viajeros	Mercancías
	ct./vkm	ct./vkm	ct./vkm	ct./vkm	ct./vkm	ct./tren-km	ct./tren-km
<b>Costes por cambio climático</b>							
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	0,86	0,50	3,67	1,25	3,27	0,08	7,29
Costes por accidentes	3,85	67,02	4,92	3,86	3,12	0,00	0,00
Costes por ruido	0,41	4,74	4,74	1,28	4,74	27,0	11,8
Costes por contaminación del aire	2,19	1,92	12,37	2,64	6,15	66,9	283,7
Costes de naturaleza y paisaje	0,36	0,18	1,71	0,60	1,85	6,3	6,8
Costes en áreas urbanas	0,57	0,43	2,45	0,85	0,65	143,2	71,6
<b>Costes por efectos indirectos</b>							
Largo plazo	0,39	0,35	1,12	0,60	1,21	49,7	115,3
Costes de congestión	4,28	2,37	47,67	6,21	19,96	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>12,90</b>	<b>77,51</b>	<b>78,65</b>	<b>17,28</b>	<b>40,96</b>	<b>293,2</b>	<b>496,5</b>

Tabla 62 Costes medios por vehículo-Km en el escenario A (cent/Vkm – tren km a precios de 2004)

Escenario B en ct./vkm	Carretera					Ferrocarril	
	Turismos	Motocicletas	Autobuses	Furgonetas	Camiones	Viajeros	Mercancías
	ct./vkm	ct./vkm	ct./vkm	ct./vkm	ct./vkm	ct./tren-km	ct./tren-km
<b>Costes por cambio climático</b>							
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	0,85	0,50	3,67	1,25	3,27	0,08	7,29
Costes por accidentes	5,01	87,38	5,35	5,01	3,09	0,00	0,00
Costes por ruido	0,40	4,61	4,61	1,24	4,61	28,1	12,2
Costes por contaminación del aire	2,34	2,05	13,34	2,84	6,64	72,2	306,1
Costes de naturaleza y paisaje	0,30	0,16	1,57	0,52	1,68	5,8	6,3
Costes en áreas urbanas	0,59	0,44	2,86	0,87	0,76	175,4	87,7
<b>Costes por efectos indirectos</b>							
Largo plazo	0,38	0,35	1,11	0,59	1,20	48,3	111,5
Costes de congestión	64,47	39,27	870,82	96,60	453,83	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>74,35</b>	<b>134,76</b>	<b>903,33</b>	<b>108,92</b>	<b>475,08</b>	<b>329,8</b>	<b>531,0</b>

Tabla 63 Costes medios por vehículo-Km en el escenario B (cent/Vkm – tren km a precios de 2004)

Escenario C en ct./vkm	Carretera					Ferrocarril	
	Turismos	Motocicletas	Autobuses	Furgonetas	Camiones	Viajeros	Mercancías
	ct./vkm	ct./vkm	ct./vkm	ct./vkm	ct./vkm	ct./tren-km	ct./tren-km
<b>Costes por cambio climático</b>							
Largo plazo - (2100) con mecanismos flexibles	0,76	0,49	3,66	1,21	3,25	0,08	7,29
Costes por accidentes	3,21	55,60	4,92	3,19	2,17	0,00	0,00
Costes por ruido	0,46	5,30	5,30	1,43	5,30	40,4	17,6
Costes por contaminación del aire	1,98	2,05	12,76	2,52	6,24	72,2	306,1
Costes de naturaleza y paisaje	0,38	0,20	1,77	0,64	1,92	4,1	4,6
Costes en áreas urbanas	0,66	0,49	2,60	0,99	0,61	107,7	53,9
<b>Costes por efectos indirectos</b>							
Largo plazo	0,37	0,34	1,13	0,59	1,23	40,1	89,5
Costes de congestión	5,03	3,19	51,30	7,82	36,72	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>12,85</b>	<b>67,66</b>	<b>83,43</b>	<b>18,37</b>	<b>57,44</b>	<b>264,6</b>	<b>478,9</b>

Tabla 64 Costes medios por vehículo-Km en el escenario B (cent/Vkm – tren km a precios de 2004)

### 4.5.3. VISION GENERAL DE LAS DISTINTAS CATEGORÍAS

#### Costes por cambio climático

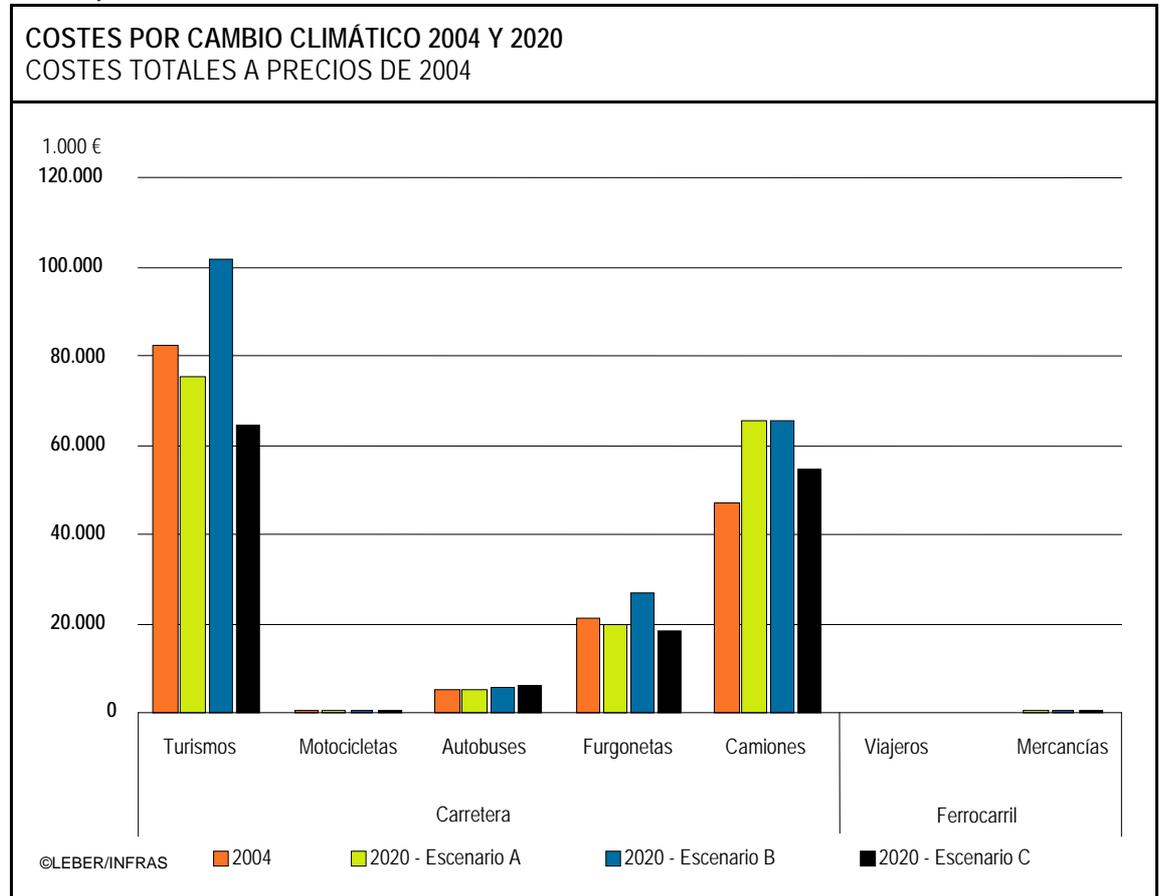


Figura 65 Costes por cambio climático en 2004 y 2020 en 1.000 € a precios de 2004 (costes de prevención de 60 €/t CO<sub>2</sub> para 2004 y los escenarios de 2020)

#### Interpretación

- › Costes totales por cambio climático: Escenario A: +6%, Escenario B: +28%, Escenario C: -8%
- › La mejora del rendimiento de los combustibles redonda en una disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (sin embargo las ganancias por eficiencia se ven contrapesadas por el aumento de los volúmenes de tráfico sobre todo en el escenario B).
- › Las emisiones directas de gases de efecto invernadero por el ferrocarril son de poca importancia por el bajo número de trenes diesel.
- › Se ha adoptado un coste de prevención de 60€/t CO<sub>2</sub> asumiendo los compromisos de reducción de GEIs posteriores al protocolo de Kyoto con el fin de estabilizar la concentración de estos gases en la atmósfera.

## Costes por accidentes

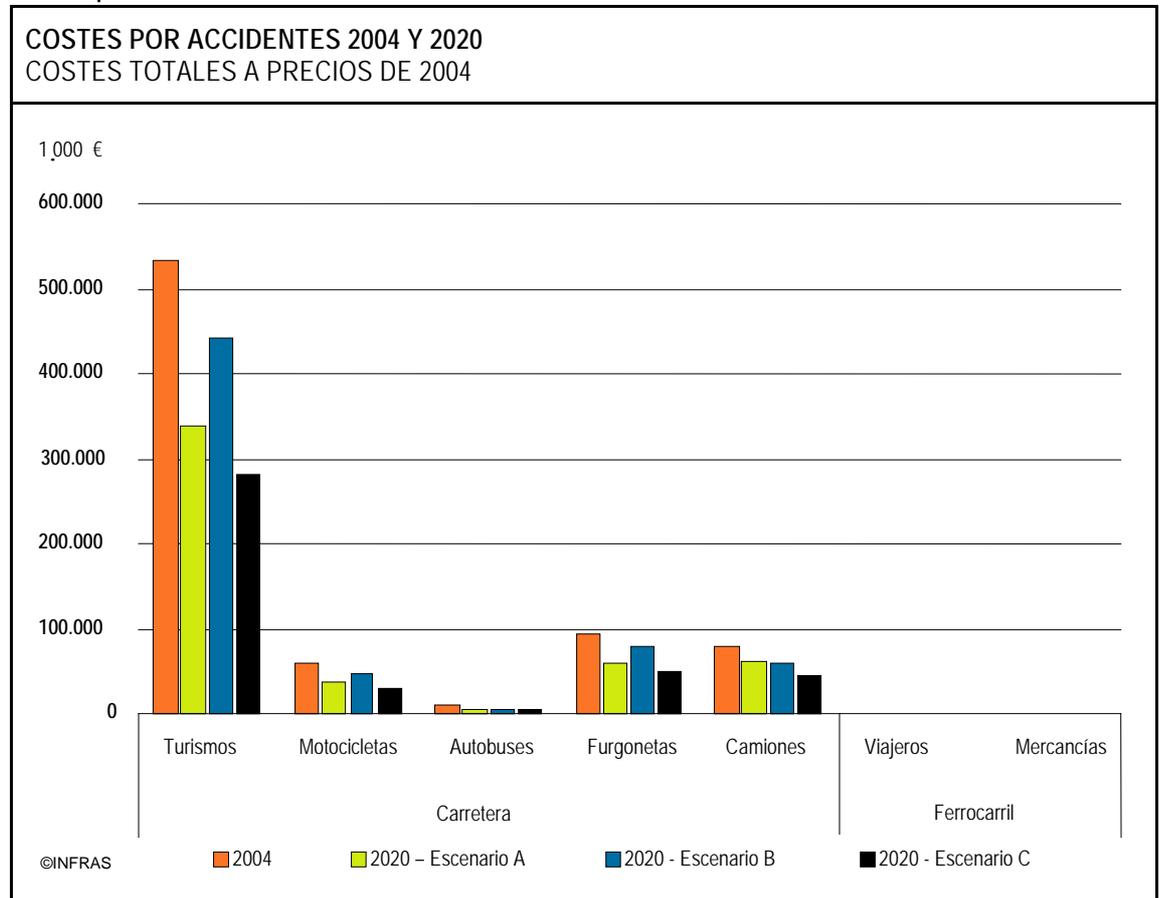


Figura 66 Costes por accidentes en 2004 y 2020 en 1.000 € a precios de 2004.

## Interpretación

- › Costes totales por accidentes: Escenario A: -35%, Escenario B: -18%, Escenario C: -47%.
- › Mejoras en seguridad (tecnología, gestión de tráfico, etc.).
- › Aumento de la disponibilidad a pagar para evitar riesgo de accidentes.
- › Costes de accidentes en ferrocarril próximos a 0.

## Costes por ruido

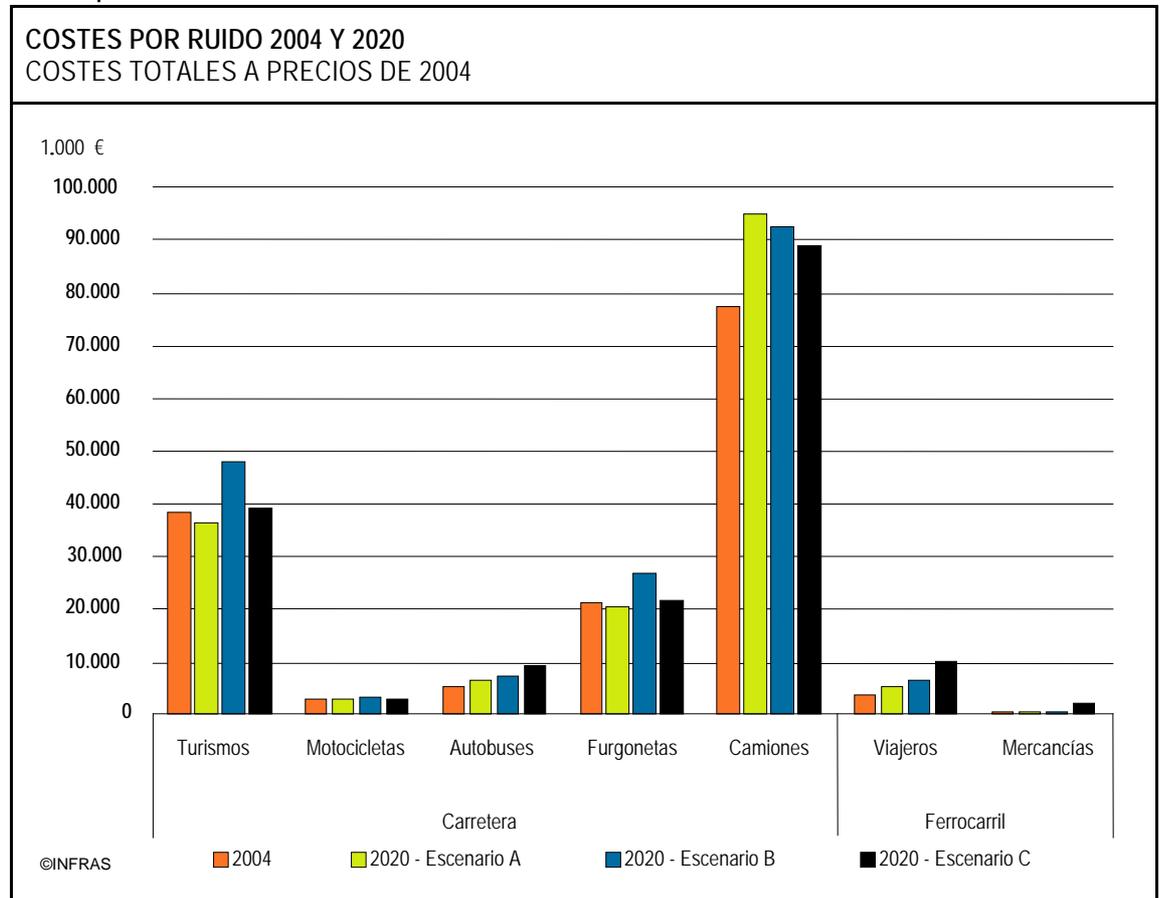


Figura 67 Costes por ruido en 2004 y 2020 en 1.000 € a precios de 2004.

## Interpretación

- › Costes totales por ruido: Escenario A: +12%, Escenario B: +24%, Escenario C: +17%
- › A pesar de las mejoras tecnológicas en los vehículos, el incremento en los volúmenes de tráfico en combinación con el aumento en el valor que se da en estas externalidades, redonda en un ligero aumento en los costes por ruido para casi todas las categorías.
- › Los camiones, debido al aumento en el kilometraje que experimentan, suponen el mayor incremento de costes en este concepto.
- › El aumento de la circulación de trenes de viajeros y mercancías, especialmente en el escenario C implica mayores costes por ruido en este concepto. De todos modos estos costes son todavía muy reducidos en comparación con los de la carretera.
- › En el escenario C, los costes por ruido de los turismos, motocicletas y furgonetas, se encuentran aproximadamente al mismo nivel que en la actualidad, esto puede explicarse por un Nuevo reparto modal más favorable al ferrocarril.

## Costes por contaminación del aire

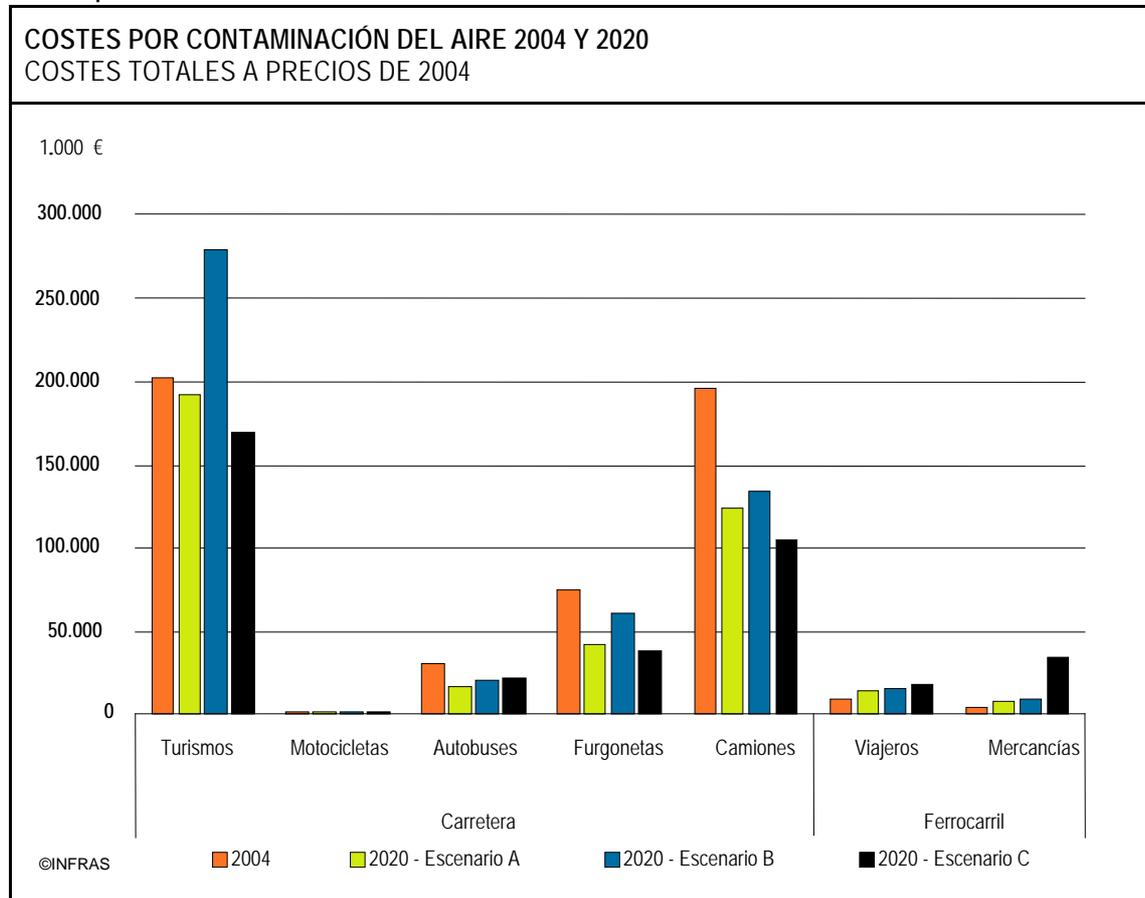


Figura 68 Costes por contaminación del aire en 2004 y 2020 en 1.000 € a precios de 2004.

## Interpretación

- › Costes totales por contaminación del aire: Escenario A: -23%, Escenario B: +0.5%, Escenario C: -25%
- › Principal motivo: mejoras tecnológicas en los motores (a excepción del transporte de mercancías por ferrocarril).
- › Para casi todos los escenarios la contaminación provocada por la carretera es inferior a la situación actual (a excepción de los turismos en el escenario B). La principal razón de esta disminución es la drástica reducción de los factores de emisión de contaminantes tales como partículas y óxidos de nitrógeno, atribuible a las mejoras tecnológicas en los motores comentadas anteriormente (filtros de partículas, catalizadores más eficaces). Estas mejoras tecnológicas son particularmente importantes para los camiones, furgonetas y autobuses.
- › Para los turismos el potencial de las mejoras en tecnología es menor, y en el escenario B el gran incremento en los volúmenes de tráfico supone un contrapeso a la reducción de los

factores de emisión y por tanto resulta en un fuerte incremento en los costes por contaminación del aire.

- › Los costes del ferrocarril por este concepto aumentan ligeramente en los escenarios A y B porque el potencial de las mejoras tecnológicas es bastante menor que en la carretera (los factores de emisión del ferrocarril ya son bajos en la actualidad) y por un aumento en los volúmenes de tráfico. Por otra parte, el drástico trasvase modal de la carretera al ferrocarril (sobre todo en el transporte de mercancías) que se experimenta en el escenario C implica un incremento real de estos costes provocados por este modo.

## Costes para la naturaleza y el paisaje

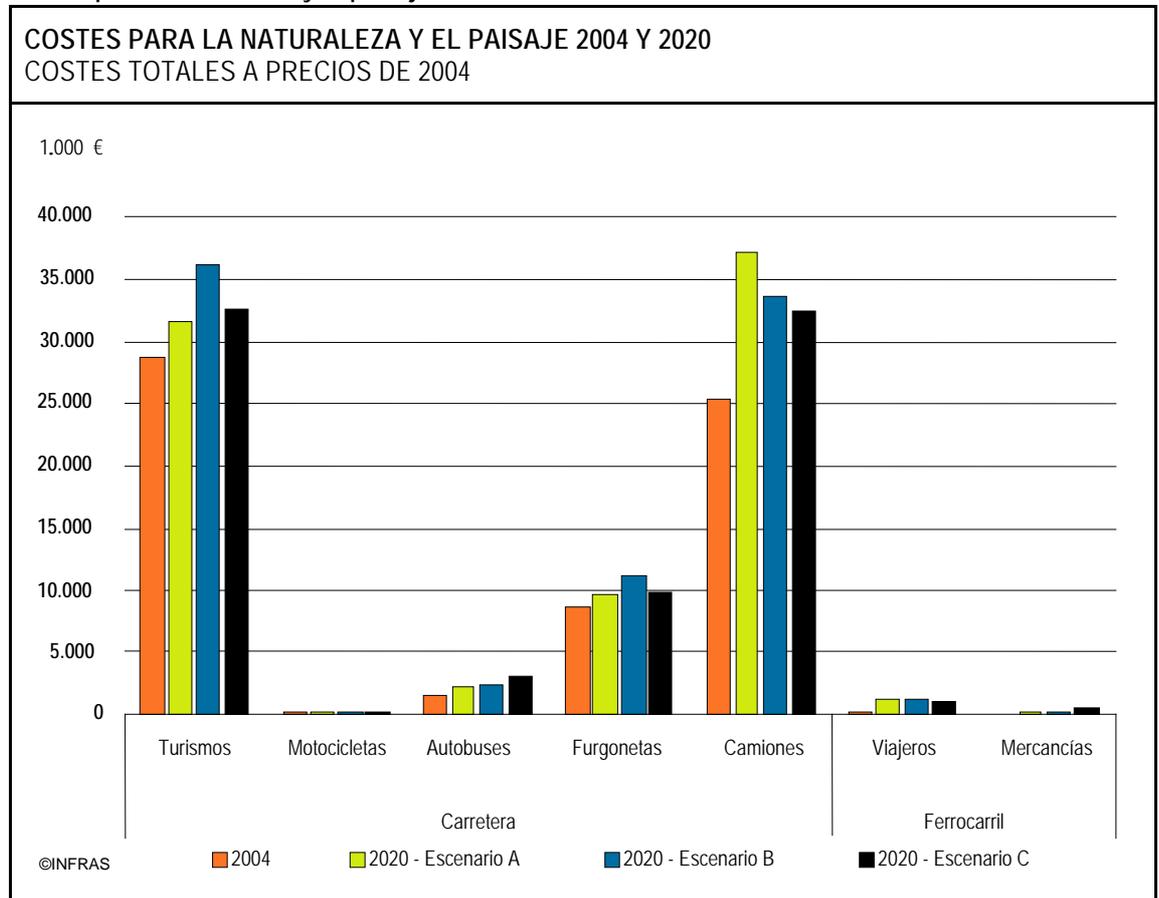


Figura 69 Costes para la naturaleza y el paisaje en 2004 y 2020 en 1.000 € a precios de 2004.

### Interpretación

- › Costes totales para la naturaleza y el paisaje: Escenario A: +27%, Escenario B: +31%, Escenario C: +23%
- › Principal motivo: el aumento de las infraestructuras viarias y ferroviarias implica unos mayores costes de permeabilización y restauración.
- › Segundo motivo: el incremento en los volúmenes de tráfico implica un aumento de los costes por contaminación de suelos ya que los factores de emisión de los contaminantes que afectan a este aspecto se mantienen más o menos estables hasta 2020.

## Costes en áreas urbanas

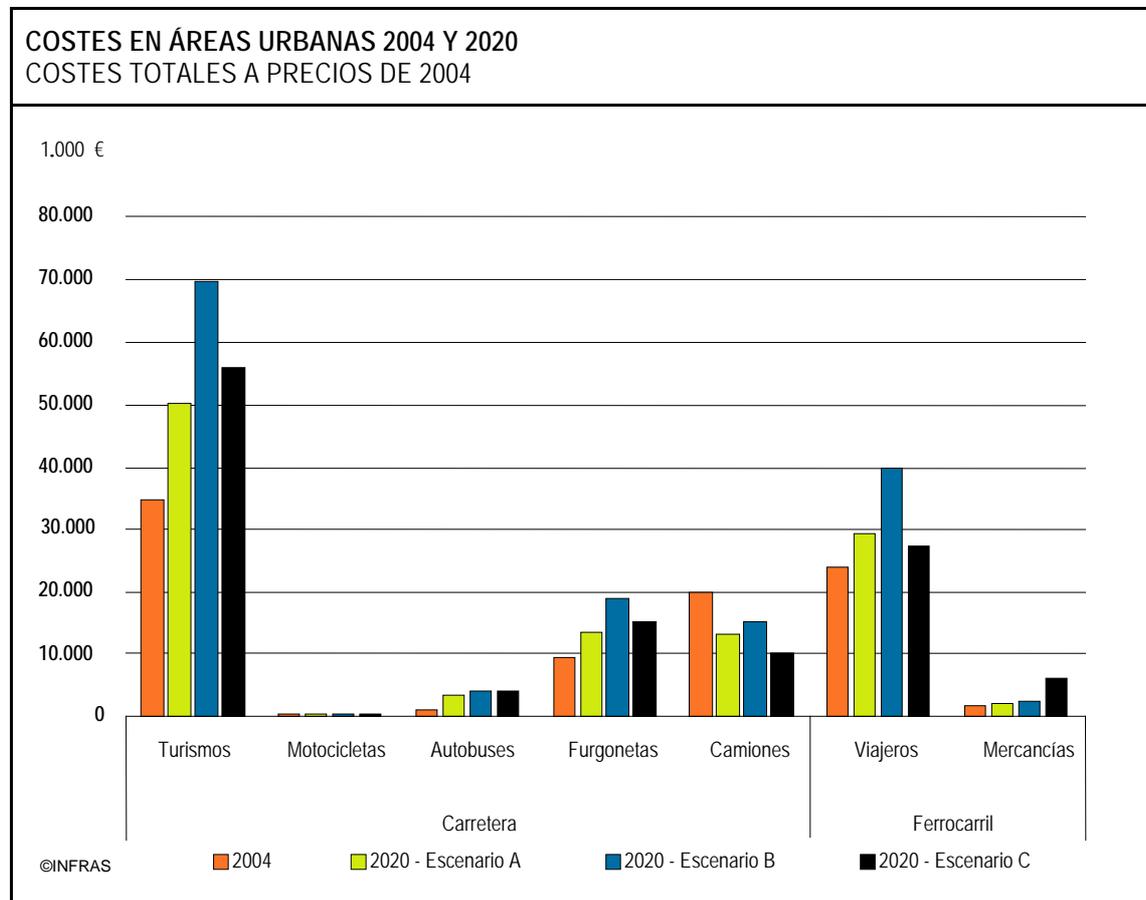


Figura 70 Costes en áreas urbanas en 2004 y 2020 en 1.000 € a precios de 2004.

### Interpretación

- › Costes totales en áreas urbanas: Escenario A: +23%, Escenario B: +66%, Escenario C: +23%
- › Principal motivo: aumento de los volúmenes de tráfico, aumento del valor del tiempo.
- › Para todos los escenarios se experimenta un aumento de los costes para los modos no motorizados en áreas urbanas, en los escenarios A y B esto se explica a que se supone un desarrollo más expansivo del urbanismo, lo que conlleva a unos desplazamientos más largos a pie y por tanto un aumento del número de cruces que han de realizar los peatones. En el caso C, al optarse por unos desarrollos urbanos más concentrados, aunque el número de estos desplazamientos sea mayor que en los otros dos escenarios, se reduce su longitud lo que supone que el aumento con respecto a los otros dos escenarios sea menor.

## Costes por efectos indirectos

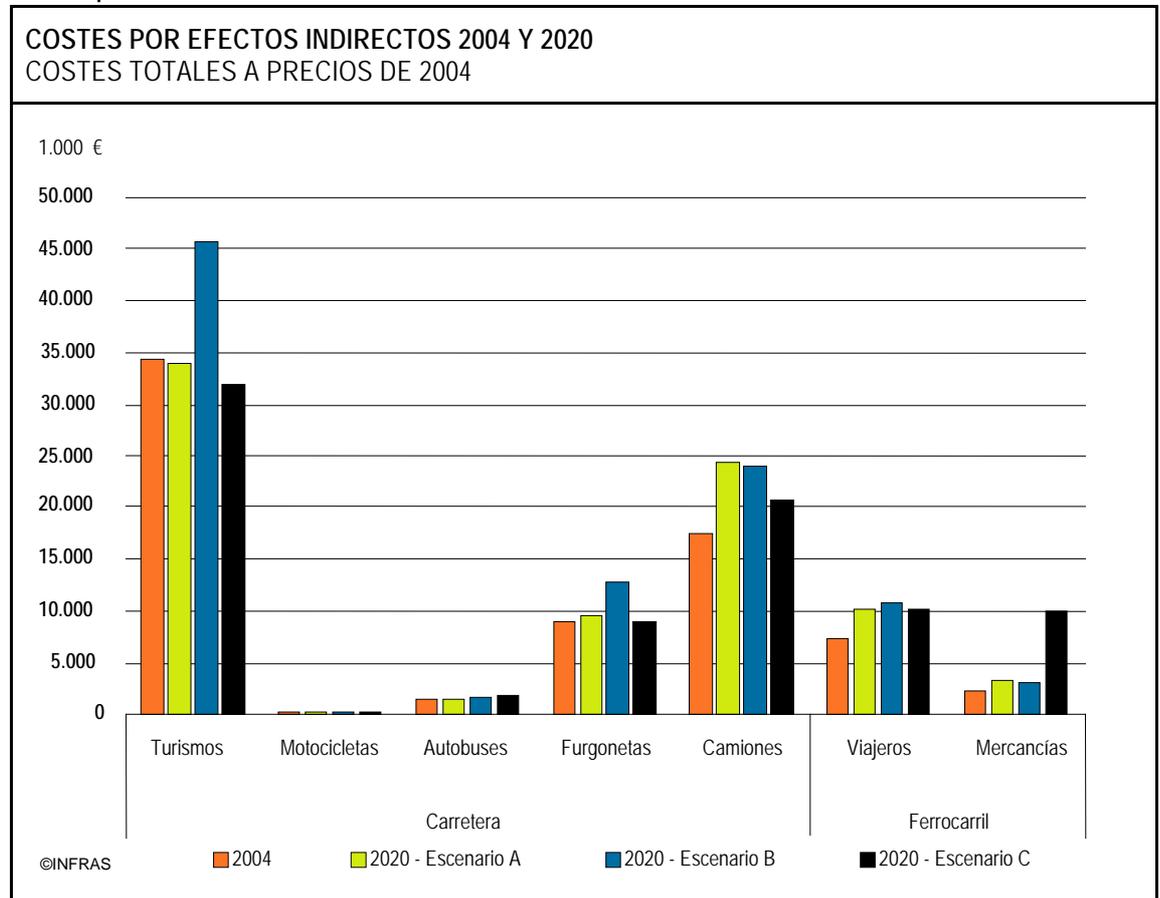


Figura 71 Costes por efectos indirectos en 2004 y 2020 en 1.000 € a precios de 2004.

## Interpretación

- › Costes totales por efectos indirectos: Escenario A: +15%, Escenario B: +37%, Escenario C: +17%
- › Principal motivo: mayor índice de motorización y mayor demanda de energía en el transporte (a pesar de un mayor rendimiento de los combustibles).

## Costes de congestión

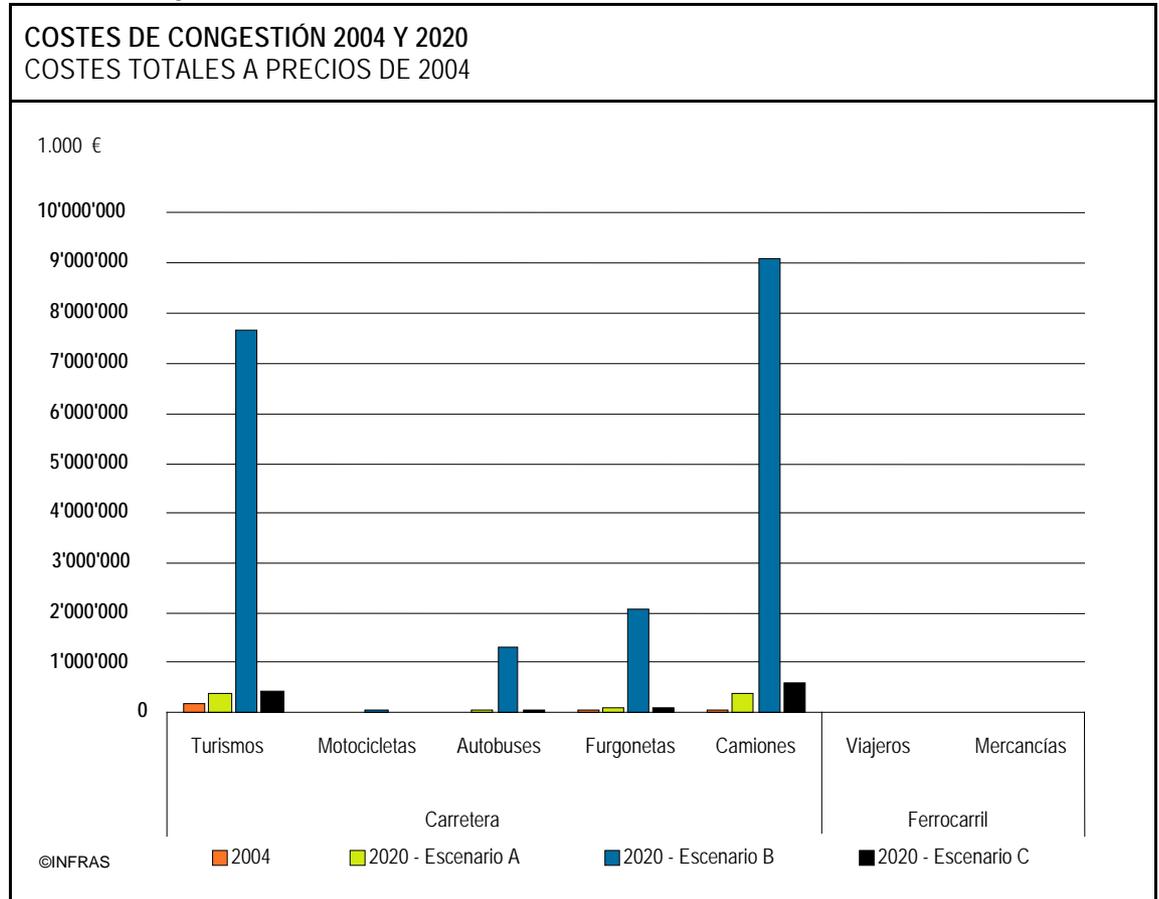


Figura 72 Costes de congestión en 2004 y 2020 en 1.000 € a precios de 2004.

## Interpretación

- › Costes totales por congestión: Escenario A: +357%, Escenario B: +7.655%, Escenario C: +475%
- › Principal motivo: Los tres escenarios tienen en común un aumento generalizado de la movilidad dadas las actuales y complejas tendencias de suburbanización de la residencia y del empleo (que aumentan la longitud del viaje y degradan el reparto modal), junto con la pérdida porcentual en el reparto modal de los modos no motorizados y del transporte público. Hay que tener en cuenta que dado que no se prevé un aumento significativo de la infraestructura viaria, se experimentan costes por congestión muy importantes dado que al ser el fenómeno de congestión no lineal, la congestión aumenta muy por encima del aumento de la movilidad. Se podría razonar que los fenómenos de adaptación a la misma (cambios en las horas de viaje, horarios flexibles, papel del transporte público, etc.) laminarían dicho aumento. Sin embargo, dichos aspectos se han tenido en cuenta en la modelización, lo cual significa simplemente que

el viaje medio aumentará de manera importante sin por ello llegar a las cifras de otras áreas metropolitanas del Estado (caso de Madrid) o de otras ciudades europeas (congestión viaria en Londres fuera de su área central) dado que partimos de fenómenos de congestión en la actualidad que no son excesivos. De hecho la fragilidad actual de nuestra red viaria radica en la falta de fiabilidad horaria de la red metropolitana en Bilbao y San Sebastián, más que en los tiempos de viaje habituales en “días normales.” A su vez los tres escenarios presentan diferencias substanciales entre sí.

- › El Escenario A: Mantiene las tendencias actuales urbanísticas y de transporte, en ausencia de aumentos significativos a nivel global de la infraestructura viaria. Se beneficia de una ligera disminución de la actividad económica, aunque la movilidad sigue aumentando por otros motivos
- › El Escenario B: Ya se ha comentado cómo se trata de un escenario analítico en el sentido de que dibuja un “estado final” que no es plausible que se materialice dado que el proceso de degradación provocaría reacciones drásticas. Este escenario conlleva con respecto al A, no sólo el aumento de la actividad económica con más viajes al trabajo, sino también una mayor agudización de tendencias negativas de tipo urbanístico. Dada la naturaleza apuntada de la congestión como fenómeno no lineal, resultan en números claramente inaceptables, y como se apunta, con muy baja probabilidad de que se llegasen a materializar, en el sentido de que dicho escenario B, tendería tras sus inicios a aproximarse al escenario C mediante la reacción que provocaría en los órganos de la Administración
- › El Escenario C creemos que muestra algo muy importante y es que aún con medidas muy agresivas de gestión del sistema de transporte (mejoras del transporte público, restricción del automóvil, reconducción parcial de las tendencias urbanísticas, etc.) los niveles de congestión seguirían aumentando de manera importante si conseguimos aumentar, como es deseable y obligado, la actividad económica que haga frente a las obligaciones sociales asociadas al envejecimiento progresivo de nuestra sociedad. Este escenario C es una importante llamada de atención a la necesidad de iniciar ya políticas que debieran ser mucho más agresivas que las recetas que se manejan habitualmente como solución a nuestros problemas. De hecho y a pesar de las considerables medidas tecnológicas que lleva implícito este escenario, los costes externos totales lejos de disminuir, continuarían aumentando, aunque en menor medida que los costes de congestión.

#### 4.5.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se ha precedido a la realización de un análisis de sensibilidad para comprobar el efecto del aumento de los ingresos en los factores de coste.

- › Factores de coste que dependen de las estimaciones de la disponibilidad a pagar: valores de riesgo para el “valor estadístico de la vida”, “valor de un año de vida perdido” etc, para los conceptos de accidentes, ruido y contaminación del aire.
- › Valores del tiempo (congestión, áreas urbanas)
- › Perdidas de producción del sistema (accidentes, ruido y contaminación del aire)

Para las proyecciones a 2020 estos valores han sido ajustados a la evolución del PIB/capital 2004-2020, utilizando una elasticidad del 0,5 (por ejemplo: si el PIB/cápita aumenta un 45%, los factores de coste se verán incrementados en un  $45\% * 0,5 = 22,5\%$ ).

Si los factores de coste se mantuviesen constantes, los costes totales en 2020 serían entre el 10,4 y 12,5% más bajos en comparación con lo estimado anteriormente. El siguiente gráfico muestra los costes externos totales con factores de coste constantes.

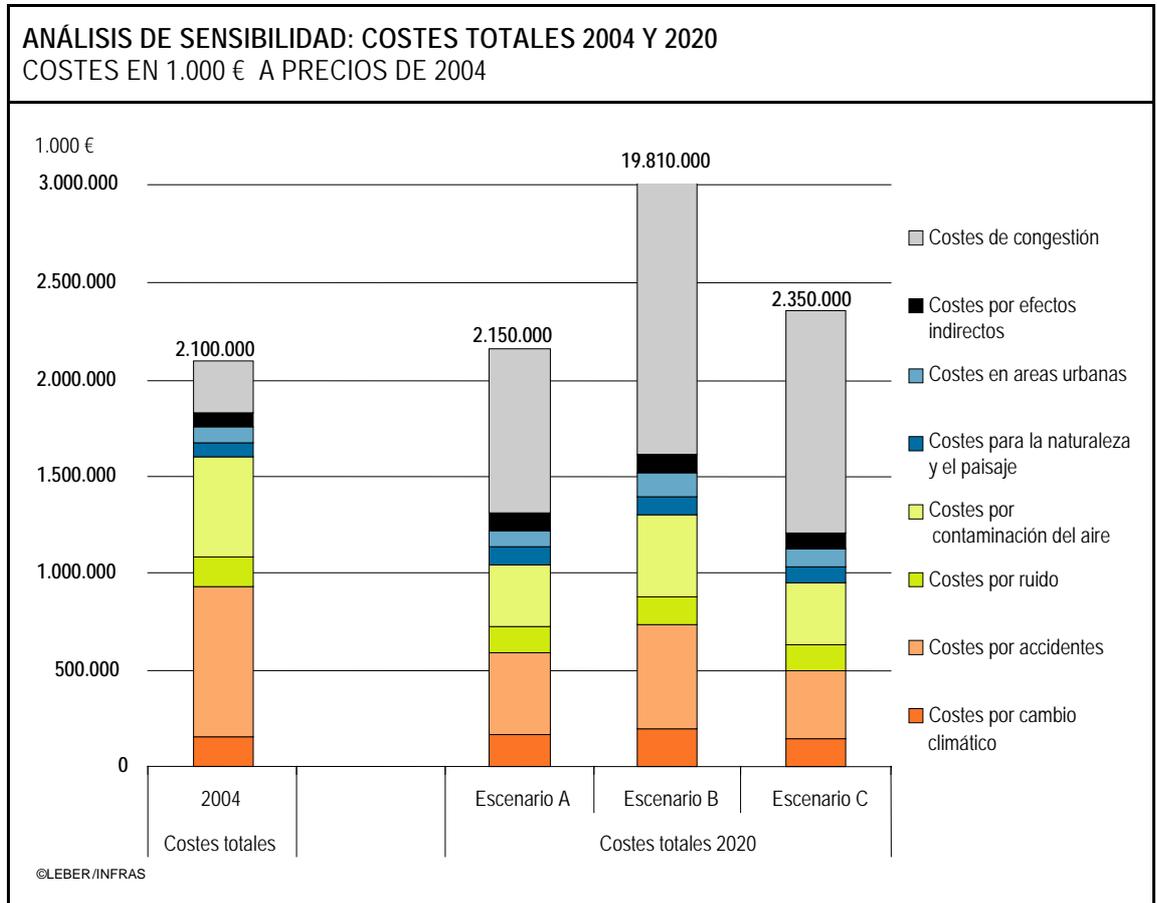


Figura 73 Costes totales en 2004 y 2020 con factores de coste constantes (sin ajuste del PIB/cápita, en 1.000 € a precios de 2004).

Variación de costes totales en comparación con las estimaciones anteriores.	Análisis de sensibilidad: costes 2020		
	Escenario A	Escenario B	Escenario C
Costes por cambio climático	0.0%	0.0%	0.0%
Costes por accidentes	-17.0%	-17.4%	-16.6%
Costes por ruido	-18.0%	-18.0%	-18.0%
Costes por contaminación del aire	-18.1%	-18.1%	-18.1%
Costes para la naturaleza y el paisaje	0.0%	0.0%	0.0%
Costes en áreas urbanas	-18.3%	-18.2%	-18.2%
Costes por efectos indirectos	0.0%	0.0%	0.0%
Costes de congestión	-10.5%	-10.1%	-9.3%
<b>Total</b>	<b>-12.5%</b>	<b>-10.4%</b>	<b>-11.6%</b>

Tabla 65 Variación de los costes totales por concepto y escenario proyectado mediante análisis de sensibilidad.

Nota: los costes por cambio climático, para la naturaleza y el paisaje y por efectos indirectos se mantienen inalterables ya que sus factores de coste no dependen de la variación de ingresos.

## 5. RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS RESULTANTES

### 5.1. RESULTADOS A 2004

Los costes totales en términos absolutos corresponden a un total de **1.952 millones de euros**, cifra suficientemente elevada si se compara por ejemplo con los presupuestos anuales de inversión y gestión del conjunto del Gobierno Vasco. En términos relativos, dicho monto medio total se puede relativizar por ejemplo en base a su repercusión por habitante en la C.A.P.V., resultando una cifra de unos **930 euros por habitante y año o bien 2.600 euros por familia**.

Este estudio no pretende ser un mero ejercicio contable, sino que sus redactores entendemos que puede servir para influenciar la política de transporte. En concreto, nos referimos a las fases de evaluación de la rentabilidad socio-económica de todo nuevo proyecto, que debiera tener en cuenta los resultados objeto de este estudio.

A nivel conceptual, se puede adelantar utilizando los costes de mayor a menor rango, cómo se la política de el Departamento de Transportes y Obras Públicas en coordinación con otros departamentos, así como con otros niveles de la Administración (Diputaciones Forales y Municipios), debería incidir prioritariamente en:

- Políticas enfocadas a mitigar la accidentalidad, interurbana y urbana
- Políticas que reduzcan la contaminación atmosférica en entornos urbanos
- Políticas que transfieran demanda hacia el transporte público en entornos metropolitanos y urbanos
- Políticas que reduzcan la exposición sonora en entornos urbanos

Lo anterior se traduce a su vez en posibles actuaciones sectoriales del tipo siguiente, cuya mayor contribución es cuando se aplican mediante paquetes con claras sinergias entre sí:

- › **Política de infraestructuras:** Adopción de nuevos métodos y valores para la evaluación socio-económica de nuevas infraestructuras en términos multi-modales. En concreto dicha evaluación debe tener en cuenta tres grupos de conceptos: (a) eficiencia económica del sistema de transporte, a lo largo de su ciclo vital, es decir, teniendo en cuenta su contribución en ahorros de tiempo, costes de explotación, así como los de gestión y mantenimiento), (b) Costes medioambientales y de consumo de suelo, tales como los que son objeto de este

estudio, y no menos importantes, (c) impactos a nivel del desarrollo metropolitano y regional en términos económicos de atracción (ó pérdida de empleo), intercambios comerciales, competitividad empresarial, nueva demanda inducida por fomento de nuevos desarrollos tanto en sentido positivo (desarrollos en proximidad a estaciones de Metro) como negativo (puesta en el mercado de suelos rurales alejados del sistema de transporte público)

- › **Política fiscal:** Incentivos en vehículos menos contaminantes (nuevas tecnologías anti-contaminación, menores niveles de consumo, motores híbridos ..) y penalización a vehículos de mayor impacto medioambiental; Eliminación de las ventajas económicas para vehículos con motores Diesel; Ventajas fiscales a la vivienda y a la ubicación de actividad económica en entornos con un nivel aceptable y competitivo de transporte público; Reconocimiento de las ventajas económicas de la “aglomeración” de actividad económica (masas críticas, mezcla complementaria y sinérgica de actividades, creatividad por intercambio, etc) en zonas urbanas con densidades de empleo y actividad sólo posibles mediante un buen servicio de transporte público; etc.
- › **Política viaria:** Reducción de la accidentabilidad interurbana, mediante mejoras de la infraestructura (“carreteras que perdonan”), limitaciones de velocidad, mejoras de gestión, vigilancia, y asistencia e investigación de accidentes.
- › **Política de transporte público:** Políticas de apoyo para la construcción y mejora de los sistemas de transporte público en ámbitos metropolitanos y urbanos, mediante modos ferroviarios, dada su permanencia y funcionalidad, vis a vis, el transporte por superficie sin prioridad viaria
- › **Política de desincentivación del uso del automóvil:** Tasas sobre los costes variables (precio de las gasolinas, peajes viarios, coste de aparcamiento..) y los costes fijos (tasas municipales, tasas de matriculación, seguros en base al kilometraje anual, etc.) ; Incentivos a las empresas e instituciones que mejoren el reparto modal del acceso de empleados y que promuevan el uso del transporte público (reparto de bonos para uso del transporte público, substitución de flotas oficiales por vehículos de alquiler por horas – car sharing - etc.)
- › **Política urbanística:** Adopción de incentivos y penalizaciones para guiar la política de vivienda, y de ubicación de empleo y servicios, que atraigan umbrales mínimos de personas, hacia áreas servidas por el transporte público con un nivel de servicio aceptable y competitivo
- › **Política en la esfera municipal:** Apoyo a la esfera municipal con medidas políticas y económicas para incentivas políticas de tranquilización de tráfico para reducir la accidentalidad y la contaminación atmosférica y los niveles de ruido, de reducción de la

dotación de aparcamiento de rotación, y disuasión del uso de automóvil, mediante mejoras urbanísticas que fomenten el uso del transporte público y de los modos no motorizados.

Dentro del paquete global de actuaciones, se pueden identificar como especialmente necesarias y urgentes las siguientes:

1. Mejora de la Seguridad: Reducción de la velocidad y tranquilización de tráfico en áreas urbanas, junto con mejoras para peatones y ciclistas, programas de seguridad, e imputación de costes del seguro en función de los comportamientos individuales.
2. Tecnologías respetuosas con el Medio Ambiente: Protección acústica, inversiones para la reducción de contaminación atmosférica (partículas, biocombustibles) especialmente en autobuses urbanos , incluyendo la aplicación de incentivos fiscales
3. Gestión de tráfico en horas punta: información en tiempo real y peaje urbano
4. Reparto modal: Mejora del transporte urbano e interurbano, y control del precio del aparcamiento
5. Esquemas globales de peaje urbano, con cargos por kilómetro y por cruzar pantallas
6. Circunvalaciones y esquemas de disuasión de tráfico de paso por áreas urbanas
7. Políticas de Usos del Suelo: Punto de equilibrio entre mayores densidades (que suponen mayor coste de contaminación y congestión) y dispersión espacial (con mayor coste en infraestructuras), con un aumento de la energía consumida y de los costes por cambio climático.

A su vez las distintas actuaciones se deben desagregar en función de las competencias de los distintos órganos de la Administración capaces de implantar las medidas recomendadas. Así se podría indicar a título de meros ejemplos ilustrativos:

- ✓ Políticas propias de el Departamento de Transportes y Obras Públicas:
  - Inversiones en ferrocarril y transporte público
  - Criterios de evaluación y justificación socioeconómica de inversiones

- ✓ Políticas propias de otros departamentos del Gobierno Vasco:
  - Seguridad vial
  - Incentivos y penalizaciones fiscales en vehículos y combustibles
  - Política urbanística
  
- ✓ Políticas propias de otras esferas de la Administración:
  - Municipios que concentran precisamente los mayores costes externos, y que son abordables mediante políticas municipales: aparcamiento, tranquilización de tráfico, etc.
  - Posible papel del Departamento de Transportes y Obras Públicas como “Paraguas Político” e incentivador de nuevas iniciativas necesarias, pero poco populares
  
- ✓ Políticas del Sector Privado:
  - Vías de peaje
  
- ✓ Políticas enfocadas al público en general mediante campañas de información y concienciación social:
  - La “tiranía” de las pequeñas (y múltiples) decisiones diarias por parte del ciudadano medio

### 5.1.1. UTILIDAD DE LOS RESULTADOS

Gracias a la desagregación de los resultados obtenidos, podemos observar cuáles son los aspectos que requieren de una actuación urgente dentro de una política dirigida a la reducción de las externalidades en el ámbito del transporte. En este aspecto distinguiremos dos facetas, por un lado cómo cuantificamos la desagregación de los resultados, y por otro de qué herramientas o parcelas de actuación disponemos para obrar una vez que se ha decidido el campo de actuación a la vista de la cuantificación de los resultados desagregados.

#### **Cuantificación de los resultados: costes unitarios.**

Estas son las formas que se consideran más convenientes de representar los resultados para el motivo que nos atañe.

- › por veh-km (o tren km)
- › por unidad de impacto (accidente, emisiones, ruido) para integrarlos en los análisis coste-beneficio, como pueden ser la consideración de distintos periodos horarios, distintos modos, etc.

#### **Sistemas de actuación: diferentes enfoques.**

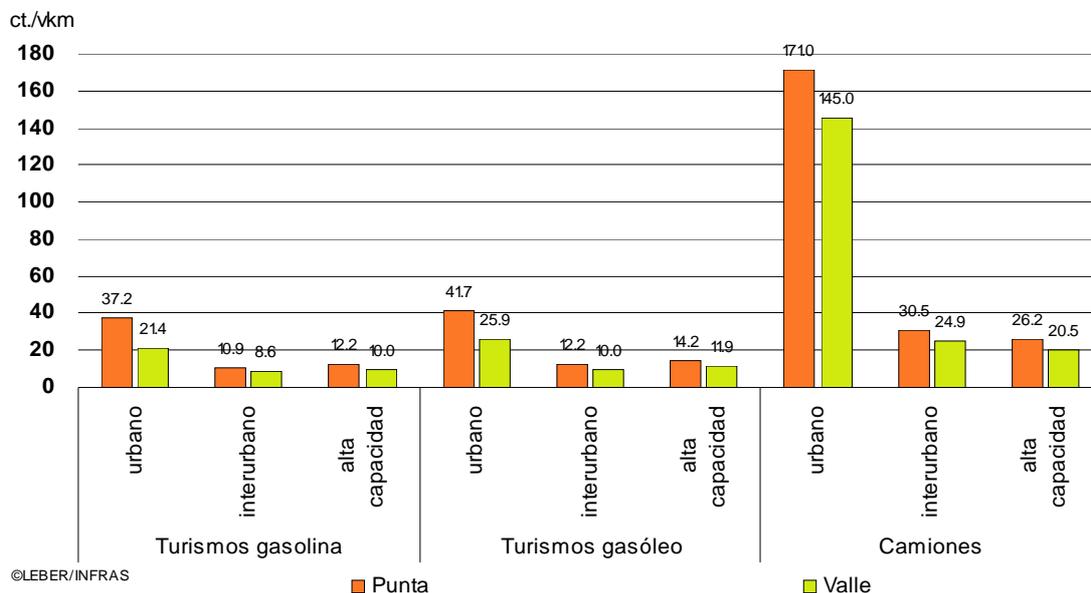
Los campos que aparecen más apropiados para llevar a cabo las políticas orientadas a la reducción de los costes externos resultan ser los siguientes:

Inversión en infraestructuras viarias y ferroviarias: (costes de inversión vs. Reducción de la congestión, costes por accidentes, costes ambientales)

- › Mejoras de la flota: costes de inversión (filtros de partículas en autobuses) versus la reducción de contaminación del aire, y del consumo
- › Sistemas de gestión de tráfico: costes de inversión vs. Reducción de la congestión

## Costes unitarios para análisis coste beneficio

ct./vkm	Turismos de gasolina		Turismos de gasóleo		Camiones	
	Punta	Valle	Punta	Valle	Punta	Valle
	<b>Costes ambientales</b>					
Urbano	6,7	6,7	11,3	11,0	113,2	113,2
Interurbano	2,6	2,6	4,0	4,0	19,7	19,7
Alta capacidad	3,9	3,9	5,9	5,9	15,3	15,3
	<b>Seguridad</b>					
Urbano	12,2	12,2	12,2	12,2	14,8	14,8
Interurbano	6,0	6,0	6,0	6,0	5,2	5,2
Alta capacidad	6,0	6,0	6,0	6,0	5,2	5,2
	<b>Congestión + costes en áreas urbanas</b>					
Urbano	18,3	2,5	18,3	2,5	43,0	17,0
Interurbano	2,3	0,0	2,3	0,0	5,7	0,0
Alta capacidad	2,3	0,0	2,3	0,0	5,7	0,0
	<b>Total</b>					
Urbano	37,2	21,4	41,7	25,9	171,0	145,0
Interurbano	10,9	8,6	12,2	10,0	30,5	24,9
Alta capacidad	12,2	10,0	14,2	11,9	26,2	20,5



### Algunas cifras de referencia para internalizar los costes externos

1. Costes de Aparcamiento: Los costes externos de una plaza de aparcamiento en zona urbana se pueden asociar a un viaje medio que sirve de 30 km por plaza (descompuesto en 15 kms de ida y otros tantos de vuelta) Esto supondría 11 € durante la hora punta y 7 € en hora valle.
2. Peaje urbano: Precio adicional por entrar en la ciudad, que supone, admitiendo una longitud en saturación de 10 kms, un coste por viajero de 1,8 euros
3. Costes globales por km:
  - Para automóvil: 0,14 €
  - Para camiones: 0,36 €
4. Diferenciación de la fiscalidad según el nivel de emisión, según la EURO-norms
5. Política nacional de cambio climático que impute un coste medio de transporte de:
  - 25 – 60 € por tonelada de CO<sub>2</sub>
  - 0,004-0,011 € por turismo-km
  - 0,014-0,036 € por camión-km

## 5.2. RESULTADOS A 2020

### Interpretación de los escenarios de transporte

- › El cálculo de los costes externos nos permite visualizar los problemas del transporte mediante la asignación de un valor monetario.
- › Hay dos tipos de problemas provocados por las externalidades del transporte: El primero es que la congestión, la accidentalidad y el deterioro del medioambiente están provocando costes muy importantes para la economía. La reducción de estos costes conlleva una mejora de la eficiencia del sistema. El segundo tipo de problema es la falta de equidad social derivada del hecho de que a menudo pagan los que no deben, contraviniendo el principio tradicional de que sea el usuario quién absorba las consecuencias de su decisión.
- › Los costes futuros que se han estimado en base a la proyección a 2020 de las variables críticas del transporte y de su entorno – a pesar del progreso tecnológico y la mejora en la seguridad – siguen aumentando, aunque su crecimiento es más bajo que el incremento de los volúmenes de tráfico, no así en el caso de la congestión, dado su carácter no lineal.
- › El escenario en el que se obtienen los mejores resultados de los tres planteados, es aquel en el que se establecen políticas agresivas enfocadas a minimizar las externalidades del transporte y mejorar su rendimiento. Pero incluso dentro de este escenario, los costes externos siguen creciendo con respecto a 2004 como año de referencia, además de mostrar valores absolutos relativamente altos. Esto se debe a los siguientes motivos: en primer lugar, una razón importante para el incremento de los costes futuros es el hecho de que el valor que da la sociedad a la seguridad y al medio ambiente también se incrementan. Un segunda razón es que no se adopta una política especialmente drástica de internalización de estos costes, aumentando las tasas de uso entre los usuarios del sistema de transporte.
- › Es por esto que no exista política capaz de reducir los costes ambientales o los costes por accidentes a cero. De todos modos esta postura utópica no sería eficaz, ya que los costes derivados de reducir las externalidades a cero podrían ser a su vez demasiado altos. Sin embargo una política de asignar valores monetarios que absorbiesen los usuarios del sistema de transporte (como peajes, sistemas de financiación, tasas de aparcamiento) podría reducir una importante parte de estos costes. Además, estos instrumentos de tarificación tienen la ventaja añadida de que pueden repercutir la factura a quien realmente le corresponde, y al mismo tiempo, se erigen en mecanismo para garantizar la funcionalidad del sistema viario.

### Uso de los costes externos para definir objetivos y dirigir las políticas de transporte

- › Resulta útil definir el objetivo de cuál queremos que sea el nivel de costes externos futuros, para en base a él definir las políticas de transporte. Una posibilidad sería la estabilización y reducción de los costes externos, hasta un nivel aceptable. Teniendo en cuenta los resultados de los escenarios de futuro de este estudio, podría plantearse como meta el escenario referido a una política encaminada hacia una mejora ambiental, ya que tiene una mezcla óptima entre ampliación de capacidades (medidas físicas como variantes viarias y mejoras en el transporte público), sistemas inteligentes para mejorar la eficiencia del tráfico como la gestión del tráfico y los peajes, y un importante recurso a mejoras tecnológicas y de seguridad.
- › Un objetivo futuro, como es el nivel de este escenario, unido a un instrumento de tarificación para que sean los usuarios del transporte los que paguen los costes (como los peajes o un incremento en los impuestos de los vehículos) sería lo más adecuado. En una segunda fase sería recomendable una reducción de estos costes un 5% cada año a título orientativo.
- › Este proceso requiere definir una serie de indicadores: número de accidentes, niveles de tráfico (durante el día, en horas punta), emisiones y consumo de energía, número de autobuses con filtros de partículas...; de cara a su gestión para garantizar la satisfacción de dicho objetivo.

### Uso de los costes externos para la evaluación de proyectos de transporte

- › Los costes unitarios aquí obtenidos, pueden (y creemos que deben) ser utilizados para tener en cuenta los impactos de la congestión viaria, la accidentalidad y el deterioro del medio ambiente en la evaluación de los proyectos.
- › Resulta de gran utilidad la inclusión de estos costes unitarios en la evaluación de los proyectos de infraestructura (a fin de llegar a adoptar las medidas complementarias óptimas), en la de las actuaciones de gestión de tráfico, o en otras medidas como la adopción, obligada o incentivada, de por ejemplo, los filtros de partículas para los coches diesel o la reducción de los límites de velocidad.

### Introducción de nuevos instrumentos para internalizar los costes externos

- › Como se ha mencionado antes, las medidas de tarificación tienen la ventaja de un doble efecto: incentivan la reducción de los perjuicios del tráfico y generan ingresos. Estos ingresos pueden usarse para financiar
  - › Infraestructuras (de carretera, de ferrocarril) con el objetivo de integrar el transporte público local, regional y el de alta velocidad.

- › Medidas para mejorar las condiciones de los peatones y de los ciclistas.
- › Medidas de seguridad y protección ambiental al objeto de reducir impactos.
- › Sistemas regionales de peaje (diferenciados según el tipo del vehículo y hora de circulación) la utilización de parte de este dinero en la reducción de la congestión, en la mejora del transporte público y en otras medidas útiles podría erigirse en instrumento esencial para futuras actuaciones en el País Vasco.