

**PROBLEMAS DEL MEDIO AMBIENTE CONTAMINACION Y
GESTION**

Justo Borrajo

1994.1

INDICE

1.- Introducción

2.- La variable ambiental en la planificación de infraestructuras de transporte

2.1. Energía y transporte

2.2. La comparación entre modos de transporte

2.2.1. La eficiencia energética

2.2.2. La cuantificación de los costes externos

2.3. El casco urbano

2.4. Transporte interurbano

3.- Los métodos multicriterio para la selección de alternativas

3.1. Evaluación económica coste-beneficio

3.2. La evaluación de impacto ambiental

3.3. Costes de la consideración de la variable ambiental

1. INTRODUCCION

La integración en la Comunidad Europea supuso para España la obligación de realizar evaluaciones de impacto ambiental de todos los proyectos de grandes infraestructuras de transporte: Autovías y Autopistas, ferrocarriles, aeropuertos, etc.

A partir de la entrada en vigor en julio de 1988, del Real Decreto ley 1302/86 todos los proyectos incluidos en evaluación han sido sometidos a estudios de impacto, permitiendo al Organo Ambiental la realización de Declaraciones de Impacto que aseguran la viabilidad medio-ambiental de los mismos.

Ello ha supuesto la selección de alternativas más costosas en muchos casos, realizando túneles o estructuras más importantes o eligiendo alternativas de trazado con mayores dificultades geotécnicas. Además, se incorporan siempre una serie de medidas correctoras para paliar los problemas de ruido, integración en el paisaje, etc. que suponen unos costes directos añadidos.

Por otra parte, la creación del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, en 1990, supuso también, por primera vez en nuestro país, la posibilidad de realizar Planes Integrales de Transporte donde se comparasen las ventajas e inconvenientes de los diferentes modos entre sí, considerando las externalidades que los mismos originan. Así el Plan Director de Infraestructuras presentado por el Gobierno antes de las últimas elecciones, es el primero que contempla la variable ambiental como factor condicionante de la planificación del transporte desde dos puntos de vista principales: El energético y el de costes adicionales originados por la protección del medio.

El sector transporte en la C.E. ha crecido en los últimos 20 años más deprisa que otros sectores económicos: 3,1% en pasajeros y 2,3% en mercancías desde 1970, y es previsible que mantenga tasas elevadas debido a la integración de mercados y la eliminación de aranceles. La Comisión Europea prevé que el tráfico internacional crezca en los próximos años un 5% anual.

Dichas tendencias configuran un escenario con graves problemas de contaminación y congestión sobre todo en medio urbano, donde se hacen cada vez más necesarios nuevos procedimientos de control sobre la demanda privada, que en estos momentos absorbe el 85% del transporte total realizado y es la responsable de la mayor parte del deterioro ambiental que se produce en las ciudades.

Por otra parte, el transporte constituye el sector de la economía que más externalidad produce, tanto positivamente como factor clave de accesibilidad y determinante en la localización de actividades económicas, como negativamente al ser gran consumidor de energía y recursos naturales además de gran generador de ruidos y emisiones contaminantes.

Por todo ello, los objetivos de una política de transportes sostenible se orientan a una adecuada planificación de los sistemas intermodales y a una mayor competitividad de los diferentes modos de transporte a través de la internalización más real de los costes externos que cada uno genera. Una política de transportes compatible con un desarrollo sostenible de la economía implica un apoyo claro a los transportes públicos, sobre todo en medio urbano, con medidas que penalicen el uso del vehículo privado y modifiquen los hábitos de consumo.

2. LA VARIABLE AMBIENTAL EN LA PLANIFICACION DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE

El transporte constituye hoy día una de las mayores amenazas al equilibrio ecológico del planeta. El elevado consumo energético y la emisión de contaminantes atmosféricos, que además contribuyen al calentamiento global, el ruido, las vibraciones, la ocupación del suelo por las infraestructuras, la intrusión visual, la ruptura de ecosistemas, la congestión, la accidentalidad y los riesgos del transporte de mercancías peligrosas, son los impactos negativos principales de los sistemas de transporte.

En los países europeos de la OCDE el sector transporte emite 216 millones de toneladas de CO₂, principal causante del efecto invernadero, representando el 21% del total

de las emisiones, y los turismos representan el 55% del total del sector. Además, es el principal contribuyente a las emisiones del NO_x (60%) e hidrocarburos.

Por otra parte, el sector transporte terrestre emite a la atmósfera más del 80% del total de energía sonora producida por todas las actividades humanas.

Según la OCDE el coste ambiental por contaminación, congestión y accidentalidad debido al transporte terrestre representa un 5% del PIB en los países desarrollados. Estos costes que limitan los beneficios sobre la economía y sobre todo reducen la calidad de vida son particularmente graves en las ciudades, por ello, desde los años 70 en otros países europeos se viene trabajando en políticas de mejora ambiental de las ciudades: Racionalizando el uso del vehículo privado en el centro de las ciudades y mejorando el transporte público y las condiciones de movilidad de los peatones.

En España, solamente al inicio de los Ayuntamientos democráticos se intentaron políticas de implantación de zonas peatonales con planteamientos puntuales e insuficiente soporte técnico. Sin embargo, para una ciudad de tamaño medio los automóviles son los causantes del 100% de las emisiones de CO y Pb del 60% de los NO_x y del 50% de las partículas contaminantes, con efectos sobre la salud de los habitantes: cánceres, irritaciones de mucosas, etc.; sobre el medio ambiente global y sobre el patrimonio histórico (como es un ejemplo paradigmático el acueducto de Segovia).

2.1. Energía y transporte

Los tres principales modos de transporte: carretera, ferrocarril y avión, se caracterizan por ser consumidores intensivos de energía dentro de las actividades económicas, con una participación creciente en la demanda global. En la década de los 80 el consumo de energía por los transportes ha mantenido tasas de crecimiento elevadas, mientras el resto de sectores ha estabilizado o incluso reducido sus consumos.

En dicho período en la C.E. el consumo del sector transporte ha pasado de representar el 25% al 31% del total, y en España dichos porcentajes son aún superiores (33%

y 42% respectivamente) con tasas anuales de crecimiento del orden del 6% entre los años 1986 y 1990.

Además, la dependencia del petróleo es absoluta y su participación en el consumo final de derivados del petróleo es creciente a medida que otros sectores reducen sus consumos y los sustituyen por fuentes alternativas (gas natural, electricidad hidráulica o nuclear, etc). En España el transporte representa el 64% de la demanda total de productos petrolíferos, correspondiendo a la carretera el 84% de todo el sector. La demanda ha sido muy rígida en relación con los precios y la eficiencia sigue siendo baja en comparación con otros países de nuestro entorno (el consumo por unidad de PIB era superior en 1990 que en 1983). Además, el grado de dependencia del petróleo es superior a la media de los países industrializados (excepto Italia y Japón) con un 54% del consumo global de energía primaria en 1990, cuando el valor medio comunitario es del 44%, y prácticamente la totalidad viene del exterior (solo un 2% es producción española) con unas reservas muy limitadas.

La especial rigidez del modelo español se puso de manifiesto tras las crisis de 1973 y 1979 en las que el aumento de precios apenas provocó descensos en los consumos. La disminución del período 1982-1985 fue consecuencia de la crisis económica general más que de una política de ahorro, por lo que la recuperación a partir de 1985 fue mayor que en el resto de países industrializados. Las tasas de crecimiento entre 1990 y 1992 han sido de 2,5%; 4,4% y 2% por encima de la media de los países de la OCDE.

Sin embargo, el modelo español tiende a ajustarse al europeo, pues mientras en el período 1975/84 la elasticidad del consumo respecto al PIB ha sido en España de 2,5 (1,14 en los países de la CEMT) durante el período 1984/88 descendió a 1,1 y actualmente está en valores algo superior a la unidad.

En este contexto el ferrocarril es el único modo que utiliza recursos energéticos no procedentes del petróleo por lo que puede presentar ventajas a medio y largo plazo. Sin embargo, esta ventaja comparativa debe ser analizada en detalle pues la eficiencia energética depende de las tasas de ocupación, que suelen ser inferiores a las de los otros modos en trayectos interurbanos, de la relación tracción eléctrica/tracción diesel y de las

fuentes de energía primarias utilizadas en la producción de energía eléctrica. El resto de modos están vinculados a derivados del petróleo con un margen de sustitución prácticamente nulo a medio plazo.

Teniendo en cuenta que el transporte por carretera es el principal consumidor de carburantes y el aéreo es muy sensible a los precios, el futuro desarrollo de estos modos está muy asociado a las incertidumbres de suministro, oscilación de precios y restricciones impuestas por el grave impacto que produce su consumo sobre el medio ambiente. Todo ello condiciona el desarrollo futuro del sector y la definición de políticas públicas.

El impacto ambiental es la principal limitación al desarrollo de los modos más consumidores de energía, en especial el transporte por carretera. Los compromisos internacionales en relación con las emisiones de CO₂ (cambio climático) solo podrán alcanzarse reduciendo el consumo, bien desplazando la demanda hacia el transporte público (más eficiente) o el ferrocarril, o bien imponiendo restricciones al uso del vehículo privado.

Según puede observarse en la Tabla 1 el transporte por carretera contribuye con el 80% a las emisiones de CO₂, y los vehículos privados constituyen el elemento más contaminante con el 55% de gas emitido.

La Comisión Europea se propone introducir un nuevo impuesto sobre la energía que incida en la reducción de las emisiones de CO₂. La limitación de emisiones de CO₂ previstas por la CE para el año 2000 supondría que el crecimiento del sector transporte no superase el 3 por 100 anual acumulativo, por lo que propone la introducción de un impuesto que pueda llegar a representar 3 dólares/barril inicialmente para llegar a 10 dólares/barril al final de la década. El precio del petróleo en el año 2000 podría llegar a alcanzar los 32 dólares/barril solo como consecuencia de este impuesto.

En todo caso, el consumo específico de energía en cada modo solo es un aspecto de la contaminación ambiental que produce, pues la congestión supone un incremento importante en el consumo global que debe ser considerado. Estudios realizados sobre la contaminación por efectos de la congestión indican valores de incremento de consumo del

100%. El excesivo peso del transporte por carretera en la distribución modal introduce ventajas comparativas para el ferrocarril, por el simple hecho del incremento de velocidad de circulación en el sistema viario que se produciría al transferir parte de la demanda.

Los precios de los carburantes condicionan la demanda de consumo, tanto en su estructura como en su cuantía, por lo que pueden ser una herramienta importante de planificación del transporte y de protección ambiental sobre todo en la parte de cuota fiscal que incorporan al precio del petróleo crudo, que está sujeto a las leyes de oferta-demanda y a la paridad del dólar.

La evolución del precio del petróleo en dólares constantes de 1970 puede observarse en el Gráfico 2, donde se aprecian dos impulsos bruscos en 1973 y 1979. El mercado está caracterizado por su rigidez a corto plazo, tanto en la oferta como en la demanda, debido a que los costes variables representan un porcentaje muy pequeño de los costes de producción, los países productores dependen en gran medida de su venta, es una fuente difícilmente sustituible y solo representa el 30% del coste final de combustible (el resto corresponde al refinado, transporte, distribución e impuestos). A plazo más largo los precios muestran una tendencia a ajustarse a los costes de producción y a las previsiones de duración de las reservas, en un inevitable crecimiento de los precios. Las previsiones de la Dirección General de la Energía de la C.E. utilizando precios de 1990 son de 23 dólares/barril en el año 2000 y 28 dólares/barril en el 2005.

En cuanto al precio de la gasolina, en pesetas constantes de 1992, se ha mantenido desde los años 60 según se puede apreciar en el Gráfico 3, a pesar del fuerte crecimiento de los dos últimos años (10 pts/l en cada año). La cuota fiscal representa en la actualidad un 65-70% del precio de venta final en la mayor parte de los países comunitarios, proponiendo la Comisión una armonización de los mismos para establecer un marco equilibrado de competitividad y posteriormente implantar un impuesto especial sobre la energía.

En España se ha incrementado recientemente (agosto 1993) el impuesto especial sobre carburantes y una política fiscal activa es uno de los mejores instrumentos para

actuar en la demanda de transportes, modificando el reparto modal y desviando parte del tráfico hacia los menos consumidores, absorbiendo las fluctuaciones de los precios del crudo e incorporando a cada modo los costes de las externalidades de tipo medioambiental.

2.2. La comparación entre modos de transporte

2.2.1. La eficiencia energética

Los diferentes estudios sobre el balance de consumo de energía en los diferentes modos se suelen referir a los consumos derivados de la tracción de los vehículos, evitando incorporar los consumos de energía de los procesos de fabricación de los mismos o de la construcción de las infraestructuras que precisan. En cualquier caso existe acuerdo en considerar que la tracción representa el 77/80% del balance global de la carretera, el 65/70% en el ferrocarril y el 90/95% en el medio aéreo.

Desde el punto de vista energético el automóvil privado es muy poco eficiente y lo seguirá siendo a pesar de las mejoras tecnológicas que se introduzcan en los motores, ya que la carga útil transportada difícilmente podrá ser superior al 10/15% de la carga total. La Comisión Europea en el documento "Transporte y medio ambiente" da tablas de consumo de energía y consumos específicos en función de la tasa de ocupación (Tabla 4).

Si se tiene en cuenta que la tasa media de ocupación es del 35-40% y que los consumos en medio urbano se incrementan en un 30-35% como resultado del régimen de circulación (frecuentes paradas y arranques) se obtienen los valores siguientes:

| <u>Tráfico</u> | <u>Velocidad (Km/h)</u> | <u>Mj/asiento-Km</u> |
|----------------|-------------------------|----------------------|
| Urbano | 20 | 2,0-3,2 |
| Suburbano | 40 | 1,5-3,0 |
| Interurbano | 100 | 1,3-2,6 |

Además, el vehículo privado produce un grave impacto ambiental, sobre todo en medio urbano según se aprecia en la Tabla 5, reduciéndose las emisiones en los automóviles con motores diesel y en los de gasolina con catalizador de tres vías.

La renovación del parque automovilístico se muestra como un eficaz instrumento para reducir las emisiones contaminantes en las ciudades. La sustitución de un vehículo de más de 10 años por uno nuevo reduce un 33% las emisiones de NO_x , un 70% las de CO y un 20% las de C_xN_x , mientras el contenido del Pb podrá reducirse a la mitad.

Por otra parte, los costes del combustible representan el 40% de los costes de explotación, que pueden cifrarse en 21,55 pts/veh-km para un vehículo medio de 1.440 cc. con un recorrido anual de 15.000 Km. y 10 años de vida útil. El resto de costes está formado por depreciación (42%), mantenimiento (11%) y otros (7%).

El autobús, constituye el modo de transporte de pasajeros más eficiente desde el punto de vista energético. Su capacidad oscila entre 20 y 50 asientos con consumos de 20 a 40 l/100 Km., lo que representa de 0,25 a 0,35 Mj/asiento-Km. Si se tienen en cuenta las tasas de ocupación los consumos específicos son los de la Tabla 6, los valores de dichas tasas no son muy bien conocidos en autobuses interurbanos, aunque pueden oscilar entre 50-75%, mientras en los de ámbito urbano las ocupaciones son mayores pero están penalizados por el régimen de circulación, por lo que pueden suponerse consumos del orden del 0,4-0,5 Mj/pasajero-Km., frente a los 2,0-3,2 Mj/pasajero-Km del vehículo privado en medio urbano.

Hay que destacar que en medio urbano la mitad del carburante se consume en aceleraciones y solo el 10% en vencer la resistencia aerodinámica, por lo que una mejora en la circulación por reducción de la congestión puede tener un efecto multiplicador importante en la eficiencia energética. En cambio, en trayectos interurbanos el 75% de la energía se consume en vencer la resistencia aerodinámica y el 25% en rozamiento, siendo la parte de la aceleración despreciable.

Desde el punto de vista de los costes de explotación el carburante representa el 28% de los mismos (120 pts/vehículo-Km), siendo el resto salarios (29%), depreciación (29%), mantenimiento (6%) y otros (8%), para un autobús de 55 plazas con 90.000 Km./año recorrido y 7 años de vida útil. Una vez incorporados los costes de administración, comercialización, etc. el carburante puede representar un 9-11% de los costes de explotación en medio urbano y algo superior (12-13%) en los interurbanos al ser menores los costes indirectos.

En definitiva, el autobús es un modo de elevada eficiencia energética que no muestra especial sensibilidad a los costes de carburante, al ser su participación en los costes totales pequeña.

El ferrocarril tiene unos consumos específicos según tasa de ocupación y tipo de tren que se exponen en la Tabla 7, donde puede observarse que dichos consumos son superiores al autobús pero inferiores al vehículo privado (2 a 3 veces por asiento-Km.). Al tener en cuenta las tasas de ocupación reales y la utilización de energía eléctrica procedente de térmicas de carbón con bajos rendimientos energéticos los resultados, sobre todo ambientales, pueden no ser tan claros. En trenes convencionales es difícil alcanzar tasas superiores al 40%, y en el tren de alta velocidad se obtienen consumos específicos parecidos al tener tasas de ocupación sensiblemente mayores (80%). En España la tracción eléctrica alcanzó el 80% en 1991.

En el caso del metro los consumos específicos por pasajero-Km son del orden de 1,5 Mj/pasajeros-Km, lo que indica una eficiencia muy baja respecto al autobús debido sobre todo a la tracción eléctrica y a los servicios auxiliares de iluminación, ventilación y señalización. La participación de los costes de la energía sobre los de explotación son del orden del 14% con tendencia creciente en los últimos años, y no existe sensibilidad al precio del petróleo.

El avión es el modo más consumidor de energía en la tracción pero el más económico en la fabricación de vehículos y sobre todo en la construcción de infraestructuras, y además presenta tasas de ocupación elevadas (del 70%). El consumo específico de los

últimos tipos de avión es del orden de 1 Mj/asiento-Km., y teniendo en cuenta las tasas de ocupación dan consumos de 2-2,5 Mj/pasajero-Km., dos veces los del tren de alta velocidad. Pero sin embargo, su gran problema son las emisiones de NO_x a gran altura que producen graves efectos sobre la capa de ozono. Además, conviene diferenciar entre vuelos de corto y largo recorrido, ya que la repercusión del consumo en despegues, aterrizajes y rodadura es muy importante. Así, el Airbus 310 consume 30-40% menos por Km. en un trayecto de 1000 Km. que en otro de 500 Km.

Sobre costes de vuelo el combustible representa el 35-45% por lo que es el modo más sensible a los costes del carburante. Si se incorporan los costes indirectos, el carburante representa el 15% del total.

La característica fundamental del transporte de mercancías en comparación con el de pasajeros es que se plantea en términos económicos, siendo modos alternativos la carretera y el ferrocarril pues el aéreo presenta unas particularidades de coste que limita su campo de actuación a productos de alto valor añadido. En los vehículos pesados el consumo específico oscila entre 0,7 y 1 Mj/t-Km. y en ferrocarril los valores son similares.

Más importantes desde el punto de vista de la competencia puede ser la exención del impuesto sobre carburantes al ferrocarril vigente desde primeros de 1993. Los costes del carburante representan un 24-34% de los costes directos del camión, reduciéndose hasta el 10-15% si se tienen en cuenta los costes totales.

Por último, sobre el tráfico marítimo de mercancías la información es escasa, aunque en la CE se estima un consumo del orden de 0,2 Mj/t-Km. en costero y largo recorrido, elevándose a 0,8 Mj/t-Km en el fluvial. Sin embargo, desde el punto de vista ambiental sus ventajas disminuyen al utilizar combustibles de peor calidad y motores de alto rendimiento con un elevado nivel de emisión de NO_x.

2.2.2. La cuantificación de los costes externos

Es cada vez más generalmente aceptada la necesidad de incorporar los costes externos en la fase de planificación de las infraestructuras y la próxima regulación de los Estudios de Impacto Ambiental de Planes y Programas, por parte de la U.E., puede servir de marco a este tipo de consideraciones.

Los principales costes externos que no suelen ser considerados en los estudios económicos son los de contaminación atmosférica y ruido, aunque al no existir un manual de evaluación único para todos los modos también hay que considerar la accidentalidad y la congestión. A continuación vamos a tratar de cuantificar los mismos para los transportes terrestres: carretera y ferrocarril, al ser los mismos los más alternativos pues el aéreo es un caso aparte, por sus tarifas y tiempos de recorrido.

En cuanto al **ruido** el número de personas expuestas a niveles superiores a los 55 dB (A) en España debido a la carretera es del 74%, más del doble que en el resto de países europeos (Tabla 8).

El número de personas expuestas a niveles sonoros superiores a los 70 dB (A) por 10^6 vkm + tKm es en Europa de 41 para el ferrocarril y de 46 para la carretera, y si se excluye a Alemania, con una red ferroviaria única por su densidad, el ferrocarril baja a 22 personas por 10^6 ptkm. Además, el incremento de los niveles sonoros produce unos crecimientos mucho mayores de las molestias (una persona expuesta a 55 dB (A) evalúa la molestia en el 38% de que sufre a 65 dB (A)).

Si se tiene en cuenta que la estimación de los costes sociales producidos por el ruido se eleven como mínimo según la O.C.D.E. al 0,1% del P.I.B aceptándose valores del 0,2% y que las personas sometidas a valores ponderados de 65 dB (A) en diferentes países son los de la Tabla 9, se obtiene que cada persona debería ser compensada con 47 ECUS/año, lo que implicaría una internalización de $2,22$ ECUS/ 10^3 pt-Km para la carretera y de $1,73$ ECUS/ 10^3 Pt-km. En España este valor es de $4,1$ ECUS/ 10^3 pt-km para la carretera y desconocido para el ferrocarril.

Otro factor a tener en cuenta es la diferente percepción individual del ruido proveniente de la carretera y del ferrocarril al ser diferente la frecuencia y no ser continuo el segundo. Algunos países, como Alemania, han reconocido este hecho estableciendo un bono al ferrocarril de 5 dB (A), lo que rebaja la tasa de internalización de éste de 1,73 ECUS/10³ ptKm a 0,52 ECUS/10³ ptKm.

La cuantificación de los costes sociales de la contaminación atmosférica es mucho más complicada que la del ruido, pues no se conocen los efectos dosis-respuesta ni las sinergías entre emisiones y los efectos no son pasajeros y pueden sobrepasar las fronteras.

Los estudios existentes señalan costes sociales financieros (debidos a efectos sobre la salud, monumentos históricos, pérdida de productividad, contaminación de ríos y embalses, etc.) que oscilan entre 0,1% y el 0,5% del P.I.B. En términos totales, considerando la disponibilidad al pago los costes ascienden al 0,5-1,5% del P.I.B. Por ello, los impuestos sobre los carburantes pueden resultar insuficientes para compensar los costes externos de contaminación producidos.

En lugar de calcular los costes derivados se puede intentar establecer unos gravámenes que permitan alcanzar determinados objetivos. Este camino es el seguido por la Comisión Europea con su tasa por emisión de CO₂, o Suecia que ha introducido unas tasas (Tabla 10) según niveles objetivo en emisiones de óxido de nitrógeno, hidrocarburos, sulfuros y anhídrico carbónico. La Unión Internacional de Ferrocarriles U.I.C.. propone los gravámenes de dicha tabla, con objeto de reducir las emisiones totales un 33% y basándose en costes sociales del 0,7% del P.I.B., mientras Suecia aumenta los costes sociales hasta el 2% del P.I.B. y considera que la carretera es responsable del 80% de los mismos.

TABLA 10.- GRAVAMENES POR CONTAMINACION ATMOSFERICA (ECU/t)

| | <u>SUECIA 1992</u> | <u>U.I.C.</u> |
|-----------------------|--------------------|---------------|
| NO _x | 5.370 | 2.000 |
| HC | 2.680 | 2.000 |
| SO ₂ | 2.010 | 2.000 |
| CO ₂ | 30 | 30 |

Si se aplican los gravámenes de la U.I.C. a las emisiones atmosféricas del tráfico de viajeros y mercancías en Alemania y Francia, se obtienen las tasas de internalización para mercancías siguientes:

| <u>Francia</u> (ECU/10 ³ t-Km.) | <u>Alemania</u> | <u>Modo</u> |
|---|-----------------|-----------------------|
| 3,2 | 1,34 | Carretera urbana |
| 2,7 | 8,1 | Carretera interurbana |
| 0,05 | 1,7 | Ferrocarril |
| - | 1,6 | Navegación fluvial |

siendo para viajeros en Alemania de 3,6 ECU/10³ v-km. en autobús, 17,6 ECU/10³ v-km. en coche privado y 1,0 ECU/10³ v-km. en ferrocarril.

Los gravámenes por contaminación atmosférica introducidos en Suecia han producido unos cambios en el uso del transporte de viajeros, incrementando el uso del transporte público en un 20%, disminuyendo un 11% el uso del coche privado y reduciendo el tráfico total (v-Km) en un 4%.

La introducción de los catalizadores y su mejora previsible han reducido el problema de contaminación en zonas urbanas, pero las emisiones de CO₂ y el efecto invernadero continua sin ser resuelto.

En cuanto a los nuevos combustibles, solo los acumuladores eléctricos y el hidrógeno pueden resolver la tendencia negativa a largo plazo, presentando las restantes alternativas unas reducciones de emisión mínimas, sobre todo si se consideran las emisiones energéticas necesarias para su fabricación.

En cuanto a la accidentalidad el riesgo de muerte , medido en v-Km, es 15 veces menor en ferrocarril que en la carretera y 90 veces menor en heridos. Si se considera que no se suelen conocer los heridos leves de la carretera y si del ferrocarril y que un 40% de los muertos y un 25% de los heridos de éste se producen en pasos a nivel con implicación

del tráfico rodado, se ve la gran diferencia modal desde este punto de vista.

Sin embargo, este factor está introducido en los manuales de evaluación económica lo que debe traducirse en una mayor rentabilidad de las inversiones en ferrocarril, siempre que las tasas de descuento sean iguales para los dos modos.

La influencia de los costes de muerto y herido que se introducen en el Manual es también fundamental para los resultados obtenidos, estando los valores españoles un 75% por debajo de la media europea en 1989 en el valor del muerto y próximo a la media en los coste de heridos. Los valores actuales de 25 Mpts. por muerto y 3,3 Mpts. por herido en carretera únicamente han tenido en cuenta la inflación, pero siguen siendo inferiores a la media europea.

Si se utilizase una evaluación internacional única (10^6 ECUS para las muertes y 200.000 ECUS para los heridos) los costes sociales para accidentes de carretera y ferrocarril en España serían de $10.578 \cdot 10^6$ ECUS y $63 \cdot 10^6$ ECUS respectivamente, representando un 3% del PNB. Como puede observarse la relación carretera/ferrocarril en costes sería de 168 en lugar de 443 actual ($4.426 \cdot 10^6$ ECUS en la carretera y $10 \cdot 10^6$ ECUS en el ferrocarril) y el coste global representa el 1,3% del PNB.

De dichos costes sociales puede considerarse que el 50% son costes externos y el resto costes operacionales o interiorizados.

Por último, en lo que se refiere a congestión los costes externos solo afectan a la carretera, sobre todo en zona urbana. En los manuales de evaluación se tiene en cuenta mediante el valor del tiempo (2.500 pts/hora para vehículos pesados y 1.445 pts/hora para ligeros) y en el caso interurbano se estima a partir de las velocidades de circulación que se derivan del nivel de servicio (relación intensidad/capacidad). En el caso urbano su estimación es mucho más difícil al mezclarse diferentes tipos de tráfico y presentarse factores de hora punta mucho más marcados.

En Estocolmo se ha estudiado la influencia de la introducción de un peaje de

3,4 ECUS/día sobre el tráfico de vehículos privados, deduciéndose que el transporte público se incrementa en un 9%, mientras el vehículo privado desciende un 20% en las horas de máxima demanda. Los mayores incrementos públicos se dan en el tren de cercanías (+13%) y en el autobús urbano (+12%), mientras los viajes privados descienden sobre todo en el centro y solo ligeramente (5%) en los viajes suburbanos.

En Alemania los costes externos de este factor se evalúan en un 0,7% del PIB y en Francia se consideran superiores a los de la accidentalidad para camiones (4,78 ECUS/10³ t-Km frente a 2,32 ECUS/10³ t-Km.) y de 5,79 ECUS/10³ v-km para vehículos privados.

En Suecia los costes externos de los automóviles privados, medidos en ECU/10³ v-Km., son de 28 para áreas rurales, 57 en la región de Estocolmo, 143 en los suburbios de esta ciudad y 270 en el centro de la misma. Se puede observar que dichos costes son 10 veces superiores en el centro de Estocolmo que en las zonas rurales de las carreteras principales.

En conclusión puede decirse que si se consideran los costes externos la fiscalidad de la carretera puede no compensar los gastos totales que la misma produce. Así, en Suecia se han obtenido unas cuentas que indican un déficit de $14,8 \cdot 10^{12}$ coronas y en Holanda de $13,9 \cdot 10^{12}$ florines. Por ello, puede estar justificado un incremento de la fiscalidad indirecta sobre el usuario de la carretera, que armonicen las distorsiones del mercado produciendo un mejor reparto modal y una disminución del deterioro ambiental.

2.3. El caso urbano

Los problemas del transporte urbano superan la mera comparación de la eficiencia energética de los distintos modos y las ventajas comparativas de los mismos.

En el transporte interurbano el objetivo es establecer un marco competitivo que asigne a cada modo sus costes de infraestructura y los externos que generan, permitiendo que las reglas del mercado funcionen e impongan sus criterios en función de las preferencias de

la demanda. En cambio, en el caso urbano la contaminación y la congestión presentan una gravedad que superan los meros análisis coste-beneficio.

En áreas metropolitanas el tráfico produce casi el 100% de las emisiones de CO y plomo, el 60% de las de hidrocarburos y NO_x, el 50% de las partículas y el 10% de las de SO₂. Además, el problema se agrava debido a la escasa capacidad de dispersión de dichos elementos durante determinadas épocas del año (inversiones térmicas). Los principales efectos son sobre la salud de los habitantes (cánceres, irritaciones de mucosas, etc.) y sobre el patrimonio histórico.

En cuanto al ruido ambiental el análisis de las tendencias actuales tampoco permite ser optimistas, ya que el 51% de la población española está sometida a niveles superiores a 65 dB(A) debido a los vehículos de transporte.

El único mecanismo capaz de redistribuir los tráficos potenciando el transporte público es el coste percibido por el usuario, que en el caso del vehículo privado únicamente incluye el precio del carburante, el coste del aparcamiento y los peajes urbanos.

El Consorcio de Transportes de Madrid ha realizado estudios sobre los pasajeros del metro y los usuarios del vehículo privado pues la información sobre pasajeros de autobuses no resulta válida dado el sistema tarifario de los mismos. A lo largo del mes las familias motorizadas con ingresos medios reducen el uso de sus vehículos privados al disminuir sus disponibilidades monetarias, lo que indica que el transporte urbano es sensible a los costes variables percibidos, siendo la elasticidad de la demanda elevada debido a los bajos precios de los combustibles y a la no existencia de peajes o costes de aparcamiento (no existe control) en Madrid. En el transporte público la demanda no depende tanto de las tarifas como de la calidad del servicio medida en comodidad, puntualidad y frecuencia.

Dada la relación existente actualmente entre las tarifas del transporte público y los costes percibidos por el usuario del vehículo privado, que varían entre 5 y 10 veces superior en éste según trayecto, no parece que una reducción de las tarifas del metro o del autobús pueda tener efecto sobre las preferencias de los usuarios de automóviles. En cambio,

sí puede ser determinante una elevación de los costes percibidos que debería ir por el establecimiento de un peaje urbano o por un pago diario del aparcamiento.

El impuesto sobre los carburantes tiene el inconveniente de la imposibilidad de separar los consumos urbanos de los interurbanos, exigiéndose además en el marco de la U.E. una convergencia con lo que realicen el resto de países comunitarios.

El peaje urbano ha presentado hasta el momento el inconveniente de su difícil gestión, pero los sistemas de cobro sin detención se están utilizando ya en algunas ciudades, además de en autopistas interurbanas y en actuaciones puntuales de túneles y puentes. Las experiencias de las ciudades noruegas de Oslo y Trondheim suponen un paso adelante, al ser sistemas globales de cobro por el uso del viario de toda la zona central de un área metropolitana. Las experiencias zonales de Singapur, Hong-Kong, Cambridge o Richmond no han alcanzado todavía el umbral de aplicabilidad general, debido a los problemas de oportunidad y complejidad técnica que plantean. En Hong-Kong se han logrado reducciones del 15% en autopistas periféricas. En París y Londres la imposición de una tarifa simplificada e integrada (carta naranja y travel card) para circular por la ciudad produjo una reducción del número de vehículos diarios del 2-3% en París y del 10-15% en Londres en las horas punta.

En Noruega era habitual la utilización del peaje en puntos singulares (puentes y túneles) pero en los últimos años se ha extendido a los planes arteriales de las ciudades principales. En 1986 se estableció el primer cordón de peaje en Bergen y en 1991 el último en Thondhrein. En Oslo el cordón de peaje se inauguró en febrero de 1990, existiendo vías de pago manual y otras sin parada para abonados por períodos de tiempo (mes, semestre o año).

El cordón de peaje consiste en 19 estaciones que, junto con unas ordenaciones de tráfico complementarias, obligan al tráfico que accede al interior a pasar por ellas y pagar un peaje común. Su ubicación deja a un 50% de los habitantes del área metropolitana (700.000 habitantes) en el exterior del mismo y capta el volumen más alto posible de tráfico.

El control automático de peaje se comenzó con registro en vídeo de las placas de matrícula de un 5% de los vehículos en período al azar y su comprobación posterior con las listas de abonados, pero enseguida evolucionó a un sistema electrónico en el que cada vehículo abonado lleva una identificación electrónica que permite la comprobación de listas automáticamente en el mismo día. La tarjeta del interior del vehículo envía una señal a una antena colocada en cada vía que identifica al vehículo y su cuenta de prepago correspondiente. Las infracciones se registran en video digital de la placa de matrícula y sirve para iniciar el proceso de sanción posterior.

El número de vías de cobro electrónico es de 27 y las tarjetas distribuidas de unas 150.000 con una media de una transacción diaria.

La recaudación anual es del orden de 108.000 Mpts-93 y los gastos de explotación del sistema del orden del 10% de dicha recaudación.

Otro de los caminos estudiados en los últimos años para paliar los problemas causados por los vehículos privados en las ciudades, es la gestión de la reserva de capacidad viaria existente mediante la información a los usuarios con señales de mensaje variable. Los sistemas de información exclusivos, tipo autoguiado o gestión de flotas con redes de comunicación propias, optimizan los recorridos y tiempos de sus abonados pero no pueden considerarse como instrumentos de gestión de la capacidad viaria disponible. Los sistemas basados en información en emisoras de radio o televisión, o en teléfonos de información de tráfico carecen de información inmediata y global a los conductores que se puede dar con paneles de mensaje variable, que permiten, una gestión más eficaz.

Las aplicaciones de estos sistemas puede clasificarse en cuatro grandes grupos: Regulación, aviso de incidentes, guiado e información general. A partir de un sistema único y centralizado se realiza una gestión de la reserva de capacidad existente en cada momento, una reconfiguración de itinerarios alternativos y una advertencia de peligros u obstáculos ocasionales.

La eficacia del sistema será tanto mayor cuanto más estructurada esté la malla viaria y mejor ubicados los intercambiadores y los aparcamientos de disuasión.

En Europa se han realizado proyectos en Madrid y Paris, limitándose en nuestro caso a los accesos e interior de la M-30, proporcionando información alfanumérica-gráfica en 31 paneles. En las vías de acceso se puede conocer el estudio de tráfico en el interior de la M-30 y las alternativas de otros accesos, y en el interior las informaciones son de tipo general sobre instrucciones de tráfico o de seguridad. Existen 5 centrales de estrategia de control que funcionan como concentradores de comunicaciones y están a su vez conectadas con un centro de Control.

La eficacia del sistema, hasta el momento, es reducida, como lo demuestra la utilización del sistema en la mayor parte del tiempo para la emisión de mensajes parroquiales del tipo "Conduzca con precaución". La principal dificultad radica en encontrar soluciones alternativas válidas en tiempo real, al no disponerse de información de otros modos ni existir suficientes intercambiadores.

En el Plan Director de Infraestructuras 1993/2007 a pesar del objetivo de intermodalidad expuesto con énfasis y reiteración en el programa de actuaciones en medio urbano, el 50% de las inversiones en grandes áreas metropolitanas se destina a red viaria (1 billón de pesetas sobre dos billones de pesetas) y en el medio urbano del resto de ciudades el 80% es inversión en red viaria. En total la inversión en viario supone un 55% de la inversión total en infraestructura de transporte urbano.

Centrándonos en las grandes áreas metropolitanas donde es más fácil conseguir la intermodalidad y la potenciación del transporte colectivo, se observa que en el caso de Madrid para conseguir estos objetivos se planifica: Calzada Bus/VAO en la N-VI y plataformas reservadas al transporte colectivo en las carreteras N-I, N-III, N-IV y N-401, con intercambiadores bus-metro a la altura de la M-30; cinco aparcamientos de disuasión en la N-VI (3), N-V y N-401; un eje ferroviario transversal ligado a las operaciones singulares de Barajas y Campamento y la ampliación de la red de metro. En el resto de grandes áreas metropolitanas se observa la planificación de nuevos accesos ferroviarios a los aeropuertos

de Valencia y Barcelona o a zonas con elevada población: Costa del Sol y Bahía de Cádiz, en general asociadas a operaciones urbanísticas que permitan su autofinanciación.

En general, se observa que mientras las actuaciones viarias están muy desarrolladas a nivel de planeamiento e incluso de programación, con estudios informativos o proyectos que sirven para reservar el suelo necesario para las mismas, el resto de actuaciones es, en muchos casos, una intención voluntarista. Así, en el área de Valencia es "necesaria una mejora importante de la calidad de servicio del transporte público colectivo, mediante la actuación concertada en la realización de inversiones y en la planificación de los servicios, y la implantación de una política tarifaria unificada. "En el área de Sevilla hay que "potenciar y articular un sistema de transporte colectivo eficaz, actuando en la introducción de mejoras en la infraestructura del transporte colectivo, en la adopción de medidas que restrinjan el uso del coche para el acceso a las zonas centrales, o la renovación del viario urbano titularidad del MOPTMA para adecuarlo a otros usos".

Es decir, el planeamiento viario continua a un fuerte ritmo para hacer frente, y a la vez facilitar, los importantes crecimientos de la movilidad en vehículo privado en las áreas urbanas y metropolitanas, mientras el resto de actuaciones precisa la concertación con otras administraciones o su inclusión en operaciones urbanísticas singulares que las autofinancien, constituyendo en todo caso procesos muy lentos.

Por último, el P.D.I. cita la posibilidad de introducir sistemas de peaje blando por el uso de redes viarias de gran capacidad en determinados entornos metropolitanos, en el marco de una gestión pública. El problema se puede producir si se limita a actuaciones aisladas que se justifiquen por su capacidad de autofinanciación, como puede ser el caso de la autopista de peaje Madrid-Guadalajara, originando problemas en la actual N-II al no permitir el sistema de peaje convencional más que dos o tres enlaces, dando lugar a que no se resuelva el problema de congestión en la misma y a que se facilite el acceso al centro a aquellos que puedan pagar.

2.4. Transporte interurbano

Los modos más alternativos son el ferrocarril convencional y la carretera y la alta velocidad ferroviaria y el avión. Entre los dos primeros la infraestructura representa un papel determinante en la selección del modo, ya que el tiempo de viaje es fundamental. El avión no ha tenido competencia en relación con los tiempos de recorrido hasta la aparición de la alta velocidad ferroviaria, siendo un caso aparte también en cuanto a tarifas.

Los resultados obtenidos en corredores de transporte en España donde existen ferrocarril y carretera alternativos, caso del corredor Madrid-Zaragoza, demuestran que el factor determinante en la competencia es el tiempo de recorrido y la calidad del servicio. El ferrocarril recupera parte de la demanda al reducir sus tiempos y aumentar las frecuencias (Intercities) y la pierde al construirse autovías.

Las tarifas del tren constituyen el segundo factor de influencia de las preferencias del público, con una elasticidad de 0,42 a 0,48 con el número de vehículos en la carretera. Las elasticidades cruzadas de los vehículos con los pasajeros en ferrocarril son de -0,33 a 0,45 y de 0,21 a -0,29 en el caso contrario.

El transporte aéreo es el que más ha crecido en las últimas décadas (9,5% en pasajeros y 11,7% en mercancías) con elasticidades respecto al PNB muy superiores a la unidad. Sin embargo, la tendencia es a valores muy próximos a la unidad, con una correlación muy alta respecto al ciclo económico.

Los viajes por razones de trabajo muestran unas elasticidades muy bajas al precio, pero los de carácter vacacional (más del 50% del mercado actualmente) son extremadamente sensibles a los precios. En conjunto el 80% del tráfico aéreo español es muy sensible tanto a los parámetros económicos generales como a las tarifas.

La partida del combustible es la que tiene mayor capacidad para alterar los costes, y la exención de impuestos en los carburantes de aviación incrementa la sensibilidad a los precios del crudo y del dólar. El precio del combustible ha llegado a representar el 27%

de los costes directos de explotación en 1982 y actualmente representan un 15%. La repercusión del impuesto sobre el petróleo que propone la U.E. supondría para el año 2000 un precio equivalente al de 1982 en pesetas corrientes.

Además, el transporte aéreo se muestra incapaz, debido a la elevada competitividad, de repercutir el alza de costes en las tarifas pero en cambio si disminuye las mismas cuando baja el precio de los combustibles. Por ello las tasas de rentabilidad han decrecido un 2,2% anual en pasajeros y un 3,4% en mercancías en las dos últimas décadas.

Iberia no incorporó los sobrecostes derivados del precio del petróleo en la primera mitad de la década de los 80, aunque sí aprovechó la bajada para reducirlas a partir de 1985, con el resultado de un crecimiento del tráfico en la misma proporción que el P.I.B. Además, los costes indirectos de la compañía que son los más rígidos a la baja representan el 59% de los costes de operación, cuando el resto de los compañías europeas no superan el 50%.

Como conclusiones se pueden establecer la elevada repercusión los costes del combustible en los costes de explotación; la dificultad de repercutir éstos en las tarifas a causa de la fuerte competencia, y la elevada sensibilidad de este modo de transporte al precio del carburante.

Teniendo en cuenta que la mayoría de compañías son estatales y que han equilibrado sus cuentas de resultados con recursos públicos, se pueden considerar que el crecimiento del tráfico en los últimos años ha sido subvencionado. A corto plazo la liberalización del transporte aéreo impondrá estrategias de integración y a partir del año 2000 los crecimientos del tráfico presentan un elevado grado de incertidumbre.

Los principales problemas estructurales son la congestión del espacio aéreo, el impacto sobre el medio ambiente y las crecientes necesidades de financiación. La utilización de la vía fiscal sobre los carburantes y tarifas deberá regular los precios, incorporar sistemas tecnológicos y de gestión más eficaces en materia energética, incorporar los costes medioambientales e incrementar la capacidad de las infraestructuras.

3. LOS METODOS MULTICRITERIO EN LA SELECCION DE ALTERNATIVAS

Una vez establecidas las actuaciones sectoriales a realizar por el Plan Director de Infraestructuras, los Planes Sectoriales se ocupan de programar las mismas con diferentes grupos de criterios, que suelen agruparse en económicos, socio-económicos y territoriales. El proceso es iterativo pues hay que calcular los indicadores para itinerarios completos, tramos funcionales y tramos de proyecto y construcción, siendo los indicadores diferentes para cada uno de ellos y dependiendo también de los costes estimados y de los beneficios esperados.

Los criterios económicos se centran en la evaluación económica coste-beneficio, donde en función de la situación existente en la infraestructura con unos tiempos de recorrido que se deducen de la relación entre la capacidad de la misma y la demanda que debe soportar, y unos costes de explotación en los que se consideran los accidentes y los costes de operación, se obtienen los valores de la relación beneficio/coste (B/C), el valor actualizado neto (VAN) y la tasa interna del retorno (TIR).

La única variación que ha sufrido el método en los últimos años es la introducción en los costes de los derivados de la evaluación de impacto ambiental; tanto a través de la ejecución de alternativas más costosas como de la realización de medidas correctoras: Pantallas antiruido, revegetación de taludes, balsas de decantación, etc.

En los criterios socio-económicos se tienen en cuenta todas aquellas variables que indiquen una cierta potencialidad de las zonas atravesadas o unidas para generar desarrollo económico, al presentar ventajas diferenciales respecto a otras que pueden ponerse en evidencia al construir la infraestructura. Así, se considera la población existente en una franja de 20 Km. de la infraestructura, la renta sobre la media nacional, el potencial turístico y la existencia de otras infraestructuras de interés general.

Los criterios territoriales pretenden equilibrar la tendencia a seguir el crecimiento económico puesta de manifiesto por los criterios anteriores. Así, en carreteras se tienen en cuenta los déficits de accesibilidad, el cierre de la red de gran capacidad

existente, la comunicación de todas las capitales de provincia mediante autovía y la pertenencia de los itinerarios a la red europea. Los diferentes criterios ordenan las actuaciones respecto a los valores obtenidos, recomendándose no mezclarlos al responder a intereses muy distintos y presentándolos al decisor político como ayuda a su labor. En general, se recomienda seleccionar actuaciones que estén por encima de los valores medios en al menos dos criterios, aunque todo depende de las disponibilidades presupuestarias y de posibles pactos políticos que pueden alterar las programaciones.

El método es válido para poner en evidencia los motivos de cada decisión de inversión, no constituyendo un modelo rígido que programe tecnocráticamente las mismas. También permite observar como determinadas actuaciones que en si mismas no parecen estar justificadas, son necesarias al integrarse en itinerarios funcionales cuya existencia las justifica.

En cuanto a la rentabilidad económica se suele exigir que la tasa interna de retorno supere la tasa de descuento, que es de un 6% para la carretera y para el ferrocarril.

Además de la utilización de la evaluación económica para la realización de programación de actuaciones, también se utiliza para la comparación de alternativas en un tramo considerado, junto a otra serie de criterios entre los que es obligado que se incluya el impacto ambiental.

Tanto en carreteras como en ferrocarriles se realizan estudios a escalas 1:5.000, que se denominan estudios informativos en el primer caso y estudios básicos en el segundo, para determinar los posibles trazados de una nueva infraestructura. Los tramos se establecen cada vez con mayor longitud para poder tener mayor libertad en el establecimiento de soluciones, aunque con las limitaciones de los puntos de paso obligados. El aumento de la longitud a 100/150 Km. en autovías es corriente actualmente, simplificando también los procesos administrativos de la Declaración de Impacto Ambiental, que tienen plazos demasiado amplios debidos al desfase entre trabajo a realizar y personal disponible.

Para los diferentes trazados hay que establecer las ventajas e inconvenientes desde distintos puntos de vista para poder llegar a la solución recomendada. Todo el proceso es lo que se denomina un método multicriterio para la selección de la mejor alternativa, existiendo escuelas que propugnan la ponderación de los criterios para obtener un valor único final y otras que consideran que los criterios no deben mezclarse porque responden a motivaciones muy diferentes, permitiendo además un elevado grado de arbitrariedad en la fijación de los pesos y por tanto en la selección de alternativas.

En la alternativa seleccionada debe asegurarse que no se presenten impactos ambientales críticos (aquellos que son irreversibles), pero en la mayoría de los casos existe la disyuntiva de tener que elegir entre alternativas más costosas y por lo tanto menos rentables económicamente, o aquellas que minimizan los impactos ambientales. El decidir si afectar a una pareja de águilas o un bosque de árboles autóctonos es motivo para ejecutar otra alternativa con un coste superior en un 20 o 30%, es misión del decisor político que debe responder de la misma ante sus electores, siendo la misión del técnico expresar y cuantificar en lo posible dicha diferencia.

Además de los obligados criterios económicos y medioambientales los métodos multicriterio suelen tener en cuenta los problemas constructivos de cada una de las alternativas, la funcionalidad de las mismas y su aceptación social y adecuación urbanística. Dada la participación ciudadana cada vez mayor en los procesos de información pública que influyen en la decisión, estos últimos aspectos son cada vez más importantes y en actuaciones urbanas es impensable realizar soluciones que no estén de acuerdo con los Planes Generales de Ordenación Urbana.

En el cuadro 11 adjunto puede observarse un ejemplo de un método multicriterio aplicado al caso de la Autovía Lérida-Barcelona en su tramo Cervera-Igualada. Puede observarse que se ha realizado una ponderación de criterios de trazado, constructivos, económicos y medioambientales con pesos 65, 50, 80 y 70 respectivamente obteniéndose como mejor alternativa la opción 3. Sin embargo, si no se hubiesen ponderado dichos criterios la mejor solución sería la opción 6, y con otras ponderaciones puede obtenerse como mejor alternativa cualquier otra. El método si pone de manifiesto que desde el punto de

vista ambiental y de trazado la mejor solución es la opción 6, aunque económicamente la opción 3 es la mejor.

3.1. Evaluación económica coste-beneficio

El Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente no tiene en estos momentos, un manual oficial y único para evaluar las inversiones en infraestructuras. La Dirección General de Carreteras tiene unas Recomendaciones para la evaluación económica, coste-beneficio, de estudios y proyectos de carreteras, realizadas por el Servicio de Planeamiento en 1989 y que se actualizan anualmente en cuanto a los valores del coste del tiempo, valor de los accidentes, y costes de conservación, mantenimiento y explotación. El resto de modos tienen sus propios manuales, tampoco oficiales, que difieren fundamentalmente en los valores de las variables utilizadas y solo últimamente se han llegado a unificar las tasas de descuento aplicadas para obtener los flujos actualizados de costes y beneficios. Así, se utiliza una tasa de descuento del 6%, justificada porque en el mercado bursátil de Deuda del Estado las emisiones que se mantienen en paridad (100) son aquellas cuyo interés restando la inflación anual, se aproxima al 6%. No obstante, dicho valor no incluye el coste de oportunidad que contemplaría las necesidades totales a las que debe enfrentarse al Estado.

Como este tema será tratado en profundidad en el Submódulo 4 por mi querido amigo Pedro Galán no voy a extenderme en el mismo, pero si quiero comentar un aspecto fundamental que marca la fiabilidad de los estudios de rentabilidad como es la prognosis de tráfico que se realice.

El crecimiento del tráfico total en España fue muy elevado, superior al 10% anual, en la década de los años 60. A partir de las crisis del petróleo, que se dejan sentir muy tardíamente en nuestro país, los crecimientos se ralentizaron : 3,3% al 6,7% entre 1974 y 1980, y cuando se redactó el Plan General de Carreteras 1984/91 el tráfico estaba prácticamente estabilizado, las matriculaciones eran muy bajas, el precio de los carburantes era muy elevado y el Programa Económico a medio plazo, elaborado por el Ministerio de Hacienda, preveía crecimientos muy moderados del Producto Interior Bruto (P.I.B.). Por

ello, las previsiones de crecimiento realizadas: 2,2% anual acumulativo para el tráfico de vehículos ligeros y 1,5% para el de pesados, respondían a dicha situación.

Sin embargo, el despegue económico que se inicia a partir de 1985 dejó muy pronto superadas dichas previsiones confirmándose que toda prognosis, se ve siempre muy influida por la situación existente en el momento de su realización (Gráfico 12).

Para intentar paliar dichos problemas los estudios del nuevo Plan Sectorial de Carreteras, que desarrollará el Plan Director de Infraestructuras han realizado tres previsiones de tráfico diferentes, partiendo de enfoques metodológicos distintos. La primera previsión se ha efectuado para el tráfico total en la red global de carreteras, incluyendo zonas urbanas. Las variables básicas utilizadas han sido el parque y el recorrido medio anual de los vehículos, utilizando los consumos previstos para verificar el modelo.

La segunda previsión se refiere únicamente al tráfico interurbano y se ha utilizado su conocida y fiable correlación con el P.I.B. para efectuarla.

Finalmente, y para tener en cuenta la distinta dinámica de cada uno de los corredores de transporte estudiados, se han efectuado previsiones en cada uno de ellos, con unos modelos de gravedad basados en la población y la renta de los territorios atravesados y en el coste generalizado del transporte (tiempo y peajes) en cada una de las infraestructuras existentes en el corredor.

En todos los casos se han establecido hipótesis mínima y máxima de crecimiento, y la convergencia de las tres metodologías permite un razonable esperanza de acierto, que se ha visto confirmada en los años transcurridos desde su realización. Así, el crecimiento real en el período 1988-1992 ha sido del 4,15% y el previsto era entre el 4,6% y el 6% para el tráfico total, mientras el interurbano estatal ha crecido el 5,05% y las previsiones eran del 4,6% al 8,1%. Puede observarse que la realidad se adapta a las previsiones mínimas efectuadas como corresponde al período de crisis económica que se inicia en 1990.

Los ritmos de crecimiento son más altos en los primeros años debido a la tendencia que introduce en el modelo el fuerte crecimiento son más altos en los primeros años debido a la tendencia que introduce en el modelo el fuerte crecimiento del período 1986/1989.

Los resultados de la previsión sobre la evolución del tráfico total establecen para el período 1993-2000 un crecimiento anual acumulativo entre el 2,68% en la hipótesis alta y el 0,86 en la baja. Para los vehículos ligeros el abanico está comprendido entre el 0,86% y el 2,80% mientras que para los pesados la horquilla está entre el 2,21% y el 0,83% anual acumulativo.

Para la previsión del crecimiento del tráfico interurbano en la red estatal se ha establecido una correlación con el P.I.B. en el período 1980/1991, con una elasticidad de 1,57 en dicho período. Esta hipótesis es conservadora, pues la elasticidad actual es de 1,25. Los resultados obtenidos según la previsión del P.I.B. del M^o de Economía y Hacienda dan los de la tabla 13 y son bastantes próximos a los del modelo anterior aunque ligeramente inferiores.

TABLA 13.-

Previsión del crecimiento (%) del tráfico total interurbano en la red de carreteras del Estado.

| <u>Años</u> | <u>HIPOTESIS</u> | | |
|-------------|------------------|--------------|-------------|
| | <u>Alta</u> | <u>Media</u> | <u>Baja</u> |
| 1992-1995 | 1,03 | 0,3 | -1,1 |
| 1996-2000 | 4,05 | 3,3 | 2,6 |

Por último, los valores obtenidos en los distintos corredores de transporte indican que Madrid-Andalucía, Madrid-Levante, el Mediterráneo y el Cantábrico son más dinámicos que la media, mientras el Madrid-País Vasco-Cantabria y el Madrid-Cataluña están por debajo de la misma.

La previsión realizada por el modelo parque-recorrido-consumo se actualiza periódicamente y siempre que las variables básicas utilizadas en el mismo sufren variaciones significativas. Para ello el Servicio de Planeamiento realiza un informe mensual sobre matriculaciones, tráfico y consumo de carburantes que incluye además información histórica, y que sirve para detectar variaciones significativas respecto a las previsiones realizadas.

En la Tabla 14 se recoge el resumen de la nota correspondiente al mes de noviembre de 1993 en la que puede observarse que durante 1992 el tráfico total ha seguido disminuyendo en sus ritmos de crecimiento (2,8%) y en las autopistas de peaje ha decrecido en 1993, todo ello de acuerdo con el resto de variables económicas. Las matriculaciones presentan un fuerte descenso en 1993 después de la pequeña recuperación de 1992, y los consumos de gasolinas también descienden por primera vez desde 1986 (-4% anual). En general, se puede decir que aún manteniéndose la recesión se ha iniciado una suavización de la misma en el tercer trimestre del presente año.

El problema que se plantea a la hora de establecer los crecimientos de tráfico para un tramo determinado de un corredor es estimar los tráficos inducidos por la puesta en servicio de la infraestructura y los captados de itinerarios alternativos al reducirse los tiempos de recorrido en el estudiado. Dichos valores no son muy conocidos ni fiables en nuestro país, por lo que se suele recomendar que se realicen estudios de sensibilidad de las variables determinadas (B/C, VAN y TIR) para las distintas hipótesis que se establezcan.

Por último, parece importante realizar algunos comentarios sobre la accidentalidad previsible con la nueva infraestructura en servicio. En general se suelen adoptar índices de peligrosidad históricos en tipos de vías similares, pero la información estadística existente es escasa y no demasiado fiable. Además, el índice de peligrosidad depende en gran medida del volumen de tráfico existente, de su composición, de su origen-destino, del número de accesos existente, etc. por lo que los valores utilizados para autovía, autopista o carretera convencional deberían subdividirse en función de los valores de dichos parámetros. Existen estudios sobre la influencia de la intensidad de tráfico y el número de enlaces por kilómetro en vías de gran capacidad que ponen en evidencia la importancia de dichos parámetros (Las vías de gran capacidad. Nuevo Plan Sectorial de Carreteras).

Por todo ello, parece conveniente aplicar también un modelo de accidentes que puede ser el obtenido en la Tesis Doctoral de Antonio Serrano (Madrid 1978), que liga la variación de los mismos a las principales características geométricas de las infraestructuras: Pendientes longitudinales, cambios de rasante por kilómetro, anchura de plataforma, número de curvas por kilómetro y radios de curvatura.

3.2. Evaluación de Impacto Ambiental

El Real Decreto 1302/86 traspuso a España la legislación europea sobre evaluaciones de impacto ambiental, obligando en su anexo a realizarlas en todos los proyectos de autovías y autopistas, ferrocarriles de largo recorrido y aeropuertos. El Reglamento de 1988 reguló el procedimiento y aclaró que proyecto se refería a cualquier tipo de estudio en el que se estableciese la ubicación de la infraestructura, pudiendo ser en el caso de las carreteras los estudios informativos y en ferrocarriles los estudios básicos.

La Ley de Carreteras de 1988 incluyó, en su artículo 9, la obligación de realizar estudios de impacto ambiental para todas las nuevas carreteras, aunque no sean autovías y autopistas.

La aplicación actual del procedimiento en carreteras es iniciar el mismo para todas los nuevos trazados, comunicando al Organismo Ambiental la memoria-resumen con los posibles soluciones y sus principales características. Con dicha memoria se inicia el proceso de consultas previas y a resultas de las informaciones recibidas se decide la inclusión en procedimiento de evaluación o no, excepto en los casos de autovías y autopistas que se realiza en todos ellos.

Un 50% de las variantes de poblaciones menores de 50.000 habitantes y proyectos singulares tales como el túnel de Somport, nuevas carreteras o acondicionamientos importantes de trazado en zonas especiales como los Pirineos han sido sometidos a evaluación de impacto.

El proceso de información pública que incorpora el Real 1302/86 se realiza conjuntamente con el de trazado de la Ley de Carreteras, aunque existe un anejo específico constituido por el Estudio de Impacto Ambiental que se integra en el método multicriterio como una variable más, una vez asegurada la ausencia de impactos críticos.

Esta faceta es importante, pues muchas veces tiende a verse el Estudio de Impacto Ambiental como algo separado y que debe determinar la mejor solución, cuando dicha variable no es más que una más que participa en el proceso de selección junto a otras, una vez asegurada la viabilidad ambiental de las alternativas tanto por el estudio como por la propia Declaración de Impacto que emite el Organismo Ambiental.

El procedimiento seguido hace que la protección del medio no se termine en la selección de una de las alternativas, pues el nivel de detalle en los estudios no permite proyectar y presupuestar muchas de las medidas correctoras que se precisarán. Por ello, las Declaraciones incluyen unos condicionados que deben cumplirse durante la redacción de los proyectos de construcción definitivos, que son el documento contractual para la ejecución de las obras. Además, durante las mismas también debe asegurarse el cumplimiento de las prescripciones impuestas.

Los estudios de impacto han ido mejorando su calidad a lo largo de estos años, sobre todo en la realización de inventarios y en la cuantificación de las matrices de impacto durante las fases de construcción y explotación de las obras. Sin embargo, subsisten problemas a la hora de enfrentar en el método multicriterio los valores ambientales y los económicos, valorando los ecologistas algunos impactos muy por encima de lo que la sociedad española actual está dispuesta a pagar.

El Organismo Ambiental se encuentra en la disyuntiva de asumir posiciones más conservacionistas frente a las tradicionalmente economicistas de las Direcciones Generales inversoras, con una escasa dotación de personal especializado que además no ha participado en la realización de los estudios y debe decidir en despachos sin un conocimiento sobre el terreno. Todo ello, sin entrar en el debate de su inclusión en el mismo Ministerio que se ocupa de construir las infraestructuras.

Hay que reconocer que, a pesar de todo, en los últimos años se han cambiado en bastantes casos las alternativas inicialmente seleccionadas en los estudios debido a la Declaración de Impacto, suponiendo en todos ellos el incremento del presupuesto inicial que puede verse aumentado en más de un 20%.

3.3. Costes de la consideración de la variable ambiental

Para conocer los costes que la consideración de la variable ambiental introduce en los proyectos de infraestructura hay que distinguir claramente aquellos debidos a las medidas correctoras que se presupuestan en los mismos (costes directos), de las introducidas en el proceso de selección de alternativas al optar por una más cara que otras posibles debido a factores ambientales (costes indirectos). Mientras los primeros pueden establecerse con suficiente precisión, la estimación de los indirectos es muy difícil ya que en los métodos multicriterios utilizados para seleccionar la mejor alternativa la variable ambiental no suele ser decisiva (Tabla 15), por lo que solo en el 14 por 100 de los casos en los que es decisiva y se produzcan sobrecostes puede estimarse el importe de los mismos.

En los estudios de carreteras que se han analizado, los costes indirectos oscilan entre el 1 y el 3,5 por 100 del presupuesto de ejecución material, siendo los casos de mayor incidencia los de algunas actuaciones en medio urbano (caso del Monte de El Pardo en Madrid) o autovías de nuevo trazado (cruce de la zona Kárstica de Ribadella y de la Ría de Villaviciosa en la Autovía del Cantábrico).

En cuanto a costes directos de las medidas correctoras (Tabla 16) oscilan entre los 2 y los 6 Mpts/Km lo que supone en todos los casos alrededor del 1 por 100 del presupuesto, ya que en las zonas urbanas o montañosas en las que las medidas correctoras son más numerosas y costosas también lo son los presupuestos de dichas obras.

Hasta el momento el mayor coste de las medidas correctoras es debido a la realización de túneles (excavados o falsos) y plantaciones en campo abierto, a lo que hay que añadir cada vez en mayor proporción la realización de pantallas antiruido en el medio urbano y

periurbano.

En el caso del ferrocarril, la nueva vía de alta velocidad ejecutada en nuestro país (Madrid-Sevilla) ha tenido unos costes ambientales directos de 10 Mpts/Km, es decir superiores a los de carreteras. Los costes previstos en las posibles nuevas líneas son aún superiores (Tabla 17), llegando a los 38 Mpts/km. en la salida norte de Madrid. Sin embargo, dado el mayor coste unitario de dichas actuaciones representan porcentajes del 1 al 3 por 100 similares a los de carreteras.

Por otra parte, la Dirección General de Carreteras ha terminado recientemente los estudios sobre niveles de ruido y contaminación atmosférica en las redes arteriales de todas las ciudades españolas de más de 50.000 habitantes y capitales de provincia. El objetivo ha sido realizar un análisis comparativo de las situaciones actual (1992) y previsibles en los horizontes de los años 2000 y 2010 en dichas redes con y sin las nuevas actuaciones planificadas. Se ha diferenciado entre período diurno (8 a 23 h.) y nocturno (23 h. a 8 h.) estableciendo distancias a las que se superan los niveles de 45, 55 y 65 dB (A) y calculando las poblaciones afectadas y los apantallamientos necesarios según las "Directrices para la protección contra el ruido de las carreteras" del Ministerio Federal de Tráfico de Alemania. Los niveles de contaminación atmosférica calculados son los referentes a CO, NO_x, HC, SO₂ y TSP según el modelo de la Agencia de Medio Ambiente de USA, no habiéndose establecido medidas preventivas ni correctoras en este caso.

Las actuaciones contra el ruido se limitan a la aplicación de mezclas drenantes y reducción de la velocidad de circulación permitida en los tramos más urbanos, y en el resto de tramos se programan apantallamientos con altura de pantalla máxima 5 m. (por motivos estéticos), falsos túneles, depresiones de calzada, etc. Las inversiones globales necesarias en apantallamientos pueden superar hasta el año 2010 los 20.000 Mpts-93.

Por último, la Subdirección de Planificación de Carreteras ha estimado las inversiones globales en medio ambiente en carreteras (Tabla 18), dividiendo las mismas en realización de estudios, plantaciones, protección del ruido y otros. La suma total supera los 17.000 Mpts-92.

TABLA 1

PARTICIPACION DE CADA MODO DE
TRANSPORTE EN LAS EMISIONES DE CO₂

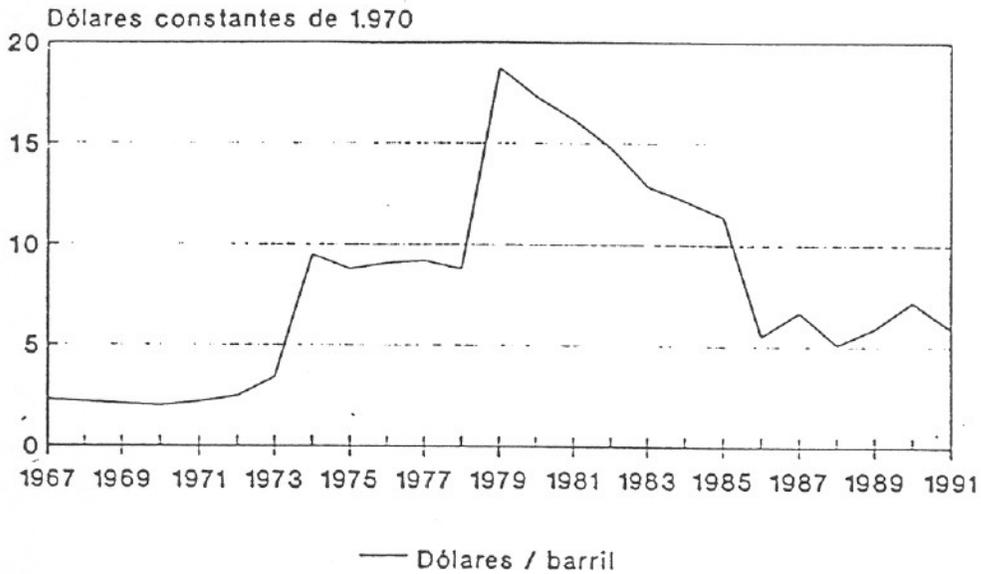
| MODO | % Emisión | Total CO ₂ |
|--------------------------|-----------|-----------------------|
| 1. Carretera | | 79,7 |
| Turismos | 55,4 | |
| Camiones | 22,7 | |
| Autobuses | 1,6 | |
| 2. Aéreo | | 10,9 |
| 3. Ferrocarril | | 3,9 |
| Viajeros | 2,8 | |
| Mercancías | 1,1 | |
| 4. Vías Navegables | | 0,7 |
| 5. Otros Modos | | 4,3 |

Costes sociales de la contaminación atmosférica: 0,3-0,4% PIB.

Fuente: Libro verde sobre el impacto de los transportes sobre el medio-ambiente (Comisión Comunitades Europeas 2-92).

GRAFICO 2

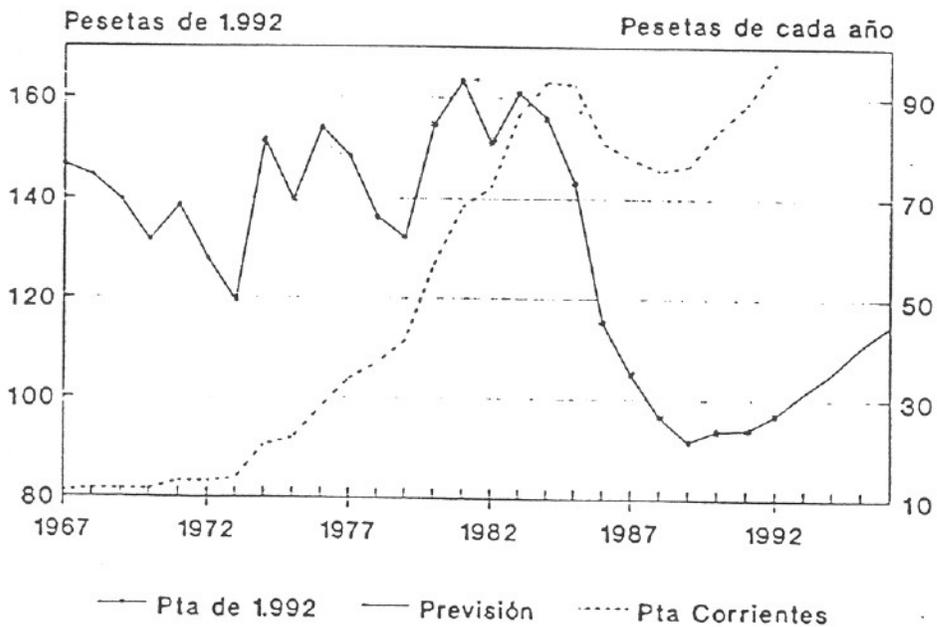
Evolución del Precio del Petróleo



Fuente: INH

GRAFICO 3

Precio de la Gasolina



Fuente: Campsa. Elaboración propia

T A B L A 4

CONSUMOS ESPECÍFICOS DE ENERGÍA DE LOS AUTOMÓVILES

| | Mj/pasajero-km por tasa de ocupación | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|-----|-----|------|
| | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Automóvil (gasolina): | | | | |
| . < 1,4 lt | 2,6 | 1,3 | 0,9 | 0,6 |
| . 1,4 -2,0 lt | 3,0 | 1,5 | 1,0 | 0,7 |
| . > 2,0 lt | 4,6 | 2,3 | 1,5 | 1,2 |
| Automóvil (gasóleo): | | | | |
| . < 1,4 lt | 2,3 | 1,1 | 0,7 | 0,6 |
| . 1,4-2,0 lt | 2,8 | 1,4 | 0,9 | 0,7 |
| . > 2,0 lt | 3,6 | 1,8 | 1,2 | 0,9 |

Fuente: OCDE, Rapport final sur les défaillances de Marché et l'intervention des pouvoirs publics dans la gestion des transports, Paris, Novembre 1990. Mens en Ruimte.

T A B L A 5

EMISIONES CONTAMINANTES DE LOS AUTOMÓVILES

| | Urbano 20 km/h | Suburbano 80 km/h | Interurbano 110 km/h |
|------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| | gr-km | gr-km | gr-km |
| CO | 20-40 | 10 | - |
| CxHx | 2,5-5 | 1,8 | - |
| NOx: | | | |
| . < 1,4 lt | 1,5-3 | 2,0 | 3,5 |
| . 1,4-2 lt | 2-2,4 | 2,5 | 4,0 |
| . > 2,0 lt | 2,5-3 | 3,0 | 5,0 |

Fuente: OCDE. Rapport final sur les défaillances de Marché et l'intervention des pouvoirs publics dans la gestion des transports. Paris, Novembre 1990. Mens en Ruimte.

T A B L A 6

CONSUMOS ESPECÍFICOS

| | Mjulio / pas-km por tasa de ocupación | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|------|------|------|
| | 25% | 50% | 75% | 100% |
| . Dos pisos (100 asientos) | 0,70 | 0,35 | 0,23 | 0,17 |
| . Autobús (48 asientos) | 1,17 | 0,58 | 0,39 | 0,29 |
| . Minibús (20 asientos) | 1,42 | 0,71 | 0,47 | 0,35 |
| . Autocar (46 asientos) | 0,95 | 0,50 | 0,33 | 0,25 |

Fuente: OCDE, Rapport final sur les défaillances de Marché et l'intervention des pouvoirs publics dans la gestion des transports, Paris, Novembre 1990. Mens en Ruimte.

EMT --- 0,34 Mjulio / pas-Km (1991)

T A B L A 7

CONSUMOS ESPECÍFICOS DE ENERGÍA

| | Mjulio / pas-km, según Tasa de ocupación | | | |
|------------------|--|-------|-----|-------|
| | 25% | 50% | 75% | 100% |
| . Convencional | 1,1 | ↓ 0,6 | 0,4 | 0,3 |
| . Alta velocidad | 2,6 | 1,3 | 0,9 | ↓ 0,7 |
| . Suburbano | 1,0 | 0,6 | 0,4 | 0,3 |

Fuente: OCDE. Rapport final sur les défaillances de Marché et l'intervention des pouvoirs publics dans la gestion des transports. Paris, Novembre 1990. Mens en Ruimte.

T A B L A 8

PORCENTAJES DE POBLACION EXPUESTA A NIVELES DE RUIDO SUPERIORES A 55 Leq db Y 65 Leq db

| MODO | % de la población de debe soportar | |
|-------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | 55 Leq db | 65 Leq db |
| Carretera | 34 Dinamarca 74 España | 4,1 Países Bajos 23,0 España |
| Ferrocarril | 6 Países Bajos | 0,3 U.K. 1,7 Alemania |
| Aéreo | 36 Países Bajos 1,7 Dinamarca | 1,0 Alemania 0,3 Dinamarca |

COSTES SOCIALES PRODUCIDOS POR EL RUIDO:
0,1 % PIB

- 51% población en España > 65 db
por el transporte

T A B L A 9

COSTES SOCIALES DEL RUIDO DEL TRAFICO RODADO
Y FERROVIARIO USANDO VALORES NACIONALES DEL
PNB PARA PESOS EQUIVALENTES A 65 dB(A);

| <u>Carretera</u> | <u>65 dB(A)</u> (millones) | <u>PTKM</u> (mill.) | <u>Coste</u> <u>ruido</u> (mill. ECU) | <u>Coste</u> <u>ruido</u> (ECU/1000 PTKM) | <u>PNB</u> (10 ⁹ ECU) |
|--------------------|-------------------------------|------------------------|--|--|-------------------------------------|
| Austria | 8,77 | 73.790 | 438,5 | 5,94 | 107,0 |
| Bélgica | 4,91 | 116.550 | 245,5 | 2,11 | 146,0 |
| Checo-Eslovaquia | 0,45 | 63.536 | 22,5 | 0,35 | - |
| Dinamarca | 1,78 | 70.410 | 89,0 | 1,26 | 97,8 |
| Francia | 29,01 | 728.400 | 1450,5 | 1,99 | 791,7 |
| Alemania | 27,19 | 777.100 | 1359,5 | 1,75 | 1080,9 |
| Italia | 42,63 | 727.690 | 2131,5 | 2,93 | 785,0 |
| Holanda | 5,47 | 171.610 | 273,5 | 1,59 | 204,5 |
| Noruega | 1,88 | 52.110 | 94,0 | 1,80 | 78,0 |
| <u>España</u> | 27,94 | 340.370 | 1397,0 | <u>4,10</u> | 350,8 |
| Suecia | 3,05 | 120.370 | 152,5 | 1,27 | 165,0 |
| Suiza | 3,04 | 99.240 | 152,0 | 1,53 | 153,8 |
| Reino Unido | 24,52 | 729.100 | 1226,0 | 1,68 | 760,0 |
| | 180,64 | 4070.276 | 9032,2 | 2,22 | 4720,7 |
| <u>Ferrocarril</u> | | | | | |
| Checo-Eslovaquia | 0,13 | 78.705 | 6,5 | 0,08 | - |
| Dinamarca | 0,14 | 6.585 | 7,0 | 1,06 | 97,8 |
| Francia | 0,68 | 114.428 | 34,0 | 0,30 | 791,7 |
| Alemania | 8,78 | 104.917 | 439,0 | 4,18 | 1080,9 |
| Italia | 3,88 | 66.729 | 194,0 | 2,91 | 785,0 |
| Holanda | 0,62 | 14.130 | 31,0 | 2,19 | 204,5 |
| Noruega | 0,02 | 4.672 | 1,0 | 0,21 | 78,0 |
| Suecia | 0,18 | 24.832 | 9,0 | 0,36 | 165,0 |
| Suiza | 1,50 | 19.352 | 75,0 | 3,88 | 153,0 |
| Reino Unido | 0,83 | 49.177 | 41,5 | 0,84 | 760,0 |
| | 16,76 | 483.527 | 838,0 | 1,73 | |

Coste del ruido (ECU/1000 PTKM) Excluyendo Alemania 1,32

AUTOVIA CERVERA-IGUALADA.

ANALISIS MULTICRITERIO

CUADRO 11

| VARIABLE | FACTORES DE COMPARACION | | | | | | INDICADORES DE COMPARACION | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Opción 1 | Opción 2 | Opción 3 | Opción 4 | Opción 5 | Opción 6 | Opción 1 | Opción 2 | Opción 3 | Opción 4 | Opción 5 | Opción 6 |
| CARACTERISTICAS DE TRAZADO | | | | | | | | | | | | |
| Longitud | 30.972 | 31.292 | 31.252 | 31.451 | 31.105 | 31.351 | 1,000 | 0,990 | 0,991 | 0,985 | 0,996 | 0,988 |
| Longitud de duplicación | 9,455 | 7,035 | 2,875 | 2,820 | 7,480 | 900 | 0,095 | 0,128 | 0,313 | 0,319 | 0,120 | 1,000 |
| Longitud de curva con R<600 | 1,732 | 1,732 | 426 | 695 | 1,401 | 95 | 0,055 | 0,055 | 0,223 | 0,137 | 0,068 | 1,000 |
| Longitud de vía lenta | 8,700 | 8,700 | 6,200 | 9,000 | 8,500 | 6,000 | 0,690 | 0,690 | 0,968 | 0,667 | 0,706 | 1,000 |
| CRITERIOS CONSTRUCTIVOS | | | | | | | | | | | | |
| Geotecnia | 1,5 | 1,5 | 1,9 | 2,6 | 2,2 | 2,6 | 1,000 | 1,000 | 0,789 | 0,577 | 0,682 | 0,577 |
| Estructuras y túneles | 3,423 | 3,486 | 3,969 | 8,587 | 6,031 | 6,577 | 1,000 | 0,982 | 0,862 | 0,399 | 0,568 | 0,520 |
| Explanación | 4,076 | 3,981 | 3,024 | 3,323 | 4,516 | 3,464 | 0,742 | 0,760 | 1,000 | 0,910 | 0,670 | 0,873 |
| CRITERIOS ECONOMICOS | | | | | | | | | | | | |
| P.C.A. | 18,699 | 18,989 | 17,581 | 24,692 | 23,145 | 22,027 | 0,940 | 0,926 | 1,000 | 0,712 | 0,760 | 0,798 |
| Valoración red de carreteras | 1,086 | 1,494 | 1,560 | 1,813 | 1,213 | 1,667 | 0,599 | 0,824 | 0,860 | 1,000 | 0,669 | 0,931 |
| Eje transversal de Cataluña | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| CRITERIOS MEDIOAMBIENTALES | | | | | | | | | | | | |
| Formación de vertederos | 3,196 | 3,231 | 1,203 | 1,489 | 3,317 | 1,324 | 0,376 | 0,372 | 1,000 | 0,808 | 0,363 | 0,909 |
| Impacto socioeconómico | 4,0 | 4,0 | 2,5 | 2,0 | 3,5 | 3,0 | 1,000 | 1,000 | 0,625 | 0,500 | 0,875 | 0,750 |
| Impacto ambiental | 2,0 | 2,0 | 2,5 | 2,5 | 2,1 | 2,5 | 1,000 | 1,000 | 0,800 | 0,800 | 0,952 | 0,800 |

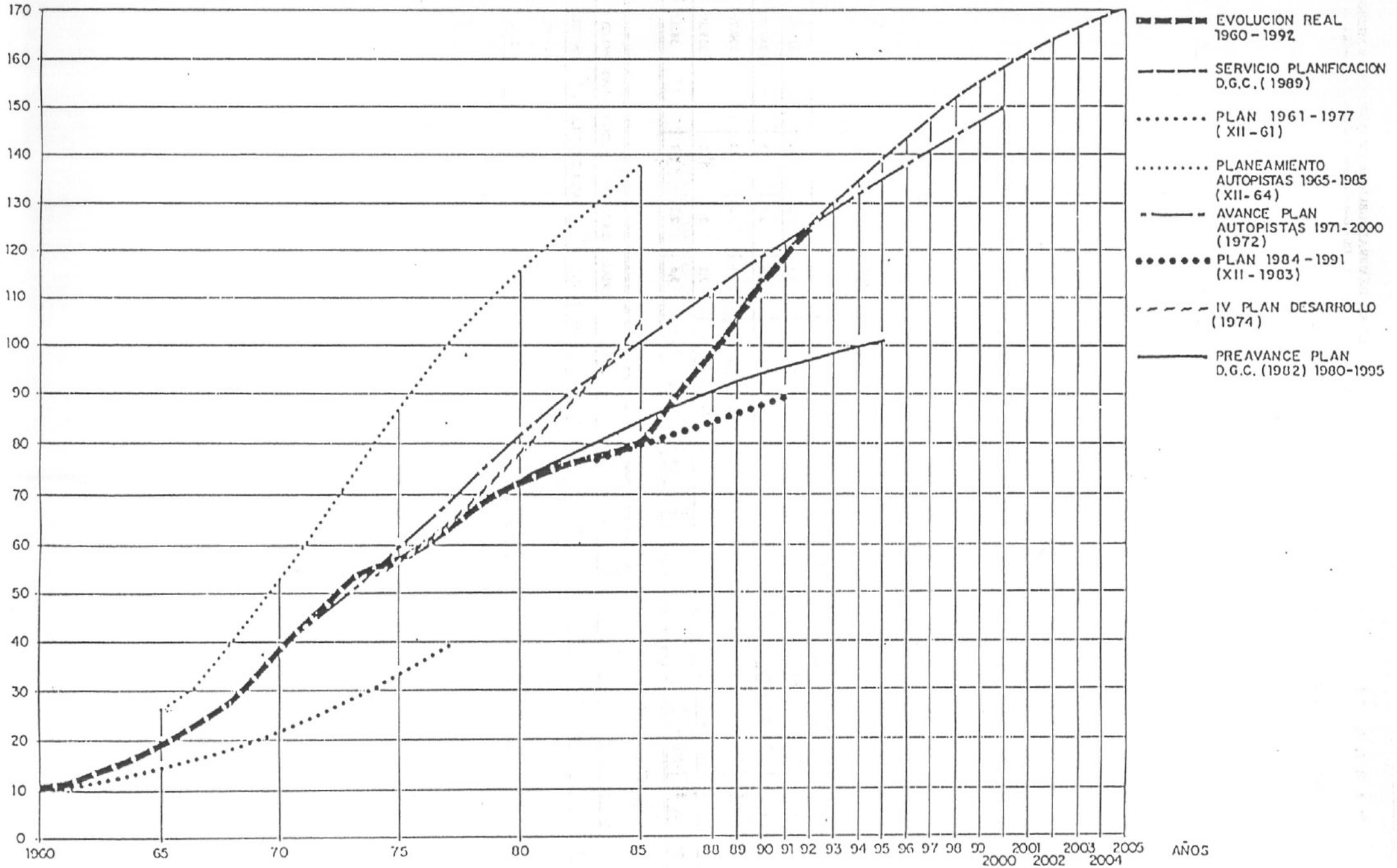
| VARIABLE | PESO | INDICADORES DE COMPARACION | | | | | | INDICES DE PERTINENCIA | | | | | |
|-----------------------------------|------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Opción 1 | Opción 2 | Opción 3 | Opción 4 | Opción 5 | Opción 6 | Opción 1 | Opción 2 | Opción 3 | Opción 4 | Opción 5 | Opción 6 |
| CARACTERISTICAS DE TRAZADO | | | | | | | | | | | | | |
| Longitud | 32 | 1,000 | 0,990 | 0,991 | 0,985 | 0,996 | 0,988 | 32,000 | 31,673 | 31,713 | 31,513 | 31,863 | 31,613 |
| Longitud de duplicación | 10 | 0,095 | 0,128 | 0,313 | 0,319 | 0,120 | 1,000 | 0,952 | 1,279 | 3,130 | 3,191 | 1,203 | 10,000 |
| Longitud de curva con R<600 | 8 | 0,055 | 0,055 | 0,223 | 0,137 | 0,068 | 1,000 | 0,439 | 0,439 | 1,784 | 1,094 | 0,542 | 8,000 |
| Longitud de vía lenta | 15 | 0,690 | 0,690 | 0,968 | 0,667 | 0,706 | 1,000 | 10,345 | 10,345 | 14,516 | 10,000 | 10,588 | 15,000 |
| TOTAL | | | | | | | | 43,736 | 43,736 | 51,144 | 45,798 | 44,197 | 64,613 |
| CRITERIOS CONSTRUCTIVOS | | | | | | | | | | | | | |
| Geotecnia | 14 | 1,000 | 1,000 | 0,789 | 0,577 | 0,682 | 0,577 | 14,000 | 14,000 | 11,053 | 8,077 | 9,545 | 8,077 |
| Estructuras y túneles | 15 | 1,000 | 0,982 | 0,862 | 0,399 | 0,568 | 0,520 | 15,000 | 14,729 | 12,937 | 5,979 | 8,514 | 7,807 |
| Explanación | 21 | 0,742 | 0,760 | 1,000 | 0,910 | 0,670 | 0,873 | 15,580 | 15,952 | 21,000 | 19,110 | 14,062 | 18,333 |
| TOTAL | | | | | | | | 44,580 | 44,681 | 44,989 | 33,167 | 32,121 | 34,216 |
| CRITERIOS ECONOMICOS | | | | | | | | | | | | | |
| P.C.A. | 44 | 0,940 | 0,926 | 1,000 | 0,712 | 0,760 | 0,798 | 41,369 | 40,737 | 44,000 | 31,329 | 33,423 | 35,119 |
| Valoración red de carreteras | 20 | 0,599 | 0,824 | 0,850 | 1,000 | 0,669 | 0,931 | 11,980 | 16,481 | 17,209 | 20,000 | 13,381 | 18,610 |
| Eje transversal de Cataluña | 16 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 16,000 | 0,000 | 0,000 | 16,000 |
| TOTAL | | | | | | | | 53,349 | 57,218 | 77,209 | 51,329 | 46,804 | 69,729 |
| CRITERIOS MEDIOAMBIENTALES | | | | | | | | | | | | | |
| Formación de vertederos | 13 | 0,376 | 0,372 | 1,000 | 0,808 | 0,363 | 0,909 | 5,646 | 5,585 | 15,000 | 12,119 | 5,440 | 13,629 |
| Impacto socioeconómico | 35 | 1,000 | 1,000 | 0,625 | 0,500 | 0,875 | 0,750 | 35,000 | 35,000 | 21,875 | 17,500 | 30,625 | 26,250 |
| Impacto ambiental | 20 | 1,000 | 1,000 | 0,800 | 0,800 | 0,952 | 0,800 | 20,000 | 20,000 | 16,000 | 16,000 | 19,048 | 16,000 |
| TOTAL | | | | | | | | 60,646 | 60,585 | 52,875 | 45,619 | 55,113 | 55,879 |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| TOTAL INDICES DE PERTINENCIA | 202,311 | 206,220 | 226,217 | 175,912 | 178,234 | 224,437 |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|

GRAFICO 12

TRAFICO TOTAL

10⁹ VEH.x KM.



INFORME MENSUAL SOBRE MATRICULACIONES, TRAFICO Y CONSUMO DE CARBURANTES.

INFORMACION HISTORICA DE LOS AÑOS 1987, 1988, 1989, 1990, 1991 y 1992.

| VARIABLE | TIPO | VARIACIONES ANUALES (%) | | | | | | VALOR 1992 (1) |
|-----------------|---------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|----------------|
| | | 87/86 | 88/87 | 89/88 | 90/89 | 91/90 | 92/91 | |
| TRAFICO | RED ESTATAL | | | | | | | |
| | - TOTAL | 8,5 | 6,9 | 8,1 | 3,4 | 3,3 | 3 | 73.408 |
| | - Autopista de peaje | 12,5 | 14,7 | 14,9 | 5,1 | 5,4 | 1,7 | 9.670 |
| | - TOTAL sin Autopistas de peaje | 8 | 5,8 | 7,1 | 3,1 | 3 | 3,3 | 63.738 |
| | - Interurbana (excluye accesos) | 7,8 | 8,1 | 9,3 | 3,9 | | 3,1 | 49.167 |
| | RED ESTATAL Y AUTONOMICA | 7,3 | 6,7 | 6,8 | 3,3 | 3,7 | 2,8 | 126.257 (E) |
| | Estaciones Permanentes | | | | | | | |
| | - DATO REAL | 7,1 | 9,3 | 7,5 | 4,5 | 1,2 | 3,4 | 16.349.328 |
| | - DATO PROVISIONAL | 6,0 | 7,1 | 8,8 | 3,9 | 1,98 | 2,33 | 13.219.555 |
| MATRICULACIONES | TURISMOS | 34,7 | 15,2 | 7,5 | -12,4 | -9,1 | 10,33 | 1.008.454 |
| | CAMIONES | 30,2 | 18,1 | 11,5 | -3,8 | -9,1 | 0,73 | 234.385 |
| | TRACTORES | 53,1 | 34,7 | 17,5 | -16,4 | -20,2 | -15,31 | 5.630 |
| | MOTOCICLETAS | 32,7 | 32,5 | 33,7 | 10,0 | 0,2 | -2,22 | 100.596 |
| | AUTOBUSES | 22,8 | 7,5 | 13,8 | -14,5 | 0,4 | -20,66 | 2.775 |
| | TOTAL MATRICULACIONES | 33,9 | 16,7 | 9,8 | -9,4 | -8,3 | 5,98 | 1.351.840 |
| PARQUE | Oficial de la D.G. de Tráfico | 6,4 | 6,2 | 7,1 | 5,6 | 5,3 | 4,95 | 17.347.203 |
| CARBURANTES | Gasolinas | 6,8 | 7,5 | 7 | 4,4 | 4,5 | 2,42 | 8.330.799 |
| | Gasoleo A | 8,2 | 24,3 | 10,8 | 7,2 | 3,4 | -3,01 | 9.255.399 |
| ECONOMIA | PIB (p.m.) | 5,6 | 5,2 | 4,7 | 3,6 | 2,2 | 0,8 | 58.852 |

1. SITUACION EN EL AÑO 1993

| VARIABLE | TIPO | ULTIMO DATO | | VARIACIONES EN EL PERIODO (%) 1993-1992 (2) | | | | | |
|-----------------|------------------------|--------------|-----------|---|-----------------|------------|----------|--------|----------|
| | | PERIODO | VALOR (1) | MENSUAL | ANUAL ACUMULADA | INTERANUAL | | | |
| TRAFICO | Autopistas de Peaje | Septiembre | 834 | -3,18 | (1,66) | -1,65 | (2,17) | -1,27 | (2,95) |
| | Estaciones Permanentes | Septiembre | 904.373 | 0,94 | (1,37) | 1,44 | (2,05) | 1,92 | (2,27) |
| MATRICULACIONES | Turismos | Septiembre | 52.161 | -14,93 | (6,92) | -24,32 | (12,80) | -18,22 | (11,02) |
| | Camiones | Septiembre | 11.244 | -23,85 | (-3,51) | -31,19 | (2,29) | -24,18 | (1,90) |
| | Motocicletas | Septiembre | 3.673 | -40,69 | (-28,28) | -50,65 | (-12,61) | -46,50 | (-10,83) |
| | Autobuses | Septiembre | 142 | -10,69 | (6,71) | -36,33 | (1,74) | -32,33 | (1,77) |
| | Tractores | Septiembre | 260 | -23,08 | (-27,93) | -47,72 | (-18,99) | -41,65 | (-41,65) |
| | TOTAL MATRICULACIONES | Septiembre | 67.480 | -18,48 | (1,06) | -27,78 | (8,12) | -21,61 | (7,10) |
| COMBUSTIBLE | Gasolina | Marzo | 645.817 | -3,71 | (0,53) | -3,99 | (5,52) | -0,27 | (5,27) |
| | Gasoleo A | Marzo | 719.462 | -9,69 | (-8,89) | -11,51 | (2,60) | -6,30 | (4,31) |
| ECONOMIA | PIB (p.m.) | 3° Trimestre | - | -1 | (0,6) | -1,1 | (1,2) | - | - |

(7) Provisional. ☒ Datos revisados.

(1). El tráfico en las Autopistas de peaje y en la red está expresado en millones de vehículos-Kilómetro; el tráfico en las estaciones permanentes en número de vehículos, el consumo de combustible en toneladas métricas, las matriculaciones y el parque en número de vehículos y el PIB en billones de pesetas. El período de referencia es el año 1992 (Cuadro 1) o el mes de Septiembre de 1993 para tráfico y matriculaciones y el 3° trimestre de 1993 para el PIB. (Cuadro 2)

(2). Las variaciones vienen expresadas en tanto por ciento respecto al dato del año anterior que sirve de referencia.

En primer lugar aparece la variación registrada entre 1993 y 1992 y a continuación, entre parentesis, la existente entre 1992 y 1991.

-Mensual. Comparación del valor registrado el último mes con el del mismo mes del año anterior. En el caso del PIB el período de análisis es el trimestre.

-Anual acumulada. Comparación del valor acumulado desde enero hasta el último mes con el dato correspondiente del año anterior.

-Interanual. Compara el crecimiento de los últimos doce meses con idéntico período del año anterior.

TABLA 1 COMPARACION DE CUENTAS GLOBALES POR MODOS DE TRANSPORTE
A. CUENTA AMBIENTAL

| | | MODO VIARIO | MODO FERROVIARIO | MODO AEREO |
|--|-------------------|----------------|---------------------|---------------|
| I. EFECTOS AMBIENTALES AGREGADOS | | | | |
| CONSUMO DE ENERGIA | | | | |
| Traccion | (M3 Comb. eq.) | 22.001.073 | 314.291 | 1.749.900 |
| Ciclo completo | (M3 Comb. eq.) | 31.629.074 | 756.504 | 2.037.054 |
| CONSUMO DE MATERIALES | | | | |
| Vehiculos | (TM) | 1.413.577 | 35.560 | 2.165 |
| Otros | (TM) | 6.422.273 | 439.493 | 233.924 |
| EMISIONES A LA ATMOSFERA | | | | |
| CO2 | (TM) | 72.921.511 | 1.756.818 | 4.715.742 |
| Otros productos | (TM) | 1.326.417 | 17.038 | 23.883 |
| II. CONTRIBUCION PORCENTUAL DE CADA MODO | | | | |
| CONSUMO DE ENERGIA | | | | |
| Traccion | | 91,4% | 1,3% | 7,3% |
| Ciclo completo | | 91,9% | 2,2% | 5,9% |
| CONSUMO DE MATERIALES | | | | |
| Vehiculos | | 97,4% | 2,5% | 0,1% |
| Otros | | 90,5% | 6,2% | 3,3% |
| EMISIONES A LA ATMOSFERA | | | | |
| CO2 | | 91,8% | 2,2% | 5,9% |
| Otros productos | | 97,0% | 1,2% | 1,7% |
| III. EFECTOS POR UNIDAD DE TRANSPORTE PRODUCIDA | | | | |
| PRODUCC. TRANSPORTE (MILL. PLAZAS-KM EQ) | | 968.641 | 71.000 | 33.352 |
| CONSUMO UNITARIO DE ENERGIA | | | | |
| Traccion | (L/100 PL-KM) | 2,27 | 0,44 | 5,25 |
| Ciclo completo | (L/100 PL-KM) | 3,27 | 1,07 | 6,11 |
| CONSUMO UNITARIO DE MATERIALES | | | | |
| Vehiculos | (TM/Millon PL-KM) | 1,46 | 0,50 | 0,06 |
| Otros | (TM/Millon PL-KM) | 6,63 | 6,19 | 7,00 |
| EMISIONES UNITARIAS A LA ATMOSFERA | | | | |
| CO2 | (Kg/100 PL-KM) | 7,53 | 2,47 | 14,1 |
| Otros productos | (Kg/100 PL-KM) | 0,14 | 0,02 | 0,0 |
| CONTAMINACION UNITARIA EQUIVALENTE (CO2+100*OTROS) | | 21,22 21 | 4,87 | 21,3 |

TABLA 2 . COMPARACION DE CUENTAS GLOBALES POR MODOS DE TRANSPORTE
B. CUENTA SOCIAL

| ACCIDENTES EN 1990 | MODO VIARIO | MODO FERROVIARIO | MODO AEREO |
|--|----------------|---------------------|---------------|
| Muertos en accidente | 6.948 | 37 | 9 |
| Heridos graves | 52.418 | 17 | 4 |
| Heridos leves | 116.993 | 35 | 7 |
| PRODUCCION TRANSPORTE (MILL.VIAJ-KM) | 220.727 | 16.733 | 24.842 |
| TASA DE ACCIDENTALIDAD/1000 MM.VIAJ-KM | | | |
| Muertos | 31,5 | 2,2 | 0,4 |
| Heridos graves | 237,5 | 1,0 | 0,2 |
| Heridos leves | 530,0 | 2,1 | 0,3 |

COSTES SOCIALES DE LOS ACCIDENTES

I. COSTES ECONOMICOS: PERDIDAS DE PRODUCCION

| | COST 313: Coste/acc. Miles Pts. | COSTES TOTALES EN MILLONES DE PESETAS | | |
|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|
| | | | | |
| Muertos | 14.667,25 | 101.908 | 543 | 132 |
| Heridos graves | 220,87 | 11.578 | 4 | 1 |
| Heridos leves | 6,24 | 730 | 0 | 0 |
| TOTAL | | 114.216 | 547 | 133 |
| COSTES EN PTS/100 VIAJ-KM | | 51,7 | 3,3 | 0,5 |

II. COSTES DE DOLOR Y SUFRIMIENTO HUMANO

| | COST 313: Coste/acc. Herido leve: 1 | INCIDENCIA AGREGADA | | |
|---------------------------------------|--|---------------------|--------|-------|
| | | | | |
| Muertos | 340 | 2.362.320 | 12.580 | 3.060 |
| Heridos graves | 30 | 1.572.540 | 510 | 120 |
| Heridos leves | 1 | 116.993 | 35 | 7 |
| TOTAL | | 4.051.853 | 13.125 | 3.187 |
| INDICE DE COSTES HUMANOS POR VIAJ-KM. | | 18,4 | 0,8 | 0,1 |

TABLA 3 COMPARACION DE CUENTAS GLOBALES POR MODOS DE TRANSPORTE
C. CUENTA ECONOMICA

I. COSTES DE PRODUCCION DEL TRANSPORTE EN VEHICULO PRIVADO

| | Pts./ Veh-Km | Plazas/ Vehic. | Pts./ Plaza-km | Tasa de Coste/ Ocupac. | Coste/ Viaj-km |
|----------------|-----------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| Veh. < 1200 CC | 21,7 | 4 | 5,4 | 40 | 13,6 |
| Veh. > 2000 CC | 60,0 | 4 | 15,0 | 40 | 37,5 |
| Vehiculo medio | 34,6 | 4 | 8,6 | 40 | 21,6 |

II. COSTES DE PRODUCCION DEL TRANSPORTE DE VIAJEROS EN AUTOBUS

| SERVICIOS URBANOS | Pts./ Veh-Km | Plazas/ Vehic. | Pts./ Plaza-km | Tasa de Coste/ Ocupac. | Coste/ Viaj-km |
|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| MADRID | 334,3 | 50 | 6,7 | 80 | 8,4 |
| BARCELONA | 435,4 | 50 | 8,7 | 80 | 10,9 |
| VALENCIA | 343,5 | 50 | 6,9 | 80 | 8,6 |
| SEVILLA | 405,7 | 50 | 8,1 | 80 | 10,1 |

SERVICIOS INTERURBANOS

| | | | | | |
|-----------------------|-----|----|-----|----|-----|
| Media varias empresas | 120 | 52 | 2,3 | 60 | 3,8 |
|-----------------------|-----|----|-----|----|-----|

III. COSTE DE PRODUCCION DEL TRANSPORTE DE VIAJEROS EN FERROCARRIL

| | Pts./ Plaza-km | Tasa de Coste/ Ocupac. | Coste/ Viaj-km |
|------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| LARGO RECORRIDO | 5,7 | 43 | 13,2 |
| Calculos en Tabla 1.2. | | | |
| CERCANIAS | 3,5 | 37 | 9,4 |

IV. COSTE DE PRODUCCION DEL TRANSPORTE DE VIAJEROS EN AVION

| | Gastos Explot. | % Asig. Viajer. | Mill. Pl-Km. | Pts./ Plaza-km | Tasa de Coste/ Ocupac. | Coste/ Viaj-km |
|---------|-------------------|--------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| IBERIA: | 386.992 | 90% | 31.896 | 10,9 | 69 | 15,8 |

TABLA 4 COMPARACION DE CUENTAS GLOBALES POR MODOS DE TRANSPORTE
D. CUENTA FISCAL

| INGRESOS ESTATALES | MODO VIARIO | MODO FERROVIARIO (RENFE) | MODO AEREO (IBERIA) |
|--|------------------|--------------------------------|---------------------------|
| I. IMPUESTOS | | | |
| IVA Especifico | 164.480 | -4.698 | 0 |
| Impuesto Carburantes | 673.046 | 3.226 | 0 |
| Impuesto Circulacion | 78.662 | 0 | 0 |
| II. TASAS | | | |
| Matriculacion | 10.008 | 0 | 0 |
| Otras Tasas | 14.993 | 0 | 24.194 |
| III. OTROS INGRESOS | | | |
| Sanciones | 16.664 | 0 | 0 |
| Otros | 0 | 0 | 10.430 |
| TOTAL INGRESOS | 957.853 | -1.472 | 34.624 |
| GASTOS ESTATALES | | | |
| I. INVERSION INFRAESTRUCTURAS | | | |
| Estado | 357.519 | 48.000 | (Sin 29.094 |
| Otras Administraciones | 482.656 | 0 | 0 |
| II. GESTION DEL SISTEMA | | | |
| Vigilancia y control | 106.042 | 0 | 20.466 |
| Servicios Centrales | 6.228 | 1.206 | 1.206 |
| III. GASTOS FINANCIEROS, TRANSFERENCIA | | | |
| Intereses Deuda | 6.422 | 7.500 | 1.500 |
| Seguros de Cambio | 13.894 | 0 | 0 |
| Subvenciones | 39.670 | 196.044 | 5.625 |
| IV. ACCIDENTES | | | |
| Asistencia medica | 16.368 | 52 | 0 |
| Pensiones | 19.412 | 84 | 0 |
| Sistema Judicial | 16.428 | 0 | 0 |
| TOTAL GASTOS | 1.064.639 | 252.886 | 57.891 |
| INGRESOS-GASTOS | -106.786 | -254.358 | -23.267 |
| APORTACION PUBLICA/ PLAZA-KM EQUIVALENTE (PTS.) | 0,11 | 3,58 | 0,70 |

T A B L A 15

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE MEDIO-AMBIENTAL
EN LA SELECCION DE LA ALTERNATJVA
RECOMENDADA

| Peso en el método multicriterio | % Casos |
|--------------------------------------|---------|
| Superior al resto de criterios | 14 |
| Similar a otros criterios | 54 |
| Inferior a otros factores | 32 |

T A B L A 16

COSTES MEDIOAMBIENTALES EN LAS INFRAESTRUCTURAS DE CARRETERAS

| Tipos de Infraestructura | Terreno | Costes Directos | | Costes Indirectos |
|--|-------------|-----------------|-------------|-------------------|
| | | Mpts/Km | % S/presup. | % S/presupuesto |
| Autopistas y Autovías de nuevo trazado | Llano | 4,5 | 1,0 | 1,5 - 3,5 |
| | Ondulado | | | |
| | Accidentado | 5,5 | 1,0 | |
| Duplicaciones de calzada | Llano | 3,5 | 1,0 | — |
| | Ondulado | | | |
| | Accidentado | 4,0 | 1,0 | |
| Variantes de población | Todos | 1,5 | 1,0 | 1 - 2 |
| Medio urbano | Todos | 6,0 | 1,5 | 1,5 - 3,0 |

Inversión media directa en acciones medio-ambientales del MOPT: 3%.

Inversión en obras lineales Francia: 12-15% del presupuesto.

T A B L A 17

