

Pago por uso de carreteras: dónde, cuándo y cómo

Tecnologías y otros factores a considerar en la tarificación de carreteras

Road user charges: where, when and how.

Technologies and other factors to be considered in road charges

Revista de Obras Públicas
nº 3.527. Año 158
Diciembre 2011
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

Agustín Sánchez Rey. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
sanchezrey1@yahoo.es

Fuencisla Sancho Gómez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
f23sancho@gmail.com

Resumen: En muchos países y áreas urbanas de todo el mundo se ha establecido el llamado “pago por uso” de infraestructuras viarias (“road users charge”) y en otros se implantará próximamente. En el artículo se analizan los factores clave a tener en cuenta para su aplicación: tipos de tarificación, ámbitos de afectación, requerimientos técnicos, funcionales y temporales así como las tecnologías disponibles, aspectos administrativos, económicos, organizativos y de control y gestión.

Uno de los factores más importantes en todo proceso de implantación de una tasa por el uso de carreteras o por el acceso a zonas urbanas es la elección de las tecnologías mas adecuadas analizándose, por tanto, las tecnologías disponibles: satelitares (GPS/GNSS), microondas (DSRC), de reconocimiento de matrícula (ANPR), de telefonía móvil (GSM/NFC), de radiofrecuencia (RFID), etc. exponiéndose las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas, experiencias de utilización, requerimientos técnicos y funcionales y en general todos los factores a tener en cuenta para una adecuada decisión.

Palabras Clave: Euroviñeta; Pago por uso; Tasa; Carreteras; Transporte terrestre; Tecnología

Abstract: Road user charges have been introduced in many countries and urban areas around the world and will be introduced in many others in the near future. This article analyses the key factors to be taken into account when introducing these measures: types of charge, affected areas, technical, functional and time requirements as well as available technology and the administrative, economic and organizational aspects of control and management.

One of the main factors in the entire process of introducing charges for the use of roads or access to urban areas is the selection of the most suitable technologies and consideration is subsequently given to the technologies available today: satellites (GPS/GNSS), microwave (DSRC), number plate recognition (ANPR), mobile phone (GSM/NFC), radio frequency (RFID), etc., explaining the advantages and disadvantages of each one together with practical experience, technical and functional requirements and, in general, all the factors that need to be considered to come to a suitable decision.

Keywords: Euro-tag; User charge; Toll; Road infrastructures; Land transport; Technology

La reciente aprobación por el Consejo de la UE (27 de septiembre 2011) del texto consensuado con el Parlamento Europeo de la Directiva comunitaria generalmente conocida como “Euroviñeta” ha vuelto a poner de manifiesto la generalizada opinión de que mas tarde o mas temprano será inevitable en España, como ya lo es en muchos países europeos, el establecimiento de una tasa por el uso de las carreteras (“Road Users Charging”, R.U.C.), así

como por el acceso a determinados núcleos urbanos.

Hay varias razones para ello. La principal, y que seguramente será en definitiva la causa determinante de su implantación, es la escasez de medios financieros públicos necesarios para hacer frente a los cuantiosos recursos que requiere la construcción de nuevas infraestructuras y el mantenimiento de las existentes. En España la inversión del Ministerio de



Área de Peaje
Calahonda
Autopista AP-7.

Fomento en carreteras disminuyó desde 5114 M€ en 2010 a 2529 M€ en 2011 en una dramática reducción de gastos impuesta por la grave crisis económica.

Es cierto que a la insuficiencia de recursos puede hacerse frente simplemente disminuyendo los gastos. Pero eso no siempre es posible ni recomendable, al menos en lo que se refiere a la inversión pública en infraestructuras, incluso para ópticas alejadas del puro keynesianismo. No es posible porque el necesario (y deseable) crecimiento económico y mejora de la productividad plantean mayores exigencias de transporte y movilidad, no siempre suficientemente satisfechas por las infraestructuras existentes, mas aún si se elevan los requerimientos en cuanto a seguridad, eficiencia y confort, incluyendo la

reducción de tiempos de desplazamiento de personas y bienes.

Pero es que, además, la actividad del sector de construcción requiere su continua alimentación mediante la contratación de nuevas obras y servicios que generen empleo directo e indirecto, contribuyendo de manera importante al crecimiento económico, proporcionando ingresos fiscales, aumentando la productividad de otros sectores, etc.

Por tanto, el primer dilema que se plantea, que es o bien responder a la escasez de recursos con una paralela reducción del gasto (en su significado mas amplio) o por el contrario mantener significativos niveles de inversión a pesar de la insuficiencia de recursos, parece que debería resolverse por esta segunda opción. Pero para ello, y simplificando, o se

aumentan los impuestos o se recurre al endeudamiento público. Es cierto que existen fórmulas, como son las de colaboración público-privada, que ayudan a veces, mediante técnicas de "ingeniería financiera" las cuales en ocasiones pueden ser muy útiles al facilitar un cierto grado de apalancamiento de recursos. Pero a la larga la retribución del capital privado exigirá nuevamente o bien el recurso a fondos públicos mas o menos diluidos en la cadena financiera o bien a los ingresos procedentes de los usuarios de las infraestructuras así financiadas. A estos les resultará seguramente difícil distinguir en este caso sus pagos de los auténticos precios públicos (dado el carácter público de las infraestructuras aunque se gestionen privadamente) o de contraprestaciones por uso o, de alguna forma, de un cierto tipo de impuestos especiales.



Razón de equidad o justicia: "el que contamina, paga".

1. Argumentos a favor y en contra de la tarificación

La insuficiencia presupuestaria es, pues, si no la principal causa sí al menos la que mas directamente hace que los gobernantes tomen la decisión de allegar recursos mediante la implantación de tasas por el uso de infraestructuras (por ejemplo carreteras y vías urbanas), tasas que contribuyan total o parcialmente a financiar su construcción y conservación.

De hecho, en otro tipo de infraestructuras existe ya larga tradición al respecto, ya sean públicas o privadas (aeropuertos, puertos, telecomunicaciones, agua, energía, etc.) por lo que, conceptualmente, en carreteras sería tan sólo el tradicional carácter de gratuidad de su uso (aunque no siempre haya sido históricamente así) lo que supone un obstáculo para su aceptación social como un hecho natural. Porque –dirán los contribuyentes– si nuestros impuestos no se utilizan para financiar algo tan público como son las carreteras ¿para qué habrían de recaudarse?

La asignación de recursos fiscales al extenso abanico de necesidades sociales en materia de defensa, seguridad, educación, sanidad, justicia, etc. debería ser en todo caso materia a decidir por los ciudadanos de forma democrática, a ser posible no reducida al criterio de los dirigentes políticos, en la línea de la teoría de la "opción pública" expuesta hace años por el Nobel James Buchanan. Corres-

pondería así a los ciudadanos decidir cuáles son sus prioridades y preferencias para la asignación de recursos entre la amplia gama de posibilidades (o necesidades) que se les presentan.

Pero no es sólo la necesidad económica de los gobiernos la que justifica que haya de abonarse una tasa por usar la red viaria. Existe también una razón de equidad o justicia, similar a la que se presenta en otros campos y de la que existen ejemplos notables, como es el caso del conocido principio de que "el que contamina, paga". En efecto, no parece defendible, salvo en aquella proporción que a todos obligaría porque todos obtienen un beneficio por la mera disponibilidad del servicio o de la infraestructura, que aquellos que no utilizan nunca, o pocas veces, la carretera hayan de financiar en su totalidad, mediante impuestos, su construcción y mantenimiento junto a aquellos que sí la usan y obtienen por ello un beneficio especial. O que, en función del importe de sus aportaciones al Fisco, financien en mayor medida que otros contribuyentes un servicio (la carretera es un servicio público) del que se benefician en igual o menor medida que otros. Podrá argüirse que lo mismo ocurre con otras prestaciones sociales, como son la seguridad pública, la defensa nacional o la justicia, pero lo cierto es que además del beneficio que todos obtienen como consecuencia de la propia existencia de la infraestructura, el beneficio individual es distinto, porque no todos usan de aquella en la misma medida.

Por tanto parece razonable, desde el punto de vista de la equidad, que la financiación debiera tener un componente fijo, común para todos (igual o diferente según los principios de la progresividad fis-

cal) referido a la disponibilidad de la infraestructura, pero otro variable y dependiente o estrechamente vinculado al uso que cada uno haga de ella. Este sería el pago por uso.

Es cierto que algo de eso existe ya, porque en gran medida el impuesto sobre los carburantes y otros como son los de circulación de vehículos, matriculación, etc. están ligados a la movilidad y al transporte, de forma que aquellos que mas se desplazan, ya sean personas o mercancías –y por tanto, “usan” de la carretera en mayor grado- abonan al Fisco mas que aquellos que no lo hacen y en ese sentido ya se estaría haciendo efectivo de alguna manera el principio de pago por uso. Sí y no. Aparte de que el carburante no sólo se utiliza para el desplazamiento de vehículos por carretera, en realidad el uso y deterioro de ésta no tiene porqué estar ligado linealmente al consumo de combustible, porque depende de muchos otros factores.

Como pone de relieve un estudio reciente de la Oficina Presupuestaria del Congreso de EE.UU (1), la mayor parte de los costes de uso de una carretera, como el daño al pavimento, congestión, accidentes y ruido están mas estrechamente ligados al número de millas recorridas que a la cantidad de combustible consumido, porque ese consumo depende no solo de la distancia recorrida sino también de la eficiencia energética de los vehículos, que difiere de unos a otros y puede cambiar con las condiciones de conducción. Por tanto, si se quiere cargar al conductor por el coste total de su uso, o proporcional a éste, la fiscalidad sobre carburantes no basta.

Pero incluso aceptando parcialmente ese argumento “a contrario”, nada podría objetarse si el establecimiento de un pago por uso estuviera acompañado de una proporcionada reducción en aquellos impuestos que gravan más directamente al transporte y a la automoción. Esta es una de las contramedidas que se han utilizado por parte de los gobernantes que han establecido el pago por uso. Según una encuesta reciente de la Comisión Europea en los 27 Estados miembros, la mitad de los ciudadanos de la UE declara que estaría de acuerdo con que los impuestos existentes sobre los vehículos se sustituyeran por nuevos sistemas de tarificación que tuvieran en cuenta el uso real del coche. Esos sistemas son todavía mas populares entre los automovilistas, ya que según esa encuesta el 53% apoya la sustitución por tasas de uso de los impuestos ac-

tualmente existentes sobre la automoción y el transporte.

Otra razón que justifica la medida es, cómo no, la lucha contra la contaminación, que suele ser la justificación mas habitual para el establecimiento de la tasa, hasta tal punto que en algunos casos se le denomine ecotasa (p.e. en Francia “ecoredevance”, “ecotaxe”; o en Milán “ecopass area”; o en Londres Lez “Low Emission Zone”) y casi siempre determina que el importe a abonar esté de una u otra forma ligado al grado de emisión a la atmósfera de contaminantes por parte de los vehículos. El Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España presentó en junio de 2011 una propuesta: (“Introducción de un peaje urbano dentro del plan nacional de mejora de la calidad del aire”), en la que se defendía la implantación de una tasa disuasoria del uso del vehículo privado a favor del transporte público como uno de los posibles medios a utilizar para combatir la contaminación. Por otra parte, si la cuantía de la tasa se hace depender del grado de contaminación que emite cada tipo de vehículo, como es frecuente, tendrá un beneficioso efecto sobre el parque de vehículos sustituyéndose los antiguos por otros menos contaminantes y por ello sujetos a menores tasas. En Alemania desde que se implantó la tasa los camiones de clase menos contaminante pasaron del 1 al 40% y los mas contaminantes del 48% al 8%. De hecho, en la nueva Directiva “Euroviñeta” se establece por primera vez la posibilidad de incluir en el importe de la tasa costes externos, como el de la contaminación, contemplándose exenciones para los vehículos menos contaminantes (los de clase Euro 5 hasta 2013 y los Euro 6 hasta 2018) y reducciones de la tasa en años posteriores.

Una de las principales motivaciones de la modificación reciente de la Directiva euroviñeta ha sido precisamente la consideración ecológica. En 2008 la Comisión Europea preparó una estrategia denominada “Greening Transport Package” para extender el principio de que “quien contamina paga”, que permitiera la internalización de los costes externos de la contaminación a los distintos modos de transporte. De esa forma, los importes de las tasas y peajes pueden incluir el coste de la contaminación del aire (la del ruido no prosperó). Hasta ahora solo podían incluir los costes de conservación y reposición de la infraestructura. Se calcula que los costes externos representan 0,03-0,04 euros/km según la eu-

roclase del vehículo, la situación de la vía y el nivel de congestión.

Otra razón que se esgrime con frecuencia para justificar la imposición de una tasa por el uso del viario es el propósito de corregir las pautas de desplazamiento y transporte, por ejemplo luchando contra la congestión a través de un encarecimiento del uso de la infraestructura en determinadas franjas horarias o incentivando su utilización en otros espacios de tiempo mediante una política tarifaria variable en función de la congestión. Algo parecido a un mercado en el que la oferta y demanda del bien (el viario) se regulara mediante el establecimiento de un precio (tasa) ajustable.

También se justifica en ocasiones el establecimiento de este tipo de tasas por la necesidad de actuar sobre el sector del transporte, fomentando una distribución modal más racional y económicamente eficiente. En efecto, a pesar de los grandes esfuerzos inversores en ferrocarriles de los últimos lustros, lo cierto es que el peso en el transporte de la carretera es cada vez mayor, en detrimento de los otros modos (sobre todo del ferroviario), desequilibrio que es particularmente relevante en España. Así, un cierto encarecimiento del precio del transporte por carretera podría hacer más atractiva la utilización de otros modos de transporte, equilibrando algo la distribución modal y fomentando en todo caso la intermodalidad o comodidad, reduciendo los retornos "en vacío", mejorando el reparto entre vías de peaje y gratuitas, racionalizando la ubicación de centros de producción y distribución, etc.

Hay otras razones, incluso geoestratégicas, cuando el establecimiento de la tasa se refiere a redes de carreteras, porque el transporte no conoce fronteras y la generalización de aquella en países o regiones vecinas deriva inevitablemente en su implantación en aquellos limítrofes en los que el uso era gratuito, para así evitar distorsiones. Alemania, Austria, Suiza, la República Checa y Eslovaquia ya aplican una tasa; Francia está ultimando su implantación; Polonia, Bélgica, Holanda, Hungría y Dinamarca están estudiándolo y Portugal ha implantado recientemente (octubre 2010) un peaje explícito en todas sus autovías SCUT. En Europa se recaudan anualmente 10.000 M€ en concepto de tasas por uso (60%) y por peajes (40%) de carreteras. ¿Podría entenderse que los camiones españoles pagaran en todas las carreteras europeas y los camiones extran-

jeros utilizaran gratuitamente la magnífica red de autovías española?

En Estados Unidos avanza también la idea de imponer una tasa por uso, en función de las millas recorridas sobre la red de carreteras. Dicha tasa, en adición a la fiscalidad sobre los combustibles ha sido objeto de estudios recientes por parte de la Oficina de Presupuestos del Congreso (CBO) a petición del Comité de Presupuestos del Senado ("Alternative Approaches to Funding Highways", marzo 2011). Actualmente se recaudan por peajes en USA 10.000 millones de dólares anualmente, es decir, una tercera parte del importe de los impuestos federales sobre hidrocarburos (gasolina y diesel) (2).

Frente a las razones anteriormente expuestas hay una razón de índole general que se yergue poderosamente en contra de la tasa: el encarecimiento que supondría para el transporte, lo que redundaría negativamente en el IPC, contribuyendo a la inflación y reduciendo la competitividad de los productos transportados, con sus negativas consecuencias para el consumo y la producción, motores de la economía. Se ha calculado que en España el efecto de una tasa de 0,08€/km o de 0,12€/km sobre los camiones daría lugar a un incremento del IPC del 0,14 y 0,21% respectivamente en el año de su establecimiento (3)(4), lo cual aún siendo digno de tenerse en cuenta no es mayor del que supone, por ejemplo, un encarecimiento del 15% de los productos petrolíferos, tan expuestos a variación del precio sin que los gobiernos puedan hacer mucho por evitarlo.

Ahora bien, el efecto sobre la economía no puede reducirse sólo a la negativa repercusión sobre los precios. Hay que tener en cuenta que si los recursos generados por la tasa se invierten adecuadamente pueden tener un beneficioso efecto sobre la economía. Pensemos que, por ejemplo, 1 millón de euros de inversión en infraestructuras genera la creación de 12 puestos de trabajo directos y 6 inducidos (5). La obra civil es el mejor instrumento anticíclico, como se admite desde el New Deal de Roosevelt durante la Gran Depresión. Si la inexistencia de la tasa conduce a la imposibilidad de generar esa inversión, esos efectos dejarían de producirse. Son efectos beneficiosos para el sector de la construcción y los con ella directamente conectados pero también para muchos otros sectores cuya productividad mejora al aumentar la formación bruta de capital fi-

jo en infraestructuras. Ya Aschauer (1989) calculó que un incremento del 1% en la dotación de infraestructuras públicas suponía un incremento de entre 0,24% y 0,39% en el output del sector privado norteamericano (6). Y R. Izquierdo (2000) estimó que un incremento de la inversión pública del 1% del PIB aumenta la tasa de variación del PIB a lo largo del siguiente quinquenio en el 0,6-0,8% en determinadas condiciones (7). Por otra parte, el retorno fiscal generado por la inversión en infraestructuras es del 59% a corto plazo, pero a medio plazo aquella se autofinancia en un 80%. Ya lo puso de manifiesto Kahn, inspirador de Keynes, en la década de 1930 al exponer su teoría del "multiplicador de inversiones". De ahí la justificación del tradicionalmente conocido como "earmarking", o afección del importe recaudado por la tasa a una finalidad concreta de inversión, como por ejemplo, la financiación de infraestructuras de transporte. Eso es lo que quería el Parlamento Europeo al debatirse recientemente la revisión de la Directiva "Euroviñeta" (2006/38/CE) relativa a la aplicación de gravámenes a los vehículos pesados de transporte de mercancías por la utilización de determinadas infraestructuras, frente a la opinión de la mayor parte de los gobiernos de los Estados miembros, aunque finalmente no tuviera éxito la postura del Legislativo comunitario (8).

2. El proceso de tarificación. Aspectos a considerar

Llegados a este punto y admitiendo que las razones a favor del establecimiento de la tasa sean capaces de vencer las opuestas a la misma, los decisores públicos habrán de responder a preguntas de calado sobre el dónde, el cuándo y el cómo llevar a la práctica tal medida.

Habrà de diseñarse un plan de implantación y un programa ("road map"), habrá de definirse una organización jurídico-administrativa, unos medios tecnológicos, unos procedimientos de gestión directa o indirecta y en este último caso una licitación pública, previo establecimiento de unos pliegos o bases que concreten la operativa a seguir.

Por lo que se refiere al dónde, el establecimiento de tasas por uso puede referirse a:

a) uno o varios carriles de la carretera, los cuales se someten a pago, por ejemplo carriles rápidos re-



1 millón de euros de inversión en infraestructuras genera la creación de 12 puestos de trabajo directos y 6 inducidos.

servados, siendo gratuito el resto de la infraestructura

- b) la totalidad de una carretera
- c) todas las vías o carreteras de un área concreta, como por ejemplo de un centro urbano
- d) la totalidad de una red, a escala regional o nacional

La opción a) requiere costes no excesivamente importantes y tiene la ventaja de suscitar menor oposición social que en el caso de que se imponga la tasa sobre toda la vía: sólo aquellos que quieran una mayor rapidez de desplazamiento, o confort, o seguridad, vendrán obligados a pagar la tasa, el resto puede seguir utilizando la vía de forma gratuita. Es un sistema utilizado sobretodo en USA (HOT, "high occupancy toll", como variante de los carriles HOV-VAO reservados a vehículos de alta ocupación). Su utilidad deriva sobre todo de su empleo como medio de regulación de la demanda y reducción de las consecuencias negativas de la congestión, sobre todo si se combina con reversibilidad de carriles, tarificación según demanda, etc.

La opción b) es mas tradicional y suficientemente conocida. Son las carreteras de peaje en todas sus variedades de tarificación fija o variable en el tiempo.

La opción c) es muy utilizada en sistemas de acceso a zonas urbanas, con ejemplos notables (Lon-

dres, Estocolmo, Singapur, etc.) y algo menos frecuente cuando se trata de un corredor, de lo cual puede resultar ilustrativa la experiencia piloto desarrollada en Alsacia con el fin de evitar la migración de tráfico desde vías de pago a vías gratuitas.

Finalmente la opción d) es la implantada en varios países europeos, como ya se ha indicado anteriormente.

Las variaciones sobre esos modelos básicos son muchas y en algunos casos fuertemente imaginativas (9): p.e. asignación de “créditos” a los usuarios en forma de km mensuales ponderados según franja horaria y tarificación variable, utilización de tasas vinculadas a programas de asentamiento urbano; fomento de la utilización de vías no congestionadas mediante asignación de un fondo o monto de km por periodo dentro del cual el usuario puede optar por vías de peaje o libres con diferente grado de consumo del fondo preasignado, etc.

En cuanto al sistema de tarificación existen muchas posibilidades (10).

- Peaje puntual: se hace pagar al vehículo cuando pasa por un determinado punto, por ejemplo cabina de peaje, como en Ez pass Melbourne City Link, SR-91 en California con tasas variables según congestión, la A1 en Francia, etc.
- En cordón: se carga la tasa cuando el vehículo atraviesa un cordón perimetral, por ejemplo en centros urbanos: Noruega (Bergen, Trondheim, Oslo), Estocolmo, etc.
- Tasa zonal: cuando el vehículo entra/sale de una zona: Singapur, Londres, etc.
- Por distancia recorrida: autopistas de peaje de España, Francia, Italia, etc. y tasas de uso en Alemania, Austria, Suiza, etc.
- Por tiempo: cuando el vehículo hace uso de la infraestructura o se desplaza durante determinadas franjas temporales: horas, días, meses, año: la antigua “euroviñeta”.
- Por fecha y distancia recorrida, en función de los km de trayecto, variando según el día y el periodo horario pero no dependiente de la congestión existente (“static pricing”): autopistas radiales de Madrid, etc.
- Como la anterior, pero variando la tasa según localización (TMP, “Time-Distance-Place” o TDL, “Time-Distance-Location”). Se grava al vehículo diferencialmente de acuerdo con el punto o vía

en que se encuentre. Por ejemplo en el Reino Unido (2004) el Departamento de Transporte llegó a la conclusión de que el objetivo era “un sistema de tarificación de toda la red basado en el tiempo, la distancia y el lugar, incluyendo costes medio ambientales”.

- Según distancia recorrida y congestión existente (“dynamic pricing”): TelAviv, I-15 en California USA, etc (11).

En todo caso, en redes interurbanas la distancia recorrida por el vehículo (el uso que hace de la carretera) es un factor ineludible a la hora de fijar el importe de la tasa a abonar por el usuario, ya que las tasas en función del tiempo de uso de la infraestructura (diario, semanal, mensual o anual) parecen haber quedado reducidas a casos muy concretos por diversas razones (12).

Por lo que se refiere al cuándo, debe tenerse en cuenta que la operatividad de una medida como aquella sobre la que estamos tratando requiere tiempo.

Por ejemplo en Austria, donde la Administración gestiona la tasa mediante un contrato “llave en mano” con ASFINAG, se tardaron 18 meses para la puesta en funcionamiento, tiempo record aunque matizado por la relativamente pequeña amplitud de la red. Algo más de tiempo se necesitará en Francia y se registró en Alemania y menos en Portugal.

En general serán necesarios como mínimo tres años desde que se adopta la decisión política hasta que el sistema se encuentra operativo. En España la duración de las legislaturas a nivel estatal o autonómico o municipal es cuatrienal y la necesaria seguridad jurídica que debe presidir una decisión de este tipo está reñida con vaivenes derivados de cambios políticos. Por otra parte y salvo pactos “de Estado” (o municipales o regionales), que garanticen la estabilidad de la medida independientemente de los gobernantes de turno, la circunstancia indicada aconsejaría que de adoptarse la tasa, su establecimiento se decidiera dentro del primer año de legislatura, mas aún teniendo en cuenta que se trata de una medida probablemente impopular si no es suficientemente bien explicada y comprendida, lo cual seguramente sería utilizado en el proceso electoral siguiente a su adopción en contra de los que la adoptaran. Recuérdese el caso del alcalde de Lon-

dres Ken Livingstone, cuya popularidad se vio tan afectada por el establecimiento de la tasa que comprometió seriamente su reelección.

Otra cuestión importante es el dónde. Si se trata de redes interurbanas hay que decidir su ámbito de aplicación, es decir sobre qué parte de la red se impone la tasa. En la decisión intervienen varios criterios. Uno de los mas importantes es el tecnológico, relativo a los medios a utilizar para hacer efectivo el cobro de la tasa, el coste de las instalaciones a disponer, los sistemas de represión del fraude, elusión o impago, etc. sobre lo cual trataremos mas adelante. Otros son factores geográficos o derivados de las características de las carreteras afectadas, ya sean vías de alta capacidad o no. Finalmente hay factores socioeconómicos que también habrán de tenerse en cuenta para tomar la decisión. Si se trata de viarios urbanos, los Ayuntamientos habrán de decidir si optan por sistemas tipo cordón o zonal o puntual. En ambos casos, tanto interurbanos como urbanos, habrá que decidir si la tasa se aplica sólo sobre determinados vehículos (por ejemplo camiones de más de 3,5 o 12 t) o sobre todos ellos, así como si se utilizan tasas variables en el tiempo, o dependientes de la contaminación emitida por el vehículo, o de la congestión existente en cada momento.

En España, la existencia de redes interurbanas (incluso de vías de alta capacidad) de titularidad autonómica, haría conveniente un consenso lo mas amplio posible sobre tarificación por uso entre las distintas Administraciones, aunque no sea estrictamente necesario.

La longitud de la red sujeta a tarificación es de 12.500 km. en Alemania, en Austria de 2.080 km y en Francia será de 15.000 km. En España en la actualidad existen en la red estatal 3.378 km de carreteras de peaje de un total de 10.759 km de vías de alta capacidad. En todo caso cabe la posibilidad de tarificar inicialmente una parte de la red, con sucesivas ampliaciones posteriores.

La elección del sistema de cobro de la tasa dependerá de varios factores: fiabilidad, plazo de tiempo necesario para que el sistema pueda entrar en funcionamiento, importe de la inversión necesaria y quién deba sufragarla, sistema de "enforcement" para evitar impago, posibilidad de evitar que el tráfico se desvíe a redes no tarificadas, costes de operación, defensa de la privacidad y protección de datos, etc (13).

Admitiéndose a priori que la recaudación se haga básicamente mediante sistemas de cobro electrónico, las exigencias de funcionamiento del mismo pueden concretarse en lograr:

- el máximo porcentaje de usuarios que son detectados y tarificados
- la mínima probabilidad de que un usuario sea cargado en exceso, y en particular de que sea gravado un vehículo que no deba serlo por ser ajeno a la red o a la zona de pago por uso.

Sea cual sea el sistema o la tecnología a utilizar, debe ser capaz de admitir el pago de la tasa por usuarios esporádicos.

Por otra parte es deseable que en caso de utilizarse equipos a bordo éstos permitan dar soporte a otras aplicaciones de interés para el usuario, lo cual podría reducir el coste por aplicación ("ecall", pago en aparcamientos y estaciones de servicio, navegadores, información sobre tráfico, meteorología, pago del seguro según uso, etc.). Asimismo, el sistema a elegir debería ser flexible y escalable, con bajo coste de ampliación a redes diferentes, a sistemas diferentes de tarificación, a redes interurbanas y viarios urbanos, etc. Veamos qué tecnologías se pueden utilizar.

3. Sistemas satelitares

Las tecnologías basadas en GPS (Global Positioning Systems), GNSS (Global Navigation Satellite Systems) o Galileo (cuando esté operativo) permiten el mayor grado de ubicuidad o cobertura en cuanto al posicionamiento del vehículo. Un receptor de radio GPS recibe emisiones desde un conjunto de 24 satélites girando alrededor de la Tierra. El equipo puede calcular la diferencia entre los momentos de llegada de las señales desde cada uno de los satélites "visibles" y así determinar la posición en cada momento. La precisión depende de la calidad del receptor, de la precisión del almanaque que tiene (que describe las trayectorias orbitales de los satélites) y de la de su modelo de la atmósfera (capas como la ionosfera pueden dar lugar a fenómenos de difracción e interferencias). En la actualidad se consigue una exactitud de posicionamiento de hasta 8 m. para el 95% de las lecturas, aunque está

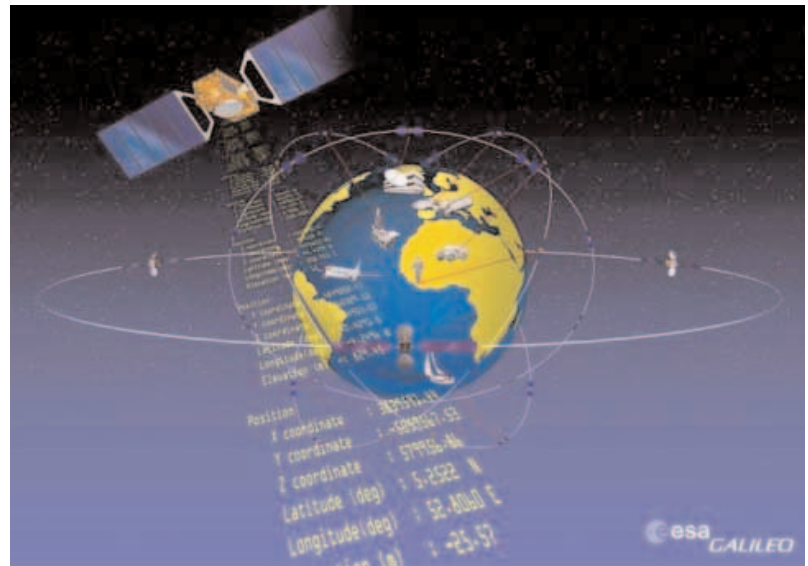
mejorando rápidamente con GPS de alta sensibilidad (14).

Por ejemplo el sistema alemán (LKW Maut) utiliza básicamente tecnología satelitar para determinar el tramo de carretera por el que circula el vehículo, combinada con telefonía móvil GSM/GPRS para las comunicaciones y con 300 pórticos con sistemas de detección mediante DSRC y ANPR con infrarrojos y cámaras de alta resolución capaces de leer matrículas para el control o "enforcement", complementado con 300 vehículos de control. Está diseñado para cubrir toda la red de carreteras, aunque hasta la fecha se utilice únicamente en vías de alta capacidad. En la actualidad hay 938.000 OBEs (equipos a bordo, "On Board Equipments") en servicio, que son propiedad del ente gestor (Toll Collect, consorcio de Daimler y Deutsche Telekom, fundamentalmente).

Como se ha indicado los sistemas satelitares tienen como ventaja su gran ubicuidad, pero también presentan serios problemas que pueden en ocasiones dificultar su utilización para la tarificación. Uno de ellos es el llamado "efecto cañón", que se da por ejemplo en zonas urbanas con edificios de cierta altura, que dificultan la "visibilidad" de los satélites desde la calzada y por consiguiente impiden una correcta localización del vehículo. En el centro de Londres, por ejemplo se han obtenido resultados poco alentadores. Para saber con una precisión del 99% si el coche está en zona tarificada se precisa un despeje de 60 m. a 250 m. La misma pérdida de "visibilidad" de los satélites se produce en zonas de orografía compleja. Incluso cuando el sistema Galileo esté disponible y a pesar de ofrecer mayor precisión que el GPS hay estudios que indican que habrá zonas del centro de las ciudades donde no se alcanzará visibilidad a los cuatro satélites que como mínimo se requieren para fijar la posición con exactitud.

Otro problema se plantea en intersecciones a distinto nivel (nudos complejos) en los que estos sistemas pueden presentar indeterminación acerca de cual de las calzadas es la utilizada por el vehículo si se trata de calzadas superpuestas en distintos niveles. Asimismo existen problemas de identificación de la calzada correcta cuando se trata de vías que discurren muy próximas y sensiblemente paralelas (vías de servicio de autopistas, por ejemplo).

Hay dos variantes en las tecnologías satelitares: la "centralizada" utiliza OBEs ligeros, que envían su



Tecnología satelitar, un receptor de radio GPS recibe emisiones desde un conjunto de 24 satélites girando alrededor de la tierra.

posición a un ordenador central que calcula la tasa a pagar; la "descentralizada" utiliza OBEs mas complejos permitiendo el cálculo de la tasa en el propio vehículo sin recurrir al ordenador central. Es mas adecuada para el caso de que la tasa se aplique sólo a camiones pero no si se generaliza también a vehículos ligeros.

Aunque en la actualidad el coste de los equipos en los sistemas satelitares sea de alrededor de 300 euros por unidad puede reducirse hasta 85-140 euros, según el estudio realizado en Holanda para la implantación de una tasa por uso generalizada a toda la red y todo tipo de vehículos (130.000 km. y 8 millones de vehículos).

En cualquier caso y dejando la puerta abierta a posibles mejoras en la precisión de la tecnología, el porcentaje de localizaciones erróneas es por ahora suficientemente significativo para la exactitud y fiabilidad exigibles a un sistema de tarificación por uso, el cual requiere identificar con exactitud la vía o carretera utilizada y la posición del vehículo dentro de ella. Otra desventaja de estos sistemas es la referida a la privacidad del usuario, más difícil de proteger en este caso y sobre la que se tratará mas adelante, así como el coste de las comunicaciones, que se basa en telefonía móvil GSM/GPRS, mas elevado que en otros sistemas de tarificación como es el DSRC. Hay que tener en cuenta que el volumen de las comunicaciones precisas en este sistema es muy grande. Para conocer la posición de un vehículo cada 100 m., si se desplaza a una velocidad de 100

km/h debe enviarse una señal cada 3,6 segundos. En un país con 20 millones de vehículos sujetos diariamente al pago de una tasa por uso, circulando a esa velocidad, un mensaje de posición de 32 bytes por vehículo daría un total de 1,42 Gb/seg.

Cuando la Comisión Europea en 2002 lanzó su propuesta de Directiva sobre interoperabilidad de los telepeajes, propugnaba abiertamente el empleo de tecnologías satelitares (quizás para favorecer la financiación del proyecto Galileo, asegurando un mercado muy amplio y seguro) y la desaparición en 2012 de cualquier otro tipo de tecnología, fundamentalmente la DSRC que era y es la mas ampliamente utilizada en Europa. La oposición de los países miembros (fundamentalmente aquellos en los que existían autopistas de peaje con sistemas DSRC, como Francia, Italia o España) durante la negociación hizo que se modificara radicalmente ese planteamiento, estableciéndose finalmente la coexistencia de los distintos sistemas.

4. Sistemas de microondas DSRC (Dedicated Short Range Communications)

Los sistemas de cobro por el uso de carreteras basados en tecnologías DSRC son los mas ampliamente utilizados hasta la fecha en carreteras de peaje, no sólo en España sino en todo el mundo (Francia, Italia, Canadá, Australia, USA, Chile, etc.) Precisan de un equipo a bordo y de antenas fijas a pórticos en la carretera, que permiten un intercambio de información, facilitando la detección e identificación del vehículo. Un sistema de comunicaciones (generalmente sobre redes de fibra óptica) transmite la información a Centros de proceso de datos en donde se realiza con un software adecuado la tarificación y cargo en la cuenta del usuario del importe que debe abonar por el peaje o tasa de uso. Los equipos pueden ser pasivos (sólo lectura) o activos (lectura/escritura). El equipo a bordo es relativamente barato (20-25 Euros) y tiene una vida útil de varios años. Puede ser adquirido por el usuario mediante pago o proporcionado por el gestor o perceptor de la tasa o emisor del medio de pago, normalmente la entidad en la que se domicilia la cuenta de cargo.

Los problemas de interoperabilidad entre equipos y sistemas están en la actualidad superados tanto en el ámbito europeo (Directiva 2004/52/CE relativa a la interoperabilidad de los sistemas de peaje electrónico y Decisión 2009/750 relativa a la definición del EETS y



Sistema "Free Flow" o multicarril necesario en tecnología basada en sistemas de microondas DSRC.

sus elementos técnicos) como en otras áreas geográficas del mundo. A esa interoperabilidad contribuyó en gran medida la adopción de una frecuencia única de 5,8 GHz (5,9 GHz en USA) para el sistema. La fiabilidad de esta tecnología es muy elevada (hasta superar el 99,5%) lo que es altamente apreciado por las concesionarias o Administraciones receptoras del peaje o de la tasa, que no pueden permitirse porcentajes de elusión o fraude que afecten significativamente a su cuenta de resultados.

Su desventaja radica en que exige una inversión notable en equipos terrestres fijos en la carretera en número proporcional a la longitud de la red tarifada. Además requiere cierto esfuerzo e interacción por parte de los usuarios, por lo que políticamente pudiera no ser el preferible, aunque sea el modo mas eficiente de detección y cobro. Lo deseable es que el flujo de vehículos no sea canalizado sino "free-flow" o multicarril como ocurre en muchas autopistas de peaje (Australia, Chile, Canadá, etc). En la 407 ETR de Toronto, circulan 900.000 equipos, procesándose 213,7 millones de viajes/año, sobre 108 km de autopista "free-flow" con DSRC, reforzado con ANPR. Lo mismo ocurre en la circunvalación de Dublín, con 400.000 equipos en circulación "free-flow" con IMD de hasta 200.000 vehículos. En España existen mas de 1 millón de equipos de telepeaje DSRC en circulación, en Francia 800.000 y en Italia cerca de 3 millones.

Los sistemas basados en tecnología DSRC son los utilizados no sólo en las autopistas de peaje de todo el mundo, sino en países como Austria para toda la red nacional sujeta al pago de tasa por uso. También en Portugal y República Checa. En Austria, el sistema se basa en 800 pórticos dotados de DSRC en las autovías y autopistas. Los OBEs se obtienen en depósito previo

pago de 5 , devolviéndose al ente gestor ASFINAG una vez utilizados.

5. Telefonía móvil o celular

La utilización de la telefonía móvil como medio de localización y pago de las tasas por uso todavía no está suficientemente desarrollada, aunque se trata de la tecnología en la que mas rápidamente se está avanzando.

Cualquier teléfono móvil permite su localización geográfica siempre que, naturalmente, se encuentre operativo. Existen varios sistemas que hacen posible determinar la "célula" espacial en la cual la señal que recibe el teléfono presenta mayor intensidad. Sin embargo el área de la célula varía; en zonas rurales puede alcanzar varios kilómetros cuadrados, en zonas urbanas las células tienen menor dimensión. Eso hace que presenten una indefinición bastante incompatible con el pago por uso.

Sin embargo los teléfonos móviles van incorporando cada vez en mayor número sistemas de posicionamiento GPS, que mejoran notablemente la precisión de localización del equipo. Los móviles 3G y con UMTS presentan notables mejoras adicionales al respecto. Por tanto, el posicionamiento con la exactitud requerida está dejando de ser un inconveniente absoluto, aunque sea mas adecuado su uso para sistemas de tarificación de tipo zonal que para los que se basan en distancias recorridas.

Una ventaja de estos sistemas es su amplia disponibilidad por parte de los usuarios dada la generalización del uso de teléfonos móviles por la población. Pero en todo caso es preciso, para que el móvil sirva como localizador, que esté asociado unívocamente con el vehículo cuyo uso de la vía se pretende tarificar. Para eso se necesita que esté operativo así como algún tipo de registro (p.e. un mensaje SMS) o un dispositivo en el vehículo que asegure la asociación vehículo-telefono móvil.

Otro problema es el "spoofing" o uso de técnicas de suplantación de identidad, aunque las empresas operadoras de telecomunicaciones han avanzado mucho en la lucha contra este tipo de fraudes en el uso de teléfonos móviles.

Por otra parte se están desarrollando con gran ímpetu las tecnologías NFC (Near Field Communication) que permiten utilizar el teléfono móvil como medio de pago, incorporando dispositivos de radiofrecuencia. El

NFC requiere cuatro elementos: un móvil con antena NFC, una tarjeta SIM en la que se almacena la información, una aplicación que se instala en el terminal y unos lectores o escáneres para permitir el cobro. La tecnología está ya en iPhone de Apple y en algunos tipos smartphone de Google-Samsung. Movistar (Telefónica) ha puesto en servicio –en principio mediante una experiencia piloto– el NFC, y las tres grandes operadoras españolas (Telefónica, Orange y Vodafone) han llegado a un acuerdo para la implantación de un standard definitivo que facilite el uso del móvil para hacer pagos.

6. Sistemas de reconocimiento automático de matrículas ANPR (Automatic Number Plate Recognition) o ALPR (Automatic License Plate Recognition)

Otro sistema de detección e identificación de vehículos para tarificación por uso es el de reconocimiento óptico de matrículas. Se basa en cámaras y sensores montados en pódicos en determinados puntos (p.e. zonas de entrada y salida a una vía, o a una zona de pago) que transmiten la imagen a un centro de procesamiento de lectura automatizada. Se utilizan con mucha frecuencia, sobre todo con fines de "enforcement". La precisión de identificación puede alcanzar hasta el 95%, completándose en el porcentaje restante mediante un procesamiento manual de las imágenes captadas. Hay sistemas que incluyen reconocimiento no solo de la matrícula, sino del modelo, marca y color del vehículo y datos adicionales. Es la tecnología mas adecuada para el "enforcement" hasta que los vehículos incorporen de fábrica un chip o equipo de identificación que pueda leerse a distancia.

Tiene algunos inconvenientes como por ejemplo su falta de ubicuidad ya que no es posible contar con un número de cámaras que permita la localización exacta del vehículo en cada momento. Por otra parte el coste de mantenimiento de los pódicos-cámaras y de los sistemas de comunicaciones puede ser en ocasiones elevado.

Se presentan problemas, que la tecnología está intentando resolver con cierto éxito, cuando las placas de matrícula son ilegibles o borrosas, por suciedad, grasa, o manipulaciones intencionadas, así como cuando la visibilidad está dificultada por la presencia de otro vehículo, o por condiciones meteorológicas adversas (nieve, niebla, oscuridad, etc.). En estos casos puede recu-

rirse a equipos dotados de infrarrojos que permiten imágenes nocturnas o en condiciones de visibilidad reducida. No obstante, la utilización de sistemas ANPR con fines de "enforcement" es una razón importante para su empleo como pieza base del sistema de detección e identificación de vehículos en sistemas de pago por uso. Su utilización para otras finalidades de seguridad pública (policía, identificación de delitos, etc.) es una función adicional a la de la tarificación por uso, también a veces muy estimable. En general puede afirmarse que los sistemas ANPR son los mas adecuados para peajes urbanos por razones de coste/efectividad. La ventaja de esta tecnología es que no precisa equipos a bordo del vehículo ni por tanto ningún gasto para el usuario.

7. Otras tecnologías

Existen otras tecnologías como por ejemplo la utilizada en Suiza, basada fundamentalmente en el uso del tacógrafo digital, o los sistemas RFID (Radio Frequency Identification Devices), utilizados sobre todo en países asiáticos (Japón, India) y USA, basados en "sticks" o "smart cards" muy simples que se adhieren al vehículo y son registrados a su paso por determinados puntos de control, permitiendo así verificar el pago. Es un modo relativamente barato pero da lugar a significativos niveles de impago. Como ejemplo de esta tecnología puede citarse el de Seattle, utilizado en la SR520 y en la SR167, fundamentalmente en carriles para vehículos de alta ocupación (HOV, VAO). Otro sistema es el "smart license plate", en el que la matrícula del vehículo incorpora un equipo RFID que es leído por instalaciones fijas en la carretera.

8. Criterios de elección de tecnologías

Un factor importante en la elección de la tecnología es la duración del periodo de tiempo preciso para que el sistema se encuentre operativo, en condiciones de uso y de generar ingresos. Puede afirmarse que lógicamente dependerá de la complejidad y número de los equipos e instalaciones necesarias y de su coste unitario, tanto en los que habrán de situarse fuera como dentro del vehículo (15).

En el caso de los sistemas DSRC para detección, clasificación y tarificación será preciso instalar un número

de pódicos relativamente elevado, mayor cuanto mayor longitud tenga la red sujeta al pago de tasas. También habrá que tener en cuenta el tiempo requerido para que los usuarios puedan dotarse de equipos a bordo. En el caso de España, limitando la tarificación a una longitud de red de 12000 km serían necesarias unas 300 instalaciones (una cada 60 km en zonas interurbanas y cada 4 km en zonas urbanas) lo que exigiría un tiempo no inferior a 18-24 meses, incluso utilizando parte de los pódicos existentes, por ejemplo los de señalización variable reacondicionados para la nueva función. Lo mas adecuado sería disponer sistemas free-flow o multicarril, salvo en circunstancias especiales cuando fuera admisible el flujo canalizado como es el caso de las actuales autopistas de peaje dotadas de telepeaje VIA-T. En Austria hay 300 pódicos en 2080 km de red tarificada con DSRC. En Alemania (GPS+DSRC+ANPR) hay 300 pódicos sobre 12500 km de red tarificada, en Francia (GPS+DSRC+ANPR) habrá 250 pódicos sobre 13.000 km de red tarificada. Solapándose en el tiempo con la instalación de los equipos fijos en la carretera habría de ponerse a disposición de los usuarios un número importante de OBEs, número dependiente del ámbito sujeto al pago (En España se ha estimado que si es solo a camiones, no menos de 600.000, si es a la totalidad de vehículos no menos de 3.000.000). La capacidad de producción y distribución no permitiría en todo caso mas de 500.000 equipos anuales, lo que fácilmente permite calcular la duración total de equipamiento, según fuera el caso.

Por lo que respecta a los sistemas satelitares GNSS, GPS, Galileo, etc. la infraestructura "gruesa" ya existe (red de satélites) por lo que no se requeriría tiempo por este concepto. No ocurre lo mismo en cuanto a los equipos a bordo, en relación con lo que se estaría en peores circunstancias que en el caso anterior, por la mayor complejidad y coste de los equipos. En términos generales puede afirmarse su adecuación si la tasa se aplicara en toda la red y a todos los usuarios y se admitiese una cierta tolerancia en cuanto al porcentaje de fallos. En otro caso (carreteras concretas y poca tolerancia en el número de fallos) los sistemas DSRC (combinados en su caso con ANPR) parecen mas adecuados. Al igual que ocurre con los teléfonos móviles los precios de los equipos a bordo están disminuyendo y en el futuro es posible que los vehículos los incorporen de fábrica como ya ocurre con los navegadores (16).

Los sistemas RFID (radiofrecuencia) requieren una infraestructura exterior menos pesada que los sistemas

DSRC y por tanto menor tiempo de implantación. Y lo mismo ocurre con los equipos a bordo, mucho mas sencillos y fáciles de fabricar y distribuir entre la población circulante. Pero en todo caso se requeriría no menos de un año para la infraestructura y un periodo similar para los equipos individuales.

Los sistemas ANPR de reconocimiento de matrículas, aparte de sus limitaciones en espacios extraurbanos así como los sistemas de videoregistro para "enforcement" requerirían también no menos de 18-24 meses para su despliegue sobre una longitud de red de 12000 km. Es cierto que los sistemas de "enforcement" mediante controles móviles (vehículos inspectores) -287 en Alemania, 39 en Austria, 200 en la República Checa, 150 previstos en Francia-no exigen tiempos tan dilatados para su entrada en operación, pero en todo caso no menores de un año. Lo mismo puede decirse del despliegue de puntos o establecimientos en los que puedan efectuarse los pagos de la tasa para aquellos vehículos que no puedan o no quieran dotarse de equipos a bordo.

Sea cual sea el sistema elegido, y aunque unos tipos permitan menor tiempo de despliegue operacional que otros, puede afirmarse que en el mejor de los casos en una red de 10.000-12.000 km. serían necesarios al menos dos años para que el sistema se encontrase operativo por lo que se refiere a equipos, tiempo durante el cual deberían desarrollarse los sistemas organizativos, administrativos, software de comunicaciones, de proceso de datos y de facturación, etc.

Por lo que respecta al importe de la inversión necesaria para la puesta en funcionamiento del sistema es claro que los sistemas DSRC requieren una mayor inversión que los sistemas satelitares, en los que la infraestructura ya existe, y que los de radiofrecuencia RFID. Siendo esa inversión a cargo de las Administraciones receptoras de la tasa parece que su decisión debería inclinarse interesadamente por los sistemas satelitares. Pero si bien la infraestructura exterior requeriría menos esfuerzo inversor público en la solución satelitar, la adquisición por los usuarios de equipos a bordo supondría una inversión del orden diez veces superior, en las actuales condiciones del mercado tecnológico. Si por tanto la decisión se hace en base únicamente a los costes que ha de soportar la Administración gestora de las tasas no cabe duda que la solución más indicada es la satelitar. Si por el contrario el decisor considera la inversión total (pública + privada) la decisión ya no es tan clara.

Un lugar intermedio en cuanto a coste de inversión tendrían los sistemas RFID. Y por supuesto si la tecnología



Vehículo con navegador. Equipo a bordo, tecnología DSRC.

de pago mediante telefonía celular se desarrolla suficientemente, -lo que parece mas que probable- el coste para la Administración y para los usuarios se vería sensiblemente reducido ya que disminuiría mucho el número de instalaciones y el precio de los equipos a disponer por los usuarios, al ser estos compatibles con el resto de aplicaciones de la telefonía móvil, ya prácticamente universal.

Otro factor a tener en cuenta es la interoperabilidad con los sistemas de otras redes (de otros países, o urbanas, etc). El problema, no obstante, no es tan importante ya que la Directiva europea sobre interoperabilidad lo ha resuelto a nivel administrativo y tecnológicamente también es un problema resuelto. Ya existe interoperabilidad no solo a nivel nacional sino entre sistemas de diferentes países. Con un solo equipo es posible el telepeaje entre España y Francia, por ejemplo con una única factura al usuario y con IVA detallado por país, ya que puede haber cuotas diferentes según el receptor de ese impuesto. Asimismo el proyecto europeo RCI ha demostrado la viabilidad de equipos que utilizan indistintamente DSRC y GPS/GNSS (17).

Por lo que se refiere a fiabilidad, entendida en el doble sentido de que el sistema logre que la tasa sea abonada por el mayor porcentaje posible de usuarios obligados a ello y que por otra parte la proporción de errores por doble cobro o por identificación equivocada sea la menor posible, parece opinión generalizada que hasta la fecha los sistemas DSRC logran una



Playa de peaje en la autopista R-5 con carril de telepeaje implantado en España con tecnología DSRC.

mayor fiabilidad que los sistemas satelitares y que los sistemas RFID, por no referirnos a los sistemas ANPR, mas bien utilizados en zonas o vías urbanas o para el “enforcement”.

También tendrá que tener en cuenta el decisor a la hora de elegir el sistema o la tecnología a emplear la posible reasignación del tráfico a carreteras o vías no sujetas a tarificación, con los problemas de congestión, accidentalidad, etc. que de ello se derivarían. Por ejemplo, si la tarificación sólo se aplicara a vías de gran capacidad, autopistas y autovías, y se utilizara el sistema DSRC es posible que parte del tráfico se recondujera hacia vías alternativas de uso gratuito y menor capacidad. En cambio si la tarificación se llevara a cabo mediante sistemas satelitares y se hiciera extensiva a la totalidad de las vías o a las del correspondiente corredor, ese efecto no se produciría ya que también serían detectados los recorridos en las vías alternativas. No obstante, en Alemania se ha observado una significativa sobrecarga de las vías secundarias, debido al tráfico que quiere evitar el pago de las vías tarificadas. Algo similar se ha detectado en la experiencia piloto desarrollada por Francia en Alsacia, por lo que en el país vecino la tasa afectará a la casi totalidad de la red nacional no concedida y de algunas carreteras departamentales o locales susceptibles de sufrir un incremento significativo de tráfico como consecuencia de la implantación de la tasa.

Por último y sin ánimo de exhaustividad en cuanto a los criterios de elección de tecnología, es muy importante el coste de operación, es decir el por-

centaje de ingresos o de facturación que se consume en la propia operativa del sistema. En efecto los costes de funcionamiento en ocasiones son desproporcionados y deben incluir los costes de amortización de infraestructuras y equipos. Los costes operativos oscilan entre el 8% en Suiza (que tiene las tasas por uso mas altas de Europa) y el 30% en la República Checa.

En Alemania, por ejemplo, el coste operativo del sistema por ley no debe superar el 20% de los ingresos aunque inicialmente fuese del 24%. En Austria el coste fue inicialmente de alrededor de 12% de los ingresos (780 M€ en 2005) habiendo disminuido hasta el 9 y 6% según los datos de los últimos años. En Suiza el sistema supone el 8% del total de ingresos (40 M€/500 M€) y se tiende a que disminuya hasta el 3-6%. Costes muy elevados se registran en peajes urbanos como es el sistema implantado en Londres (hasta el 50% de los ingresos). En Estocolmo es del 37% y en Singapur del 20%.

En relación con los costes operacionales un estudio de la IBTTA (International Bridge Tunnel and Turnpike Association) establecía los siguientes costes por transacción (operación de cobro del peaje o la tasa):

Manual	0,33 €
DSRC con barreras	0,15 €
GNSS+GPRS	0,24 €
ANPR	1,90 €
DSRC free flow	0,12 €

En España un estudio reciente en relación con la posible implantación de una tasa por uso (META) estimaba que con DSRC el coste sería de 0,020€/veh.km, mientras que con GNSS sería de 0,015€/veh.km.

Otro factor importante a considerar en la elección de la tecnología es la conveniencia de evitar tecnologías o sistemas "propietarios" por parte del proveedor, en los que resulte difícil promover la concurrencia en la licitación. Es importante utilizar en lo posible sistemas "abiertos" en los que se haya desarrollado un proceso de normalización lo mas amplio posible que facilite la posibilidad de múltiples proveedores. A este respecto es importante la labor de organismos como el CEN (Comité Europeo de Normalización) y en particular del Comité CEN 278 y su homólogo en España (AENOR Comité CTN 159 "Telemática aplicada al transporte y a la explotación de carreteras"), así como del ISO TC 204. Existen ya numerosas normas sobre todo en tecnologías DSRC para cobro de peajes y algo menos en tecnologías satelitares.

Finalmente otra de las cuestiones a tener en cuenta al decidir la tecnología a utilizar para el pago por uso es la defensa de la privacidad del usuario. A este respecto los sistemas satelitares y los basados en telefonía móvil GSM han sido los más criticados ya que cuando el equipo se encuentra operativo su posición se conoce en todo momento y queda registrada y almacenada, permitiendo conocer las costumbres y movimientos del usuario, lo cual puede dar lugar a problemas de seguridad, más aún si se trata de empresas gestoras ajenas a la Administración. En Estados Unidos por ejemplo, se ha propuesto incluso limitar el acceso del Gobierno a los datos, utilizando equipos a bordo que permitan el cálculo de la tasa de manera interna, reportada periódicamente a la Agencia gestora de la tasa.

9. Bases de la tarificación

Aparte de la elección de tecnología, otra cuestión a decidir es la relativa al importe de la tasa, que en Europa se suele mover en torno a 0,12€/km para camiones. Refiriéndonos únicamente a redes interurbanas de autopistas y aplicada sólo a camiones (únicos sujetos a la Directiva "Euroviñeta"), su determinación ha de atenerse a lo establecido en dicha Directiva. Puede incluir costes de mantenimiento y de reposición de la infraestructura, así como costes de contaminación (0,03-0,04 eu-



La no existencia de barreras en peajes facilita los tránsitos en horas punta, manteniendo la privacidad del usuario.

ros/km), con posible incremento (hasta el 175% sobre la tarifa media) para tener en cuenta la congestión (sólo hasta cinco horas por día). En todo caso por lo que se refiere a autopistas y camiones, el cálculo del importe debe ser supervisado por la Comisión Europea.

Si la tasa se aplica únicamente a autopistas o carreteras desdobladas parece razonable que el importe esté en torno a 0,10 euros/km para vehículos pesados (>3,5 tm). Tarifas menores (hasta 0,05 euros/km) podrían fijarse, en su caso, a otros vehículos y aún menores a motocicletas, siempre atendiendo a la clase contaminante del vehículo, con discriminación positiva para aquellos menos contaminantes. Si la tasa se aplicara al resto de carreteras de la red interurbana (carreteras convencionales) el importe correspondiente a estas debería ser menor (por ejemplo, 0,02 euros/km).

En todo caso, habría que tener en cuenta, en su caso, y paralelamente al establecimiento de la tasa por uso, una posible rebaja compensatoria de los impuestos que gravan los carburantes y la automoción.

También en lo que respecta a la tarificación caben distintas tipologías. La tarificación puede ser de carácter estático o fijo (incluso con importes distintos según la franja horaria), lo cual permite a los usuarios predeterminar con exactitud los costes de su desplazamiento. Pero también puede ser de tipo dinámico o variable, en función de la demanda, o de la congestión, como por ejemplo ocurre en el sistema de Singapur. En este caso es necesario informar bien al usuario, lo cual también implica un coste (paneles de mensaje variable, etc.), como ocurre en el sistema recientemente implantado

en TelAviv (autopista nº 1) con precios variables según congestión y hora del día (18).

También cabe una tarificación variable según el tipo de carretera utilizada por el usuario para su desplazamiento, con distinta tasa según se trate de autopista, autovía o carretera convencional. Y finalmente cabe también introducir en el importe de la tasa la clase contaminante del vehículo, al hilo de lo establecido en la nueva Directiva "Euroviñeta", como sucede en Alemania (19).

En la actualidad, el importe de los peajes convencionales en autopistas en concesión en Europa oscila entre 0,15 y 0,25€/km según el tipo de vehículo y de vía.

En cuanto a tasas en Alemania, país en el que entró en vigor la tasa el 1.1.2005, ésta se sitúa actualmente en un rango que varía en función de la clasificación del vehículo (sólo pesados > 12 Tm que se ampliará a >3,5 Tm) desde 0,141€/km para la clase A hasta 0,287 euros/km para la clase D. La tarifa depende de la clase contaminante del vehículo, su número de ejes y la franja horaria (punta o valle). El Gobierno paga el OBE y el transportista su instalación, con 20 millones de transacciones diarias. La recaudación fue de 3400 M€ en 2007 y de 4500 M€ en 2010, de los cuales el gestor Toll Collect recibió el 11% (490M€) (20).

En Francia la tasa será de 0,12€/km (sólo para vehículos pesados) sobre una red de 15.000 km de carreteras nacionales y departamentales que se cobrará a partir del 2012 a todos los vehículos de mas de 3,5 toneladas (600.000 franceses y 200.000 extranjeros). El sistema utiliza tecnología satelital GPS y telefonía móvil GSM/GPRS para comunicaciones, con DSRC para "enforcement". Se ha estimado que la inversión total para la puesta en servicio de la tasa (equipos a bordo de los camiones, despliegue del sistema de control y puesta en servicio operacional) así como de los costes de funcionamiento sería en total (incluyendo costes financieros, impuestos y amortización) de 3410 millones de euros a cargo del concesionario del servicio, que lo explotará desde mediados del 2013 durante once años y medio. En este periodo se prevén unos ingresos de 9.000 millones de euros, una vez descontada la remuneración al contratista, cantidad que irá a parar a la AFITF (Agence de Financement des Infrastructures de Transport de France). Los ingresos brutos anuales serán de 1.240 millones de euros, de los cuales 160 millones se destinarán a las Administraciones locales. El contratista (Autostrade per l'Italia SpA, junto a empresas locales) percibirá del

orden del 20% de los ingresos (240 millones anuales como media).

Por lo que respecta a España, en los estudios realizados hasta la fecha se han considerado importes algo menores. Así el del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos se basaba en la hipótesis de 0,10€/km, con una recaudación estimada en 2700 Millones de euros si se aplicase a camiones en autopistas sin peaje y autovías (21). La cifra ascendería a 3.300 Millones de euros si se aplicase en toda la red interurbana (excepto a la actual red de peaje) según el Centro de Investigación del Transporte de la UPM. Con una tarifa entre 0,08 y 0,12€/km un estudio de la ETS ICCP estimaba una recaudación de entre 1200 y 1860 millones de euros anuales respectivamente. El coste medio a precios de mercado para transporte internacional y una carga transportada de 15 tm varia normalmente entre 0,95€/km y 1,1€/km, por lo que la repercusión en el coste sería del orden del 10%.

Otro factor importante a tener en cuenta es establecer claramente si el pago por uso se considera una tasa o impuesto (Suiza, Alemania, etc.) o un precio público, en este caso sujeto a IVA (Austria), lo cual supone notables implicaciones de tipo económico y administrativo.

10. Forma de gestión

También es importante considerar la forma de gestionar la tasa. Lo puede hacer directamente la Administración del Estado o la autonómica o local según la red afectada o confiarlo a una Agencia y esta última contratar a una o mas empresas para desplegar las instalaciones, controlar el pago y cobrar a los usuarios (Alemania, Austria, Francia, Portugal, etc.).

En Francia, uno de los últimos países de Europa que hasta la fecha ha implantado el pago por uso de las carreteras, el modelo de gestión se basa en un contrato de colaboración público-privada suscrito entre el Estado y un "partenaire". Este a su vez, en base a un contrato tipo establecido por la Administración celebra subcontratos con empresas prestadoras del servicio de telepeaje, (SHT, "Sociétés Habilitées de Telepeage"), bajo los principios de transparencia (publicidad) y no discriminación (conurrencia). La duración de este subcontrato es de tres años, con el fin de facilitar la renegociación periódica del importe de su

prestación para tener en cuenta las interoperabilidades con otros sistemas de telepeaje. El contrato tipo tiene cinco anexos: pliego de prescripciones técnicas, verificaciones previas a la prestación del servicio, condiciones mínimas del contrato de abono de los usuarios, objetivos de rendimiento de la empresa SHT, fórmula de remuneración a esta y datos de identificación de los usuarios. Al concurso publicado el 31.3.2009 se presentaron cinco grupos de los cuales se retiró uno del diálogo competitivo. El contrato fue adjudicado a Autostrade per l'Italia SpA, siendo impugnado por el grupo del que formaba parte Sanef (la española Abertis) siendo finalmente rechazada la apelación. Se exige un 99,5% en cuanto a la fiabilidad del sistema y equipos de recaudación (con bonus y penalizaciones trimestrales según porcentaje de fallos) y del 0,01% de fallos en el cálculo del importe de cada transacción, estableciéndose asimismo un plazo máximo para que un usuario obtenga su dispositivo de telepeaje, disponibilidad de los centros de atención al cliente (telefónicamente o por Internet), así como de respuesta de los mismos. La remuneración se establece en función de diversos parámetros ligados al servicio prestado a los abonados y a la compra al concesionario de los equipos a bordo necesarios. En cuanto a la parte correspondiente al servicio prestado a los usuarios su determinación se hace en función de los costes de puesta a disposición, de administración, del número de abonados, del número de transacciones, del coste de la fianza o garantía, etc., naturalmente actualizables periódicamente (22).

En España, en el caso de las carreteras del Estado, las competencias recaudatorias son del Ministerio de Hacienda, que puede acordar la gestión de la tasa por otro Organismo, como ocurre con determinadas tasas actuales, gestionadas por el Ministerio de Fomento o sus Entes dependientes: AENA, Puertos del Estado, etc. Para cada alternativa cabe la gestión directa o la gestión indirecta o la colaboración pública-privada reconocida en la Ley de Contratos del Sector Público.

En el caso de gestión indirecta la Administración titular de la tasa debe establecer un Pliego en el que dentro de los principios de transparencia y no discriminación (publicidad y concurrencia) le correspondería entre otras cosas (23):

- Definir la arquitectura general del sistema, su especificación funcional global y la de sus módulos y par-

tes constituyentes, las normas técnicas y estándares de referencia y los parámetros de rendimiento exigibles en cada caso.

- Aprobar posibles cambios en la arquitectura o especificación del sistema a lo largo de su ciclo de vida.
- Establecer el límite máximo de coste del equipamiento de usuario a instalar en su caso en los vehículos sujetos a tarificación.
- Establecer las pruebas de aceptación del sistema.
- Definir los procedimientos de control a ejercer sobre el adjudicatario del contrato a lo largo del ciclo de vida del sistema, en términos de rendimiento, calidad, fiabilidad, precisión, seguridad y protección de datos.
- Establecer el modelo de retribución del contrato, bien a tanto alzado o mediante porcentaje sobre la recaudación total, señalando los rangos y límites máximos que correspondan en cada caso y según rendimiento y niveles de servicio.
- Establecer el régimen de penalizaciones por incumplimiento o cumplimiento defectuoso de las condiciones de funcionamiento exigibles al sistema.
- Auditar el funcionamiento del sistema en todos los aspectos que puedan ser relevantes para la Administración.

Y correspondería al adjudicatario:

- Proponer a la Administración un diseño técnico del sistema, incluyendo arquitectura detallada, especificación técnica, características, modelos y suministradores de los componentes de hardware, software y comunicaciones.
- Comprometer el rendimiento y nivel de servicio del sistema, incluyendo su tolerancia a fallos y el nivel de servicio garantizado (tiempos máximos de caída, frecuencias, tiempo de restauración, etc.).
- Proponer un plan de mantenimiento preventivo, correctivo y evolutivo del sistema a lo largo de su ciclo de vida, incluyendo la reposición y actualización tecnológica de sus partes constituyentes.
- Garantizar el cumplimiento de las condiciones de interoperabilidad del sistema según se haya especificado en el Pliego de Condiciones.
- Definir los medios humanos asignados al cumplimiento del contrato, incluyendo su cualificación profesional.
- Ofertar el precio del contrato dentro de las condiciones establecidas por la Administración.

De la experiencia obtenida hasta la fecha en los procesos de implantación de la tasa por uso de carreteras en varios países europeos (Alemania, Austria, Francia, Portugal, etc.) y de su gestión por empresas o entidades contratadas por la Administración se desprende en todo caso la conveniencia de que se lleve a cabo una licitación integral, mediante contratos llave en mano, incluyendo la dotación del soporte tecnológico tanto de los equipos fijos en la carretera como del suministro de los equipos a bordo y de su mantenimiento, así como de los sistemas organizativos, de operación y control que permitan llevar a cabo la recaudación con la mayor fiabilidad y eficiencia (24). A este efecto, deberá establecerse por la Administración la pertinente especificación del sistema basándose en requerimientos funcionales, con

penalizaciones en caso de incumplimiento tanto del calendario de implantación como del propio funcionamiento del sistema, fijándose en particular los porcentajes exigibles en la detección, clasificación, tarificación y cobro a los vehículos, así como los parámetros de eficacia de los sistemas de "enforcement" y de información, tanto a la Administración titular de la tasa como a los obligados al pago de la misma (25).

La implantación del pago por uso de carreteras, de producirse, sería uno de los hechos más trascendentes en la política de carreteras, tanto por sus implicaciones económicas y en la sostenibilidad del sistema como por las repercusiones que indudablemente habrá de tener en la movilidad y el transporte en las próximas décadas. ♦

Referencias:

- (1) BEIDER, Perry; UNITED STATES. CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE. *Alternative Approaches to Funding Highways*. Washington : Congress of the United States, Congressional Budget Office, 2011. 25 p. (CBO study)
- (2) DOAN, John Q.; FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION; TRANSPORTATION RESEARCH BOARD; AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. *International Scan: reducing congestion and Funding Transportation Using Road Pricing*. Washington: FHWA, TRB, AASHTO, 2010. 20 p.
- (3) VASSALLO MAGRO, José Manuel.; LÓPEZ SUÁREZ, Elena: "Efectos de la aplicación de una política de tarificación de infraestructuras a los vehículos pesados. Informe final". Barcelona: Dirección Corporativa de Estudios y Comunicación de Abertis, 2009. 86 p.
- (4) VASSALLO MAGRO, José Manuel.; LÓPEZ SUÁREZ, Elena. "Using Input-Output Tables to Estimate the Effect of Charging Heavy Goods Vehicles on CPI. Application to the Case of Spain". *Journal of Transport Economics and Policy*, 2010, vol. 44, nº 3 p. 317-329.
- (5) TAGUAS, David. "El sector de infraestructuras en España: Situación e impacto sobre el crecimiento económico". *VI Encuentro del Sector de las Infraestructuras en España, organizado por Deloitte, ABC, OHL y Alstom*, Madrid, 12 de Mayo de 2011.
- (6) BOSCA, J.E.; ESCRIBÁ, J.; MURGUI, M.J. "Efectos Macroeconómicos de las Inversiones en Infraestructuras Públicas". *Encuentro Técnico "Economía y transporte"*. CEDEX, 7 de octubre de 2004. 70 p.
- (7) IZQUIERDO, Rafael. *Efectos económicos de las inversiones en infraestructuras: El plan de infraestructuras de España 2000-2010*. *Foro Infraestructuras y Servicios*. (Disponible en http://www.foroinfra.com/nuevo_marzo/CEMIT%20_%2016%20Symposium_%2024.pdf)
- (8) EUROPEAN COMMISSION. *White paper. Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system*. Brussels, COM(2011) 144, 30 p.
- (9) CORLA-SOUZA, Patrick T. de.; MURIELLO, Mark F. "New ideas for Congestion Pricing". *TR News*, 2009, nº 263, p. 39-42.
- (10) AA.VV. "Road Pricing". *European Transport Conference*, 2008. Session 4. (Disponible en: <http://www.etcproceedings.org/seminar/road-pricing-1>)
- (11) YIN, Yafeng.; LOU, Yingyan. "Dynamic tolling strategies for managed lanes". *Journal of Transportation Engineering*, ASCE, 2009, Vol. 135, No. 2, p. 45-52.
- (12) SORENSEN, Paul.; NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM.; NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.). TRANSPORTATION RESEARCH BOARD.; (et al.) "Implementable Strategies for Shifting to Direct Usage-Based Charges for Transportation Funding". Washington, DC : National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board of the National Academies, 2009. 124 p. (NCHRP web-only document, 143)
- (13) AA.VV. "Tarificación de Infraestructuras". *Unidad Editorial Conferencias y Formación*, Jornada 27-04-2011.
- (14) COSMEN-SCHORTMANN, J.; MARTINEZ-OLAGUE, M.A. "Method and Tool for the Analysis and design of GNSS-Only ETC system of guaranteed performance". *Proceedings of the 13th ITS World Congress*, London, 8-12 October 2006.
- (15) COTTINGHAM, David N.; BERESFORD, Alastair R.; HARLE, Robert K. "Survey of Technologies for the Implementation of National-Scale Road Users Charging". *Transport Reviews*, 2007, Vol. 27, No 4, p. 499-523.
- (16) SÁNCHEZ REY, Agustín. "La innovación técnica y el futuro de la explotación de carreteras". *Revista de Obras Públicas (ROP)*, 2004, vol. 151, nº 3.449, p. 105-116.
- (17) SÁNCHEZ REY, Agustín. "La carretera inteligente". *La contribución de las TIC a la sostenibilidad del transporte en España*. Madrid: Real Academia de la Ingeniería, 2009, p. 309-319. ISBN: 978-84-95662-18-7.
- (18) SALAS RONDON, Miller; ROBUSTÉ ANTÓN, Francesc; SAURÍ MARCHÁN, Sergi; ARGOTE CABAÑERO, Juan. "Tarificación de carreteras y gestión de la movilidad metropolitana". *Revista de Obras Públicas (ROP)*, 2010, vol. 157, nº 3.506, p. 31-42.
- (19) OCDE; CEMT. *Tarifications des Infrastructures de Transport et dimensionnement de la capacité. L'autofinancement de l'entretien et de la construction des routes: Table ronde 135*. Paris: Conférence Européenne des Ministres des Transports (CEMT), OCDE, 2007. 156 p. ISBN: 978-92-821-0110-0.
- (20) RDW; EReg (Association of European Vehicle and Driver Registration Authorities). *Road Pricing in Europe*. First versión December 2010. Netherlands: RDW, cop. 2011. 104 p.
- (21) COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS. *Tarificación de infraestructuras de transporte de la UE. Adecuación del sistema español y su aplicación en la red viaria*. Madrid: CICCOP, Comisión de Construcción y Financiación de Infraestructuras, 2006, 175 p.
- (22) *Contrat de partenariat relatif à la taxe expérimentale alsacienne*. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer. 2010.
- (23) LANZA, C. *El pago directo por el uso de la red de carreteras. Situación de contexto y perspectivas en España*. 2011.
- (24) *Conference on Road Charging Systems: Technology Choice and Cost Effectiveness*. Paris, 1 June 2006, European Conference of Ministers of Transport (ECMT).
- (25) DeCORLA-SOUZA, Patrick T.; MURIELLO, Mark F. "Pricing Road Use to Address Congestion". *TR News*, 2009, July- August, No 263, p. 3. Transportation Research Board.