

---

# NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA GESTIÓN DE AUTOPISTAS.

## EL PEAJE Y LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

FRANCESC ROBUSTÉ  
CARLES VERGARA  
LEIF THORSON  
MIQUEL ESTRADA

Centro de Innovación del Transporte. CENIT  
*Universidad Politécnica de Cataluña*

**EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y LA GESTIÓN DE LA MOVILIDAD PRESENTAN UN DESAFÍO CADA VEZ MAYOR, TANTO PARA LAS AUTORIDADES PÚBLICAS COMO PARA LAS ENTIDADES PRIVADAS, QUE BUSCAN NUEVAS SOLUCIONES A LOS PRO-**

33

blemas de las redes de transporte. En los últimos tiempos, se han implantado de forma progresiva nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en todos los aspectos de la actividad humana y el sector del transporte no ha sido ajeno a esta tendencia.

Dentro del desarrollo de las nuevas tecnologías, tiene una especial importancia el sector del transporte, ya no sólo como mero elemento de soporte físico para la distribución de mercancías y movimiento de viajeros, sino como auténtico motor de desarrollo económico.

En una concepción integrada del sector del transporte destacan como fundamentales las decisiones a tomar en las fases de planificación y organización de las operaciones de transporte.

La concepción de esta nueva visión de la actividad del transporte, basada en operaciones y servicios, en la que la planificación y la gestión de los recursos son los puntos principales, implica la acepción y total integración de las nuevas tecnologías emergentes, sobre todo en el ámbito de la información y las comunicaciones (TIC), ya que son éstas áreas de desarro-

llo las que conforman la ventaja competitiva requerida por la calidad de servicio que demandan los usuarios.

Cada vez más a menudo se observa, en el campo del transporte, que las grandes construcciones de infraestructuras están llegando progresivamente a su madurez, y que van cobrando cada vez mayor preponderancia aspectos como la gestión, la conservación y la oferta de nuevas operaciones y servicios.

Al alcanzar sus límites las grandes inversiones en infraestructuras, los sistemas in-



pera con asiduidad un modelo de financiación por peaje directo, el fenómeno de la metropolitanización ha tensionado las bases del concepto de concesión de autopistas de peaje a riesgo y ventura. Ver Alberto Ruiz et al., 2000, para una discusión de este concepto concesional.

Desde la segunda mitad de la década de los años ochenta en España, con la "actualización" de los precios del suelo aprovechando un periodo económico expansivo y con la euforia puesta en los acontecimientos de 1992, muchos viajes interurbanos se convierten en «pendulares» o de *commuting*.

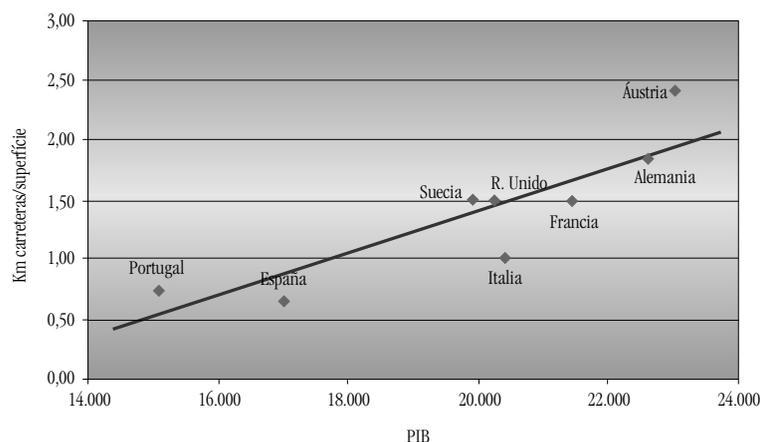
Muchas autopistas concebidas como carreteras interurbanas y para viajes de largo recorrido se convierten en rondas metropolitanas: el concepto de «riesgo y ventura» en un ámbito metropolitano y con crecimiento de movilidad sostenido pierde su vigencia.

La heterogeneidad del «modelo» de financiación de carreteras de altas prestaciones en España y en Europa (quizás sería más realista reconocer la ausencia de «modelo») crea y creará tensiones sociales hasta que no de armonice y establezca desde el punto de vista territorial, conceptual y social.

Las diversas administraciones han tomado distintas medidas de rebaja y homogeneidad de los peajes existentes, algunas de ellas, como la rebaja del IVA de los vehículos ligeros del 16% al 7%, recientemente desestimada por la Comunidad Europea. En ocasiones han contemplado la viabilidad del rescate de concesiones o la eliminación de un determinado peaje; por ejemplo, las circunvalaciones de la autopista A-7 en Barcelona, Tarragona y Girona. Incluso se han llegado a barajar soluciones imaginativas como el rescate de todas las concesiones dentro de un territorio y el inmediato otorgamiento de una única concesión global que gestionaría todas las autopistas de peaje con la garantía de una TIR adecuada y absorbiendo la financiación del coste del rescate.

Este artículo pretende contribuir a la definición de un modelo nuevo, racional y homogéneo que contempla el peaje de las autopistas como precio por un servicio diferencial en un Estado del bienestar

GRÁFICO 1  
RELACIÓN PIB/KM CARRETERAS/SUPERFICIE



FUENTE: Elaboración propia.

(y desarrollado en términos de riqueza), capaz de asegurar a sus ciudadanos carreteras alternativas razonables.

Aunque la consideración del transporte como un mero servicio conllevaría a tarifar incluso las carreteras alternativas, como mínimo por gastos de mantenimiento y operación (así se promueve desde el Libro Blanco del Transporte de la Unión Europea, ver *European Communities Commission*, 2001), en este artículo se contempla la situación común en el sur de Europa, donde para cada autopista de peaje existe una carretera alternativa libre de peaje que garantiza el derecho de accesibilidad mínima de sus ciudadanos. Esta hipótesis no resta generalidad al modelo planteado, como se demostrará a continuación.

La aplicación del nuevo modelo que se propone conllevaría a una evolución conceptual de los mecanismos financieros hasta considerar las empresas concesionarias de autopistas de peaje como operadores de carreteras en régimen de gestión interesada, de forma similar a como se hace desde la última década con los operadores de transporte público metropolitano.

De esta manera, se conjetura que es posible imprimir un talante de mutuo beneficio para la Administración, que ahorraría dinero público y a los usuarios habituales de las autopistas, y, a medio plazo, para

el sector de las empresas concesionarias, que las motivaría a una mejora continua, garantizando las expectativas de negocio y con una transparencia total y labor positiva de comunicación e imagen respecto al colectivo de usuarios y la sociedad en general.

#### EL NUEVO MODELO DE PEAJES PROPUESTO

Es difícil plantear un modelo pretendidamente percibido como racional por los usuarios sin acordar la necesidad de desvincular el peaje de los mecanismos financieros de una carretera. En este sentido, el concepto de concesionaria de autopistas está cambiando en los últimos tiempos. Estas sociedades, inicialmente entendidas como soluciones financieras a restricciones de presupuesto, restricciones que a menudo se ha demostrado no ser tales, sino más bien asignaciones coyunturales a otras prioridades, están transformando sus objetivos hacia operadores y gestores de la movilidad en colaboración con la Administración que define las políticas generales. Esta transición conllevará tiempo y somos conscientes que la aplicación de los conceptos que aquí se vierten se demorará varias décadas.

Obviamente, la operación de financiación privada deberá ligar globalmente un precio exógeno (el peaje) a unos costes de financiación, operación y mantenimiento,

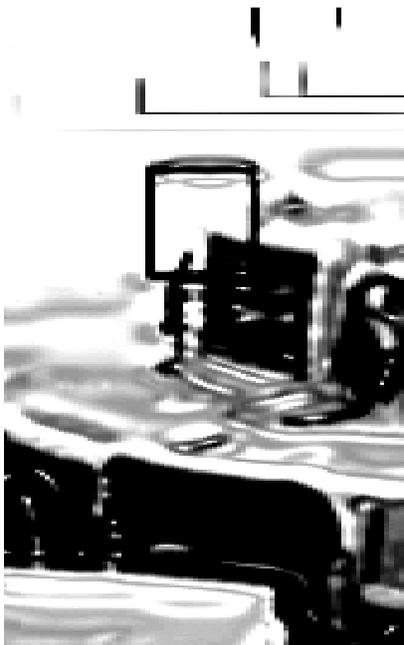
y al riesgo de la operación. El modelo planteado es coherente con las políticas de financiación por iniciativa privada en Europa, pero enriqueciendo y globalizando los conceptos.

Se introduce, pues, la perspectiva del usuario como comprador de un servicio de calidad en los corredores interurbanos, siempre que la Administración garantice alternativas multimodales «razonables», derecho de accesibilidad que debe garantizar por equidad social cualquier Estado del bienestar. Así se separa la financiación de la construcción de una carretera de la prestación de un servicio, clarificando los negocios y evitando subvenciones cruzadas.

El Cuadro 1 resume someramente los principios para dotar de peaje a vías de alta capacidad. En general, se propone que una vía de alta capacidad con características de autopista, un túnel y un viaducto singular han de ser de peaje (servicio diferencial) si existe una alternativa gratuita razonable; cuando las circunstancias lo justifiquen, algunos tramos de autopista pueden tener un peaje reducido o bien carecer de él: circunvalación, etc.; la capacidad mínima de una alternativa se establece en función del tráfico de agitación.

La perspectiva integral de la gestión de la movilidad obliga a contemplar un mecanismo bastante conocido conceptualmente pero aún sin desarrollar de forma explícita y en profundidad: la vinculación de los peajes metropolitanos con las tarifas de aparcamiento en el centro de las ciudades y la de los peajes interurbanos con el valor del suelo afectado por el incremento de accesibilidad.

Aunque la explicitación de la vinculación entre peajes y plusvalías territoriales no acostumbra a ser del agrado de la clase política, iniciativas holandesas, francesas e inglesas ya contemplan esta relación evidente. Cabe destacar la incorporación de una tasa de acceso al centro de Londres de £5/vehículo-día en laborables («*cordon charge*», tasa con 90% de descuento a residentes y exención a motos, buses y taxis que ha tenido gran éxito en su primer año de implantación) y la explicitación de tasas



sobre valores del suelo según la accesibilidad y la política de movilidad, como casos prácticos de movilidad sostenible. En este sentido, pero de forma indirecta, en la conurbación de Barcelona (municipios consorciados en la Entidad Metropolitana del Transporte) ya se aplica un recargo sobre el Impuesto de Bienes Inmuebles (IBI) desde mediados de la década pasada para financiar el transporte público.

#### CAMBIO DE MENTALIDAD DE LOS AGENTES IMPLICADOS

En este artículo se plantea la necesidad de un cambio de mentalidad que afecte no solamente a las diferentes administraciones y a las empresas concesionarias, sino también a los usuarios de las carreteras. Es necesario que se produzca este cambio de consideración y las autopistas de peaje pasen de ser un mecanismo financiero como en la actualidad a un operador de transporte con vocación de servicio al usuario para conseguir una gestión óptima de la red de transporte.

El primer paso para imponer la perspectiva del usuario es considerar una cierta desvinculación entre el peaje y los mecanismos financieros de una carretera (Robusté, 1999). Este hecho se hace más necesario aún en países como España

donde existen carreteras de altas prestaciones sin peaje directo y autopistas de peaje con características similares.

Es difícil plantear un modelo percibido como racional sin concertar dicha desunión porque resulta imprescindible consolidar el cambio de concepción de las concesiones de autopistas, entendidas como soluciones financieras a restricciones de presupuesto. Es necesario, pues, que el peaje no sea concebido como un sufragio de los gastos financieros y la obtención de cierto beneficio por parte de la entidad privada concesionaria, sino que debe asociarse al pago por un servicio diferencial que se recibe.

El *usuario* tomaría conciencia de dos aspectos fundamentales:

✓ Que el uso de la autopista comporta unos gastos, y no sólo de tipo económico-financiero sino también de tipo social.

✓ Que el paso por una determinada infraestructura con unos niveles de calidad y seguridad establecidos es un servicio recibido y que tiene un precio que se debe pagar.

La *empresa concesionaria*, por su parte, debería tener en cuenta que:

✓ Está prestando un servicio a unos usuarios y que, como tal, debe garantizar un nivel de calidad prefijado.

✓ Tiene derecho a buscar el beneficio en sus ejercicios pero siempre respetando que se deben cumplir los estrictos requerimientos, normas y limitaciones acordadas con la Administración.

La *Administración* debería considerar que:

✓ La aplicación de un modelo de operación de autopistas debe ser coherente, armónico y global, evitando agravios comparativos, tanto a nivel interregional como intraregional o incluso entre usuarios.

✓ El modelo debe ser sostenible y que, como indican las directivas europeas en materia de transporte (ver Comisión de las Comunidades Europeas, 2001), los ingresos procedentes de la tarificación pue-

CUADRO 1  
PRINCIPIOS DE PEAJE EN VÍAS DE ALTAS PRESTACIONES CON ALTERNATIVAS RAZONABLES

Funciones de las vías de alta capacidad		Pago del usuario
Metropolitanas	Accesos radiales a los núcleos metropolitanos	Peaje por: - Sostenibilidad (tasa de Pigou) en las horas punta - Gestión de la movilidad (transporte público)
	Distribución (circunvalación, en arco u orbitales)	Peaje menor, superior a un mínimo de operación y mantenimiento de la vía (excepto en casos de congestión)
	Vertebración territorial	Peaje por plusvalías en valor del suelo debido al aumento de accesibilidad. Tarifaciones especiales (residentes, trabajadores) por equidad
	Largo recorrido	Peaje por servicio diferencial

FUENTE: Elaboración propia.

den constituir una reserva de recursos financieros, parte de los cuales podría utilizarse para invertir en realizar otras infraestructuras, especialmente las ferroviarias y de transporte público.

✓ Debe definir y regular la calidad del servicio dando respuesta a las expectativas de los usuarios de la carretera y de la sociedad, porque un sistema de transporte eficaz y de calidad es símbolo de una buena economía del país.

✓ Debe mejorar su colaboración con las empresas concesionarias, explicitando y clarificando sus expectativas de negocio y motivando al sector privado en la mejora continua del servicio.

#### EL PEAJE COMO GESTOR DE VÍAS DE ALTAS PRESTACIONES Y DE LA MOVILIDAD

Si se desvincula directamente la tarifa de la financiación de la infraestructura y se asocia al servicio recibido por el usuario, el peaje debería fijarse en función de otros criterios, como por ejemplo:

- ✓ Tiempo ahorrado entre la autopista y la vía alternativa.
- ✓ Incremento de seguridad entre la autopista y la vía alternativa.
- ✓ Incremento de regularidad del tiempo de viaje entre autopista y vía alternativa.
- ✓ Uso (intensidad/capacidad) de la autopista y la vía alternativa.

✓ Variación horaria del flujo de vehículos (tasa por congestión).

✓ Efecto red.

✓ Multimodalidad: alternativas de movilidad con otros modos de transporte.

✓ Flujo de vehículos, tipología de movilidad y motivos de viaje.

✓ Desarrollo económico de la zona.

✓ Costes sociales incrementales del tráfico: ahorro del coste asociado a la congestión y externalidades evitadas por la autopista.

✓ Rentabilidad social de la autopista y de la vía alternativa.

Se plantea, pues, una tarifa basada en las características diferenciales de la vía de altas prestaciones respecto a las ofrecidas por las vías alternativas y aplicando tasas de congestión en entornos metropolitanos.

Estos criterios permitirían el uso del peaje como gestor a dos niveles:

El peaje como *gestor de la red de las vías de altas prestaciones*, que permitiría aplicar compensaciones entre concesiones. De esta forma, concesiones que se encuentran en su inicio y que deben soportar enormes gastos derivados de la construcción y financiación inicial podrían recibir aportaciones de concesiones más maduras que generan elevados beneficios.

El peaje como *gestor de la movilidad de todo el sistema de transporte* en tanto que el valor de la tarifa (variable en el tiempo) regula la elección modal del usuario y permite conseguir un transporte totalmente sostenible al pagar el usuario las externalidades que provoca y permitir la financiación del transporte público con parte de la tarifa de las vías de altas prestaciones.

Naturalmente este es un modelo de futuro que, para su aplicación, necesitaría establecer un consorcio de administraciones competentes y empresas concesionarias para cierta delimitación geográfica donde se expliciten las nuevas relaciones con los costes de construcción y el tráfico imperante.

#### NECESIDAD DE UNA AUTORIDAD REGULADORA

Partiendo de las consideraciones anteriores, para poder gestionar la red de vías de altas prestaciones y, en general, la movilidad de todo el sistema de transporte de forma conjunta e integrada se plantea la posibilidad de establecer un ente público o consorcio regulador, que controle la calidad del servicio ofrecido en los diferentes tramos en concesión y que efectúe un seguimiento de toda la red, tal y como hacen las autoridades del transporte con las concesiones del transporte público. Así, de la misma manera que en la red de transporte público el usuario no paga una tarifa según el coste de construcción del tramo por el que se circula, en la red de carreteras de altas prestaciones tampoco



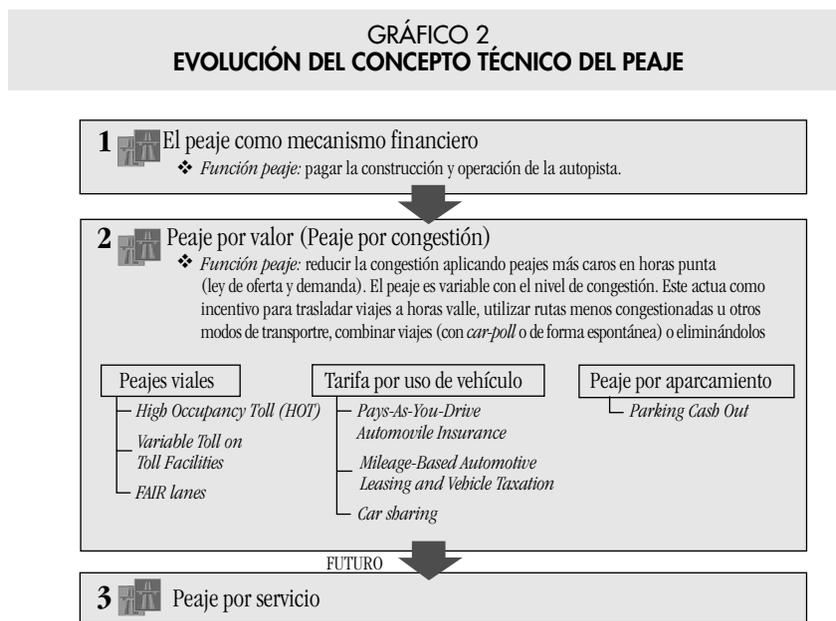
el California Department of Transportation (California DOT) no tuvo suficientes para la construcción y explotación de los carriles HOV planificados para la mediana de la SR-91, la California Private Transportation Corporation, respondiendo a la iniciativa legislativa, construyó unos carriles de peaje en la mediana de la autopista. Por compromiso con el DOT, el peaje tiene un descuento del 50% para los vehículos HOV3+. Los casos de San Diego y del peaje en la mediana de la SR-91 en California sugieren que los usuarios pueden considerar los carriles HOT como importante opción en las ocasiones que quieren ahorrar tiempo, además de dinero en el peaje.

**Variable Tolls on Toll Facilities.** Los peajes de los tramos en congestión varían según la hora del día con la intención de provocar que algunos viajeros utilicen las infraestructuras durante los periodos de menor congestión o utilicen otros modos de transporte u otras rutas. De esta manera se consigue reducir los picos de demanda en las horas punta.

Una aplicación destacada es la realizada en Lee County (Florida, EE.UU.) donde desde agosto de 1998 los usuarios disponen de peajes reducidos en los periodos inmediatamente anterior y posterior a las puntas de demanda para dos de los puentes de esta ciudad. Los usuarios deben utilizar un dispositivo electrónico conectado a una cuenta prepago. Este proyecto desplazó de forma muy efectiva tráfico del periodo de hora punta, mejorando el nivel de servicio de los puentes.

Por otra parte, la aplicación de precios diferentes en hora punta y hora valle se ha practicado en numerosas concesiones en el mundo, como por ejemplo, en los Túneles de Vallvidrera (acceso a la ciudad de Barcelona) en los que se aplican diferentes tarifas según el horario en vez de un precio medio constante a lo largo del día.

Por otro lado, una alternativa a reducir peajes durante los periodos pre y post punta de demanda es incrementarlos durante las horas punta. En este sentido, y principalmente para aumentar los ingresos para futuras nuevas infraestructuras, el New Jersey Turnpike (autopistas de



FUENTE: Elaboración propia.

peaje) y la Autoridad Portuaria de New York y New Jersey, entre septiembre de 2000 y marzo de 2001, incrementaron las tarifas del peaje de sus concesiones e introdujeron peajes diferenciales entre horas punta y horas valle.

En las autopistas gestionadas por la Turnpike, las tarifas en los periodos punta se incrementaron 8% y se ha planificado un 10% más en 2003. Estudios recientes certifican que un gran número de usuarios han variado el horario de sus viajes para evitar las tarifas más elevadas de los periodos punta.

En los puentes y túneles de peaje de la Autoridad Portuaria, los peajes de las horas punta son ahora un 25% superiores que las tarifas en hora valle. En las horas anteriores a la hora punta de la mañana, el tráfico ha crecido de forma significativa mientras que en las horas punta de la mañana y la tarde ha disminuido. Ofreciendo peajes más reducidos en unos periodos que en otros proporciona a los usuarios que disponen de una flexibilidad de horario, aprovechar la oportunidad de escoger cuando realizar su viaje. Finalmente cabe destacar que variar los peajes según el día de la semana o por temporada es otra posibilidad, principalmente en zonas turísticas.

**FAIR lanes.** Es un concepto innovador de *value pricing* basado en la conversión de existentes autopistas libres de peaje en autopistas de pago. El concepto incluye la separación de los carriles de las autopistas libres, utilizando pilones de plástico o balizamiento adecuado, en dos secciones: los carriles rápidos y los carriles regulares. Los carriles rápidos serían tarifados por peaje electrónico, establecidos en tiempo real para limitar el tráfico a un máximo que puede ser establecido a velocidades próximas a las de circulación libre.

Se advierte a los usuarios de los precios del peaje a través de mensajes electrónicos en pantallas situadas antes de las respectivas salidas de los carriles regulares hacia los rápidos. Cuanto más aumenta el volumen de tráfico en los carriles rápidos y más se aproxima al máximo que se puede alcanzar, más se incrementa el precio de los peajes para evitar que entre una gran cantidad de vehículos adicionales que pueda colapsar los carriles rápidos. Esto permite asegurar un nivel de servicio superior en los carriles rápidos que justifica el pago de un peaje elevado.

Las FAIR lanes pueden establecerse en cualquier autopista congestionada y libre de peaje, preferiblemente en infraestruc-

turas de 3 o más carriles por sentido, capacidad inhabitual en España, excepto por lo accesos a Madrid y alguno a Barcelona. Al añadir nuevos carriles, un carril libre de peaje puede ser añadido al sistema de carriles rápidos. Algunos autores incluso han propuesto sistemas de descuentos para los usuarios que escogen los carriles regulares; por ejemplo, un sistema de puntos que ofrezca un desplazamiento gratuito por los carriles rápidos por un número de desplazamientos por los carriles regulares.

#### TARIFICACIÓN POR USO DEL VEHÍCULO

**Pay-As-You-Drive (PAYD) Automotive Insurance.** El seguro del automóvil se transforma de una cantidad fija a una variable por kilómetro. Las compañías de seguros cobran tarifas de seguros en función de los kilómetros recorridos porque es una medida más fiable del riesgo de accidente que el actual sistema con una cantidad fija. Este sistema es un incentivo al usuario a conducir menos, reduciendo así el número de accidentes, la contaminación, la congestión, etc.

En la actualidad, la variación en las tarifas de los seguros por kilómetros recorridos se ha empezado a utilizar por parte de algunas compañías, aunque el porcentaje sobre el total aun es insignificante. Una prueba piloto de *Progressive Auto Insurance* ha analizado los efectos del *Pay-As-You-Drive* (PAYD) en 1.200 conductores de Texas (EE.UU.). En esta prueba se aplicaba a los usuarios, además de por kilómetro, una tarifa por tiempo, hora del día y lugar de conducción.

**Mileage-Based Automotive Leasing and Vehicle Taxation.** Más del 80% de los costes de posesión y operación de un vehículo son fijos. De esta manera, cuando una persona adquiere un vehículo, hay solamente un incentivo financiero muy pequeño a no utilizar el vehículo de forma indiscriminada. El *leasing* y las tasas son instrumentos que permiten convertir en variables (pago-por-kilómetro o *Pay-As-You-Drive* PAYD) algunos costes fijos de los vehículos.

El Minnesota Department of Transportation (MnDOT), mediante un programa pi-



loto de *value pricing* con la Federal Highway Administration, está empezando a simular estos cambios en los costes si se tarifa por kilómetro. Cabe destacar que se analizan las tarifas de la reducción en las emisiones.

**Car sharing,** o alquiler automático de vehículos que sustituye la propiedad del vehículo, es una medida de tarificación del transporte innovadora y voluntaria. Como ya se ha comentado anteriormente, aproximadamente el 80% de los costes del transporte privado son fijos. El *car sharing* anima a los usuarios a limitar su conducción convirtiendo estos costes fijos de posesión del automóvil en costes variables.

El *car sharing* es popular en algunas zonas de Europa. Cabe destacar el Mobility CarSharing Switzerland, por ejemplo, que tiene 1.700 coches en 900 localizaciones sirviendo a 350 comunidades y 43.000 usuarios (datos de Octubre de 2001). En España se implantará en mayo de 2004 una iniciativa de *car sharing* en Cataluña, promovida por la *Fundación Movilidad Sostenible y Segura*, que agrupa al gobierno de la Generalitat de Cataluña, el Ayuntamiento de Barcelona y la Asociación para la Promoción del Transporte Público (PTP).

Nuevos conceptos de *car sharing* que para reducir la congestión y favorecer su in-

troducción en el mercado pueden ser: tarificación de hora punta del *car sharing*, compartir de forma dinámica el vehículo (*carpool* a tiempo real con incentivos), etc. Cuando se combinan estas medidas de *car sharing* con otros conceptos como los carriles hot, las fair lanes y los peajes más elevados en horas punta, estos conceptos innovadores pueden tener efectos sinérgicos en la reducción de la congestión y podrían proporcionar excelentes oportunidades para consolidar la efectividad de la tarificación del transporte por carretera.

#### PARKING PRICING

Las políticas de tarificación por pago del estacionamiento son ampliamente conocidas y aplicadas en muchas ciudades del mundo. De esta manera, en vez de pagar un peaje por el acceso a la ciudad, se opta por disuadir el tráfico de vehículos mediante el pago por el estacionamiento. Así se evitan las plazas gratuitas en el centro de la ciudad en cuestión y se facilita parking de pago.

Hay algunas iniciativas menores, de carácter personal pero imaginativas como el *Parking Cash Out*, que permite a los trabajadores que disponen de plaza de aparcamiento proporcionada por la propia compañía dispongan, si lo desean, de un incremento de unos €65/mes (aproximadamente, según la empresa) en lugar de dicha plaza de parking.

Es una forma de valorar el precio de la plaza de aparcamiento que la empresa a menudo proporciona de forma "gratuita" a sus trabajadores sin perjuicio para estos, puesto que pueden escoger adherirse a la medida de *Parking Cash Out* o no. En Santa Monica (California, EE.UU.) se ha puesto en marcha un programa de *Parking Cash Out* que se ha aplicado a empresas de más de 50 trabajadores sin aparcamiento propio y las propias empresas lo alquilan o que tienen saturado su propio parking.

Parece evidente que existen muchas medidas de *value pricing* y que todas presentan valores positivos remarcables pero que una óptima aplicación pasa por incorporarlo en un solo modelo. En el futuro, si se tiende a la aplicación de un modelo de sistema de transporte glo-



bién crear riesgos de seguridad y dificultades de mantenimiento de las carreteras. Además, el tráfico estacional causa interrupciones en autopistas, con la dificultad agregada de los viajeros internacionales pueden no entender la información del tráfico en la lengua local. Los conductores se pueden encontrar con información diferente en cada país, que puede ser un problema para los conductores de camiones así como, para los conductores en vacaciones.

#### LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

Los sistemas inteligentes de transporte y los servicios (SIT) describen cualquier sistema o servicio que permita que el movimiento de personas o mercancías sea más eficiente y económico y, por tanto, más «inteligente». Tanto si se ofrece información en tiempo real sobre las condiciones actuales del tráfico como información on-line para la planificación del viaje, la variedad de SIT disponible hoy permite a autoridades, operadores y a viajeros individuales tomar decisiones con mejor información y más inteligentes. Los SIT pueden hacer que cada viaje sea más rápido, más cómodo, menos estresante, y más seguro.

Los SIT proporcionan soluciones eficaces a una amplia gama de problemas o dificultades en el transporte y se han implementado en varias partes de las redes transeuropeas, mientras que las soluciones locales están aportando alternativas positivas en ciudades de todos los tamaños.

Los servicios de llamadas de emergencia («Emergency call services»), por ejemplo, proporcionan una respuesta rápida para eliminar obstrucciones al tráfico, y los sistemas de gestión de incidentes proporcionan información al conductor y posibles rutas alternativas para reducir al mínimo los retrasos y las interrupciones.

La difusión de la información sobre tráfico está ahora disponible en el propio idioma de los conductores mediante RDS-TMC, y las predicciones del tiempo del viaje están a menudo a disposición del conductor para facilitarle las rutas alternativas que evitan la congestión y/o las áreas urbanas y

ayuden a reducir embotellamientos. Muchos de estos servicios dependen de una adecuada monitorización de la infraestructura de la carretera, para dar información antes del viaje (*pre-trip*) y durante el viaje (*on-trip*). Los datos recogidos son utilizados por los centros de gestión y control, que pueden desviar el tráfico por rutas alternativas para evitar incidentes, así como alertar a los conductores de posibles retrasos. Esto mejora la circulación global, la seguridad vial y la movilidad para todos. Además, se está en condiciones de crear una red europea de centros de tráfico, que permita la gestión coordinada y, por tanto, la mejora de la movilidad.

La congestión del tráfico debida al cobro de peaje manual o con tarjeta de crédito en cabinas de peaje está siendo reducido por los sistemas electrónicos de cobro (EFC-*Electronic Fee Collection*) que permiten que los conductores paguen peajes sin parar, lo que se denomina en el sector *free flow*.

Por lo que respecta a los negocios, las nuevas innovaciones para los vehículos comerciales están facilitando el viaje los conductores del camión, con los sistemas de gestión de flotas y cargas ayudando a optimizar las operaciones, disminuir los viajes en vacío e incrementar la seguridad vial. En este sentido, los dispositivos como el tacógrafo digital están acelerando los tiempos de verificación de la conformidad de un conductor de camión con las regulaciones de tráfico.

Por otra parte, las tecnologías aplicadas a los vehículos privados están mejorando día a día y estos son cada vez más «inteligentes» y, por lo tanto, más seguros. Los sistemas pasivos y activos de ayuda al conductor como los sistemas que ayudan a una mejor visión, la adaptación inteligente de la velocidad (*ISA-Intelligent Speed Adaptation*) y los sistemas anti-colisión permiten al conductor que comete un error, corregirlo antes de que se produzca el accidente.

La decisión estratégica de desarrollar el proyecto Galileo, el sistema de posicionamiento y navegación con satélites civiles, contribuirá de manera significativa al desarrollo de los sistemas inteligentes de transporte.

#### LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE EN LA RED DE CARRETERAS TRANSEUROPEA

La UE necesita un sistema de transporte integrado basado en infraestructuras rápidas, fiables y seguras, que sirvan a las necesidades de las empresas y de los usuarios individuales. El desarrollo de sistemas inteligentes de transporte ofrece la oportunidad de aplicar las tecnologías avanzadas para conseguir un sistema más eficiente, confortable y seguro, así como la interconexión entre los diferentes modos de transporte.

El potencial de los SIT ha inducido que la UE los incorpore en su política común de transportes, y que al mismo tiempo se intente crear un mercado único de servicios de SIT. Esto significa también el desarrollo de estándares técnicos que aseguren la interoperabilidad y proporcionen una base estable para decisiones de inversión.

El sector del transporte por carretera representa una proporción muy significativa del sistema total del transporte en la Unión Europea. Aproximadamente el 90% de las personas y el 70% de las mercancías son transportadas por carretera. En España estas cifras son, con datos del 2002: 91%, en viajeros-km y 85%, en toneladas-km para mercancías).

Debido a la importancia del transporte por carretera, los sistemas inteligentes se han convertido en una de las prioridades de la Unión Europea en este campo. El 29 de octubre de 1993 los ministros europeos acordaron que la red transeuropea de carreteras («TERN») se convertiría en la red europea de carreteras.

La TERN proporciona las conexiones principales por carretera entre las diversas regiones y aglomeraciones dentro de la UE. Por este motivo que el sistema debe ser tan homogéneo como sea posible desde el punto de vista de la eficiencia. Para conseguir este objetivo, las acciones de la CE han ido encaminadas hacia una mejora de las diversas redes a través de la construcción de los pasos fronterizos y la armonización de las especificaciones técnicas para los equipos a instalar en las carreteras. Esto mejorará la comodidad de los usuarios y su seguridad y, al tiempo,

acercará las grandes zonas europeas reduciendo los tiempos de viaje.

La gestión del tráfico a nivel europeo se debe realizar de una manera más eficiente para hacer frente al aumento de dificultades, especialmente en autopistas y «bypasses» urbanos. La base fundamental de tal mejora se basa en el concepto de las redes malladas a nivel europeo con el desarrollo de nuevas infraestructuras interregionales y de los servicios telemáticos; estos últimos empleados para facilitar la gestión del tráfico y la información al usuario.

Las restricciones presupuestarias y las limitaciones ambientales presentes en la economía europea hacen difícil poder responder al aumento continuo del tráfico a través de la construcción de nuevas carreteras. El coste de emplear las herramientas telemáticas es perceptiblemente más bajo que construir nuevas carreteras y en estas circunstancias el uso de tales servicios de ayuda a la gestión del tráfico es, por lo tanto, un mecanismo más eficiente para mejorar la circulación.

Sin embargo, considerando la multiplicidad de acciones que ocurren en un nivel local, regional, nacional y europeo cuando se están en funcionamiento estos sistemas telemáticos, la coordinación total llega a ser compleja. En respuesta a este problema, la Comisión de las Comunidades Europeas definió cinco Euro-regiones, correspondientes a áreas que cubrían más de un país, en donde la puesta en práctica de servicios telemáticos homogéneos fue juzgada como crítica para el funcionamiento adecuado de la red de carreteras.

El objetivo del proyecto es mejorar condiciones del tráfico en el TERN implementando servicios telemáticos. Diferentes administraciones desarrollan en común servicios de gestión de tráfico e información al usuario en diferentes corredores europeos. El trabajo se coordina para asegurar la continuidad y la calidad de servicios en la TERN a través de los diversos países.

En muchos lugares a lo largo y ancho de Europa, los SIT y en particular los sistemas de gestión de tráfico y los ser-



vicios de información al usuario ya se han implementado. De todas maneras aún existe un mosaico de servicios de SIT fragmentados a nivel regional y nacional, en lugar de una red y unos mercados homogéneos.

Por este motivo y teniendo en cuenta una visión amplia de los SIT se pretende establecer las interconexiones, interoperabilidades y accesibilidades entre servicios para largas distancias y los servicios de las conurbaciones urbanas, de cara a establecer servicios pan-europeos y que no existan tramos sin servicios.

**Los fundamentos políticos de los SIT para la carretera.** Desde los años 90, la Unión Europea ha estado trabajando en establecer las redes transporte-Europeas importantes que interconectan la infraestructura de los Estados miembros, incluyendo las telemáticas y las de telecomunicaciones necesarias para los sistemas de gestión del tráfico y los servicios de información al viajero. En 1996 se adoptaron las recomendaciones para el desarrollo de la TERN, que iniciaban una serie de medidas y acciones encaminadas a promover la sociedad de la información a través de los sistemas de transporte. El objetivo era asegurar la interoperabilidad y la continuidad de los servicios a través de las fronteras. Las recomendaciones TEN-T reconocían que el desarro-

llo de los SIT podía contribuir de manera muy importante al incremento de la eficiencia, seguridad y sostenibilidad del transporte por carretera, que es uno de los principales objetivos de la política europea de transportes.

El Programa de Actuación sobre Telemática en el Transporte por carretera, adoptado por el Consejo de Ministros en 1997, fue desarrollado por la Comisión de las Comunidades Europeas con la ayuda de un grupo de representantes de alto nivel de todos los Estados miembros.

Estas propuestas —que versaban sobre investigación y desarrollo, armonización técnica, coordinación, financiamiento y legislación— identificaban cinco áreas de prioridad: servicios de información RDS-TMC, telepeaje («EFC»), intercambio de información de tráfico/gestión de la información, interfaz de hombre/máquina (HMI) y arquitectura del sistema. Otras aplicaciones estaban relacionadas con la información antes y durante el viaje y la navegación, la gestión del tráfico urbano e interurbano, la operación y el control; sistemas avanzados de seguridad y control de los vehículos y operaciones de vehículos comerciales.

Este programa de actuación era sólo la primera parte de la implementación de los SIT en Europa. En el año 2000, Conse-

jo Europeo de Feira, los Jefes de Estado aprobaron el plan de acción *e-Europa* para posicionar Europa en un buen lugar por lo que respecta a sociedad de la información y en especial el sector del transporte.

El Libro Blanco de Política del Transporte adoptado en 2001 identifica la disminución de la congestión y los cuellos de botella como una de las prioridades para los próximos 10 años y promociona el uso de los SIT para resolver estos aspectos críticos.

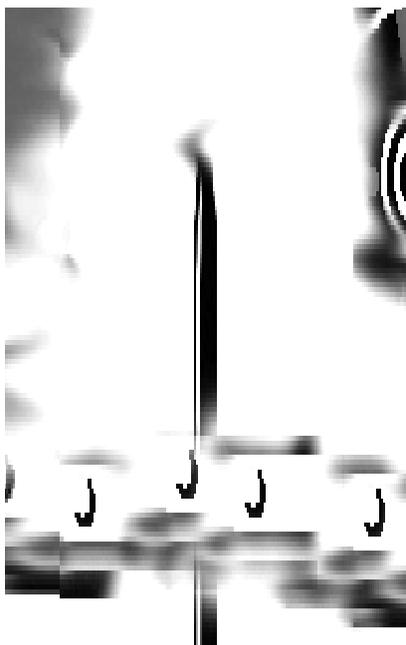
**Acción comunitaria y objetivos prioritarios.** Está aceptado que la Unión Europea puede proporcionar el ímpetu vital para el establecimiento de los servicios de la gestión del tráfico, dándoles una dimensión continental desde el principio o animando a la integración de los sistemas existentes que se han desarrollado sobre una base fragmentaria.

La acción comunitaria se construye con el objetivo de facilitar y orientar la implementación de SIT en Europa, de manera que se asegure la interoperabilidad y la continuidad del servicio para los usuarios. En este sentido los mecanismos de financiación (TEN-T) a través del *Multianual Indicative Programme* (MIP) para el periodo 2001-2006 permitirán coordinar esfuerzos a nivel paneuropeo.

Algunas iniciativas de coordinación de planes de gestión de tráfico y servicios de información transfronterizos han tenido éxito, pero aún persisten dificultades, en particular las cuestiones organizacionales.

La Comisión también reconoce que los SIT son un campo donde se deben promocionar las sociedades publico-privadas («PPP»).

La mejora de la seguridad vial es un de los objetivos principales de la Comisión de las Comunidades Europeas. La contribución de SIT a esta meta se reconoce y se han incluido medidas en el Tercer Plan Europeo de Seguridad Vial. El plan *e-Europa 2002* también prevé que los nuevos vehículos vendidos en Europa se equipen con sistemas telemáticos de seguridad activa.



#### LOS BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

Los beneficios más importantes de los SIT están relacionados con la seguridad vial, el medio ambiente y el tiempo y el dinero.

**Seguridad vial.** Los efectos potenciales, una vez producido el accidente también se han visto disminuidos debido a la presencia de sistemas automáticos de llamadas de emergencia. Los SIT también permiten a los gestores de las infraestructuras, y en particular los de las autopistas, mejorar el servicio ofrecido a los usuarios. Sistemas como los centros de control de tráfico, control de accesos («*ramp metering*»), paneles de mensajes variables (PMVs), sistemas de detección de incidentes y de las condiciones del tráfico son utilizados para monitorizar las condiciones de las carreteras y proporcionar un mejor servicio. Muchos gestores de infraestructuras utilizan también sistemas de monitorización de las condiciones ambientales para poder advertir a los conductores con antelación de condiciones peligrosas.

**Medio ambiente.** El uso de los SIT también tiene un efecto positivo sobre el medio ambiente. Así, menos movilidad implica menor consumo de combustible y menos emisiones de CO<sub>2</sub>. Algunos sistemas permiten esta mejora, entre los que podemos destacar:

✓ Los de navegación y los servicios de información de tráfico, que permiten elegir las rutas más eficientes, de manera que pueden evitar congestiones y no perderse.

✓ Los de información sobre aparcamientos disponibles, que dirigen directamente a los conductores a la plaza de aparcamiento libre y evita la movilidad extra que se produce buscando aparcamiento, usualmente a velocidades muy bajas.

**Tiempo.** Los SIT pueden tener un enorme impacto en términos del tiempo requerido en todas las etapas de un viaje. La gran cantidad de información disponible para asegurar la planificación óptima del viaje, reduciendo el tiempo perdido. La información de antes del viaje («*pre-trip*»), por ejemplo, permite la planificación de la ruta más eficiente y eficaz. La información durante el viaje («*on-trip*»), como la del tráfico en tiempo real, incrementa la velocidad media del viaje.

Los conductores también se benefician de los SIT usados en las infraestructuras, pagos de peaje rápido (y automático), PMVs y control de accesos que advierten a los conductores de retrasos potenciales o sugieren rutas alternativas.

Los operadores de flotas también pueden utilizar los SIT para mejorar los tiempos de entrega, gracias a los sistemas de seguimiento, los sistemas de navegación, el pesaje dinámico y el tacógrafo digital.

Cada día más, el tiempo es dinero, de manera que los beneficios de los SIT resultarán en ahorros monetarios para las empresas y para los individuos.

#### LA ESTANDARIZACIÓN Y LA ARQUITECTURA DE SISTEMAS

Como es sabido, el término «transporte inteligente» se refiere a las nuevas tecnologías de información y de comunicación aplicadas al campo del transporte. Más específicamente, abarca todos los sistemas que permiten la recolección, el almacenaje, el proceso y la distribución de la información referente al movimiento de las personas y mercancías, y en concreto:

## NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA GESTIÓN DE AUTOPISTAS...

- ✓ Sistemas de información al viajero
- ✓ Sistemas electrónicos de pago
- ✓ Sistemas de gestión de flotas y mercancías
- ✓ Sistemas de gestión de flotas de transporte público
- ✓ Sistemas de gestión de tráfico
- ✓ Sistemas de ayuda a los conductores
- ✓ Etc.

Hoy, estos sistemas se implementan muy a menudo como proyectos autónomos realizados por organizaciones independientes, que contribuyen a que el intercambio de información sea muy difícil y obstaculiza el uso de estas herramientas, debido a los problemas de integración entre los diferentes sistemas, y la interoperabilidad de los equipos, de las aplicaciones y de los servicios, así como la estandarización.

Crear una arquitectura marco para los sistemas inteligentes del transporte implica que:

- ✓ Los SIT deben estar organizados como sistemas interdependientes
- ✓ La identificación de los flujos de información y los interfaces entre estos sistemas
- ✓ La planificación de la integración en diferentes escenarios temporales

La arquitectura marco de los SIT se sitúa en un nivel más alto que los sistemas informáticos y de telecomunicaciones, y no constituye una especificación de un sistema, sino el «sistema de todos los sistemas» o el «sistema de planificación» de los SIT.

### LA EVALUACIÓN DE LOS SIT

La evaluación de los sistemas inteligentes de transporte tiene una importancia básica no solo a la hora de valorar el sistema o proyecto en cuestión, sino también para poder servir de base para la realización de «business-cases» de futuros sistemas.

CUADRO 2  
EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LOS SIT

Sistema	Efectos potenciales de los SIT
	<b>Sobre la seguridad vial</b>
Videocontrol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 28% reducción accidentalidad por cámaras de control de velocidad (Gran Bretaña)</li> <li>• 18% reducción accidentalidad por cámaras de control de semáforos (Gran Bretaña)</li> </ul>
Control de accesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 29% reducción accidentalidad en autopistas (Alemania)</li> <li>• 5% aumento capacidad efectiva de la vía (Glasgow)</li> </ul>
	<b>Sobre la información</b>
Sistemas de navegación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10% ahorro de tiempo de viaje en vehículos equipados con sistema de navegación (Turín)</li> <li>• 50-75% de conductores satisfechos con sistemas de navegación (Róterdam)</li> </ul>
Tiempo de viaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información sobre tiempo de viaje en la B-20 / A-19 influye en la decisión del 20% de los vehículos (Barcelona)</li> </ul>
FUENTE: Elaboración propia.	

En los últimos tiempos se han desarrollado recomendaciones («guidelines») para la evaluación de SIT en diferentes países y al mismo tiempo se empiezan a evaluar proyectos elaborados en distintos estados europeos con una misma metodología, de manera que los resultados son comparables entre ellos. Es de suma importancia poder disponer de esta información que permitirá estimar de manera más precisa los costes y los beneficios de los SIT.

## CONCLUSIONES

El transporte es un sistema complejo, con una gran diversidad de actores implicados (usuarios, agentes de decisión, técnicos, etc.) y que no puede desvincularse del desarrollo de la sociedad ni de los nexos tecnológicos que éste implica, pero que nunca debe ver en la aplicación de las nuevas tecnologías, cuya progresiva implantación es algo imprescindible para el devenir del sector, un fin en sí mismo, sino una herramienta destinada a mejorar la eficiencia de las operaciones y servicios.

Este proceso innovador aportará mejoras en calidad y competitividad que, sin duda, redundarán en un mayor beneficio

para la sociedad. Sin embargo, para ello no bastará un papel pasivo, sino que los gestores y planificadores se deberán anticipar y prever tanto las posibilidades y oportunidades que aporta, como las consecuencias que acarrea.

Se han formulado las bases de un modelo que considera las concesionarias de autopistas de peaje como operadores de transporte en régimen de gestión interesada, de forma que el peaje se define por prestaciones diferenciales de la autopista respecto a vías alternativas y por tasas de congestión en entornos metropolitanos. La Administración regula los costes y la calidad del servicio del operador privado utilizando indicadores de calidad objetivos.

La tarifa no se aplica como mecanismo estrictamente financiero, como en la actualidad, sino que el usuario paga un peaje variable que responde al pago de los costes sociales por externalidades y a prestaciones diferenciales respecto a alternativas razonables.

El modelo propuesto, mediante la contribución parcial de la Administración en el peaje (o el cobro de un canon, según el caso) para garantizar el equilibrio financiero, permite considerar las vías de altas

prestaciones a nivel de red y no concesión a concesión. Este hecho permite alcanzar situaciones próximas al óptimo social sin renunciar a unos beneficios industriales razonables para los operadores y a un riesgo de la inversión menor que el actual.

Las nuevas tecnologías de la información, lejos de constituir un objetivo en sí mismo, juegan un papel muy importante para facilitar la gestión de una red de transporte eficiente y transparente para el usuario, basada en operadores de transporte y en el pago por uso de infraestructuras.



## NOTA

(1) (La definición habitual de autopista es: vía de calzadas separadas, sin cruces a nivel, con control total de accesos, utilizable solo por vehículos motorizados y proyectada con características geométricas correspondientes a velocidades elevadas).



## BIBLIOGRAFÍA

- ALEMANY, S. (2000) Principios para un modelo de financiación de carreteras de alta capacidad. *Encuentro de Financiación de Infraestructuras de Transporte*. Universidad Internacional Menéndez Pelayo. Santander, 3-5 de julio de 2000.
- AYMERICH, M. (1998) *La telemática y los Transportes*. Fundación COTEC.
- DE RUS, G. y G. NOMBELA (2000) Least Present Value of Net Revenue: A new auction-mechanism for highway concessions. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- EUROPEAN COMMUNITIES COMMISSION (2001), *White Book. European Transport Policy towards 2010*. Septiembre de 2001. Bruselas.
- IZQUIERDO, R. (1997) *Gestión y financiación de las infraestructuras del transporte terrestre*. Asociación Española de la Carretera, Madrid. 308 páginas. ISBN: 84-920741-7-5.
- ROBUSTÉ, F. e I. SARMIENTO (1999) *Sistemas tarifarios del vehículo privado en medio urbano*. Ministerio de Fomento, Madrid (137 páginas). ISBN: 84-498-0446-9.
- ROBUSTÉ, F. (2000) Hacia un operador de carreteras como concreción de una Asociación Público-privada. Actas de la *XXIII Semana de la Carretera y IV Encuentro Nacional de la Carretera*, pág. 479-485. *Asociación Española de la Carretera*. Isla de la Toja, 23-27 de octubre de 2000. ISBN: 89875-19-7.
- ROBUSTÉ, F. (2002) Un modelo de peajes como precio por servicio. *Revista de Obras Públicas*. ISSN: 0034-8619.

- RUIZ OJEDA, A., G. MARCOU y J. GOH (2000) *La participación del sector privado en la financiación de infraestructuras y equipamientos públicos: Francia, Reino Unido y España*. Ed. Cívitas, 261 páginas. ISBN: 84-470-1443-6.
- VERGARA, C. (2001) *Concesionarias de autopistas de peaje como operadores de infraestructuras de transporte*. Tesina de graduación de la ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, dirigida por Francesc Robusté.
- VERGARA, C. (2003) *Value pricing en autopistas*. Documento de investigación de la Cátedra Abertis de gestión de infraestructuras del transporte, adjuntado a la podencia de D. Salvador Alemany dentro del *Encuentro sobre Financiación y Gestión de Infraestructuras* de la Universidad Internacional Menéndez y Pelayo. Santander, 2-4 de julio de 2003.
- VERGARA, C. y F. ROBUSTÉ (2002) Un modelo de autopistas de peaje como precio de servicios. *Actas del V Congreso de Ingeniería del Transporte*, vol. I pág. 247.-254 Santander 11-14 de junio de 2002. Editado por Angel Ibeas y José M<sup>a</sup> Díaz. ISBN: 84-699-7740-7.