

# Políticas de transporte y congestión en áreas urbanas: un panorama

*Anna Matas Prat\**

In most urban areas transport generates great negative externalities that increase total cost above its optimal level. The aim of this article is to analyse to what extent pricing can be a basic mechanism to guarantee an efficient use of the infrastructure. A recent literature review concludes that an optimal pricing system generates significant welfare gains. However, an optimal pricing system implies excessive transaction costs and, furthermore, use of necessary technology that is not available. Fortunately, the empirical evidence strongly concludes that a more simple pricing system continues generating welfare gains. The optimal pricing mechanism depends on the level of external costs and on the characteristics of the urban area. In any case, it is necessary to have an integrated transport policy that covers price decisions and investment on all types of transport.

63

En gran parte de las áreas urbanas el transporte genera unas fuertes externalidades negativas que aumentan los costes totales por encima de su nivel óptimo. El objetivo de este artículo es analizar hasta qué punto el precio puede ser el mecanismo básico que garantice un uso eficiente de la infraestructura. Una revisión de la literatura reciente permite concluir que un sistema óptimo de precios da lugar a importantes ganancias de bienestar. Sin embargo, un sistema de precios óptimos incurre en unos costes de transacción excesivos y la tecnología necesaria todavía no está disponible. Afortunadamente, la evidencia empírica también es concluyente al afirmar que un sistema de precios más simple sigue generando aumentos de bienestar. El mecanismo de precios óptimo depende del nivel de los costes externos y de las características de la área urbana. En cualquier caso, es preciso una política de transporte integrada que contemple las decisiones de precios y de inversión para todos los medios de transporte.

\* Universitat Autònoma de Barcelona. Anna.Matas@uab.es

*Key Words: Optimal transport pricing; congestion pricing; urban transport.*  
*JEL: H23, R41; R48*

## 1. INTRODUCCIÓN

El continuo aumento del transporte por carretera en los países desarrollados, sobre todo en vehículo privado, ha dado lugar a fuertes externalidades negativas que aumentan los costes de transporte por encima de su nivel óptimo. En concreto, el uso de la infraestructura viaria genera costes externos en términos de congestión, accidentes e impactos medioambientales. Una estimación conservadora de estos costes para los países europeos los sitúa alrededor de un 4.5% del PIB<sup>1</sup>, siendo la congestión el componente más importante (2%) seguido de los costes externos de accidentes (1.5%). Dado el volumen de tráfico y la limitación a la expansión de la capacidad, el problema de los costes externos se acentúa en las áreas urbanas y cuestiona su sostenibilidad en el futuro. Ello es particularmente cierto para los costes de congestión<sup>2</sup>.

Desde la óptica de la teoría económica se ha defendido extensamente el uso de los precios como el mecanismo que garantiza un uso eficiente de la infraestructura. Así, después del trabajo pionero de Pigou (1920), autores como Walters (1961) y Vickrey (1963) sentaron las bases para la fijación de un impuesto por el uso de la infraestructura de acuerdo con los costes de congestión. Más recientemente, esta idea ha vuelto a cobrar fuerza en múltiples trabajos tanto teóricos como empíricos<sup>3</sup> y actualmente es la política defendida por la Comisión Europea<sup>4</sup>. Sin embargo, a pesar de su amplia defensa teórica, en muy pocas ciudades se ha implantado una política de precios que contemple la internalización de los costes externos. Las razones son de índole diversa e incluyen argumentos de tipo tecnológico, distributivos y elevados costes de transacción.

El objetivo de este artículo es aportar evidencia acerca de cuál es el estado de la cuestión respecto al uso de los precios como mecanismo para

<sup>1</sup> Ver OCDE (1994).

<sup>2</sup> Un estudio de IWW/INFRAS (2000) ha estimado que entre un 70 y un 80% de los costes de congestión se generan en los entornos urbanos.

<sup>3</sup> Ver, entre otros, Newbery (1990), Hau (1992), Small (1992), Small y Gómez-Ibáñez (1998), Nash et al. (2000), Nash y Sansom (2001), y de Borger y Proost (2001).

<sup>4</sup> Ver EC (1995), EC (1998) y EC (2001). Además la Comisión Europea ha financiado numerosos proyectos de investigación dirigidos al estudio de la fijación de precios por el uso de la infraestructura.

el uso eficiente de la infraestructura viaria. El estudio se centra en las áreas urbanas dado que las mayores dificultades para acercar los precios a su nivel y estructura óptima residen en las ciudades. Adicionalmente, en las áreas urbanas los costes externos de congestión predominan claramente sobre el resto. Por ello, a lo largo el artículo se otorga una mayor relevancia a la congestión.

El artículo se estructura en los siguientes apartados. En el apartado 2 se resume la derivación del precio óptimo por el uso de la infraestructura de transporte. En el siguiente se aporta evidencia acerca de la estimación de los costes marginales externos en diversas ciudades europeas. En el apartado cuarto se destacan los argumentos que dificultan la fijación del precio de acuerdo con el coste marginal social. En el quinto se expone la evidencia empírica disponible acerca de las características e implicaciones de un impuesto por el uso de la infraestructura en áreas urbanas. Un sexto apartado de conclusiones cierra el artículo.

## 2. DERIVACIÓN DEL SISTEMA DE PRECIOS ÓPTIMO

Bajo el principio de eficiencia económica, a través de la maximización del bienestar social, el precio que pagan los usuarios de una infraestructura debe ser igual al coste marginal que ocasionan. La particularidad que presenta el sector transporte respecto a otros mercados es que parte de los inputs –básicamente, tiempo– los aporta el propio usuario<sup>5</sup>. Así, de acuerdo con Jansson (1998), el coste social total por el uso de la infraestructura puede expresarse como la suma de los costes en los que incurre el productor, los costes en los que incurre el usuario y los costes impuestos fuera del sector transporte.

En este artículo se asume que la política óptima es fijar el precio de acuerdo con el coste marginal a corto plazo. Esta hipótesis no es aceptada por algunos autores dado que ignora la posibilidad de ampliar la capacidad y por ende la necesidad de dar señales de una reducción del coste marginal a largo plazo<sup>6</sup>. Sin embargo, en áreas urbanas la posibilidad de ampliar la capacidad de la infraestructura es muy limitada y en caso de ser posible el coste es muy elevado. Por ello, la principal preocupación debe ser lograr un uso eficiente de la capacidad disponible a través de un sistema de precios de acuerdo con el coste marginal a cor-

<sup>5</sup> Una exposición reciente de los costes del transporte puede hallarse en de Rus, Campos y Nombela (2003).

<sup>6</sup> Ver, por ejemplo, Rothengatter (2003).

to plazo. Las decisiones de inversión para ampliar la capacidad deberán basarse en un análisis coste-beneficio.

En el corto plazo, dado un nivel de capacidad fijo, cada uno de los tres componentes de los costes enumerados es función del output,  $Q$ .

$$CT = CT_p(Q) + CT_U(Q) + CT_E(Q)$$

donde  $Q$  es el flujo de vehículos-km por unidad de tiempo.

El coste total para los usuarios es el producto del output por el coste medio de cada usuario:

$$CT_U = Q * AC_U(Q)$$

siendo  $AC_U$  el coste medio para cada usuario<sup>7</sup>.

El coste marginal puede expresarse como:

$$CM = CM_p + Q * \frac{\partial AC_U}{\partial Q} + AC_U + CM_E$$

donde  $AC_U$  son los costes que ya internaliza el usuario: costes de tiempo y costes monetarios de circulación. Por ello, el precio óptimo viene definido como:

$$P = CM_p + Q * \frac{\partial AC_U}{\partial Q} + CM_E$$

Los costes marginales del productor,  $CM_p$ , son los costes en términos de mantenimiento y reparación de la infraestructura. Este coste recae en gran medida en los vehículos pesados y no es objeto de análisis en este artículo.

El segundo componente de la expresión del precio óptimo corresponde al coste marginal de congestión<sup>8</sup>. La congestión se produce cuando la presencia de un usuario adicional ocasiona un aumento de los costes medios que soportan el resto de usuarios de la infraestructura. El aumen-

<sup>7</sup> El coste medio del usuario equivale al coste marginal privado tal como lo percibe un usuario individual.

<sup>8</sup> Para un estudio de los fundamentos económicos de la congestión ver, por ejemplo, Hau (1992) y Small (1992).

to de costes se produce fundamentalmente en términos de tiempo, aunque en menor medida también se incrementan los costes de circulación. Se trata de un coste externo, dado que los usuarios no pagan por él, aunque recae dentro del propio sistema de transporte. Existe una abundante literatura que confirma la existencia de una relación creciente entre el flujo de vehículos, o output, y el coste marginal de congestión, de tal manera que es posible evaluar monetariamente, para una capacidad y nivel de output determinados, cuál es el coste marginal de congestión que cada usuario impone sobre el resto.

El tercer y último componente corresponde al resto de los costes marginales externos impuestos al conjunto de la sociedad. Principalmente se trata de costes marginales de accidentes, ruido y contaminación ambiental. Para estos impactos la evidencia empírica disponible acerca de la relación entre coste marginal externo y nivel de output no es tan clara como en el caso de la congestión. Además, la valoración económica de estos costes incorpora un mayor grado de incertidumbre.

### 3. EVIDENCIA EMPÍRICA EN RELACIÓN CON LOS COSTES MARGINALES EXTERNOS

En este apartado se revisa la evidencia disponible acerca de la valoración monetaria de los costes marginales externos y su implicación para la política de precios óptimos.

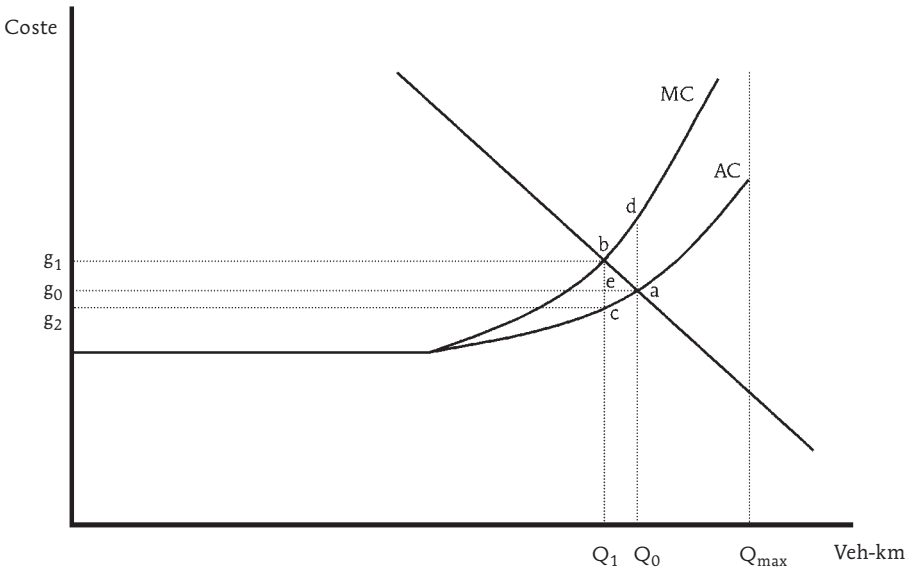
#### 3.1. COSTE MARGINAL DE CONGESTIÓN

El coste marginal externo de congestión se calcula a partir de una ecuación que relaciona el flujo de tráfico y los costes de transporte. En áreas urbanas se han desarrollado modelos de tráfico crecientemente complejos que relacionan el flujo de vehículos y el coste<sup>9</sup>. Aquí presentamos de forma gráfica la relación más simple entre las dos variables. El gráfico 1 muestra el diagrama convencional de la relación entre coste de transporte y flujo de vehículos. A efectos de simplificación se ignoran los costes del productor y el resto de costes externos.  $AC(Q)$  es la curva de costes medios para el usuario que incluye tanto los costes de tiempo como los monetarios ( $g$ ),  $MC(Q)$  es la curva de costes marginales sociales y  $g(Q)$  es la curva inversa de demanda. La curva de costes medios es horizontal mientras no existe congestión y creciente a partir del nivel de flujo para el cual apare-

<sup>9</sup> Ver, por ejemplo, Small (1992) y Arnott et al (1998).

ce la congestión<sup>10</sup>. El flujo de equilibrio inicial es  $Q_0$ , dado que los usuarios no internalizan los costes externos de congestión causados (distancia ad). El flujo óptimo,  $Q_1$ , es aquel para el cual la valoración marginal del usuario coincide con el coste marginal social. Para alcanzar este punto es preciso fijar un impuesto de congestión igual a la diferencia entre costes marginales y medios en el óptimo (distancia bc). La reducción del flujo de tráfico permite un ahorro del tiempo de viaje y de los costes de circulación, cuyo valor monetario corresponde a la distancia ec. Las ganancias de bienestar se corresponden con el área adb. Siempre que estos beneficios superen los costes de implantación del sistema, el bienestar social aumentará. Sin embargo, para el grupo de usuarios de la carretera su bie-

**Gráfico 1. Impuesto de congestión óptimo**



<sup>10</sup>  $Q_{max}$  es el flujo máximo de tráfico que puede absorber la infraestructura. A partir de este punto la pendiente de la curva de costes medios cambia de signo. Es decir, el coste medio continua creciendo cuando el flujo de tráfico empieza a disminuir después de haber alcanzado el máximo. La evidencia empírica muestra que este tramo de la curva de costes existe durante ciertos periodos horarios cuando se alcanza una situación de congestión extrema. Sin embargo, en este apartado el análisis se limita al tramo de la curva de costes con pendiente positiva.

nestar disminuye. Así, bajo la hipótesis de igual valor del tiempo para todos los usuarios, el impuesto pagado (distancia cb) supera el valor monetario de un ahorro de tiempo (distancia ce). Si se relaja la hipótesis de igual valor del tiempo, solo aquellos usuarios con un valor del tiempo muy alto estarían en una mejor posición después del impuesto<sup>11</sup>.

Recientemente, numerosas investigaciones han calculado cuál es el coste marginal de congestión. El cuadro 1 resume el resultado de los principales estudios realizados para ciudades europeas. La comparación, no obstante, debe realizarse con cautela. Primero, porque los costes de congestión dependen de las características de cada ciudad, esencialmente del volumen de tráfico. Segundo, porque existen diferencias metodoló-

**Cuadro 1. Comparación de los costes marginales externos de congestión (euros por vehículo-km, 1998)\***

Autor	Ciudad	Coste de congestión	
		Punta	No punta
Sansom et al (2001)	Grandes ciudades** : centro	1,27	0,70
Reino Unido	Grandes ciudades: no centro	0,36	0,20
	Otras ciudades	0,12	0,07
	Londres, centro	2,78	
Newbery (1990)	Grandes ciudades: centro	0,81	0,66
Reino Unido	Grandes ciudades: no centro	0,36	0,20
	Pequeñas ciudades	0,15	0,09
Meyeres y Van Dender (2001)	Bruselas	2,12	0,003
IWW/INFRAS (2000)	Media 17 países	3,27	0,027
	Europeos	2,86	

\*Los valores se presentan en euros de 1998 dado que es el año de referencia en la mayor parte de estudios. Para el resto de estudios los valores originales se han actualizado a euros del año 1998 de acuerdo con el IPC.

\*\*Grandes ciudades se refiere a Londres y otras conurbaciones del Reino Unido.

<sup>11</sup> Anderson y Mohring (1997) estiman para el área de Twin Cities que en las rutas más congestionadas, sólo los automovilistas con unos ingresos anuales superiores a 80.000 dólares saldrían beneficiados.

gicas entre los distintos estudios que generan discrepancias en la valoración monetaria de los costes de congestión. Sin embargo, la observación de estos datos permite alcanzar algunas conclusiones.

En primer lugar, en los contextos urbanos congestionados el coste marginal social externo del transporte es elevado y muy inferior al precio que pagan actualmente los vehículos. El estudio de Sansom et al (2001) concluye que en las grandes ciudades del Reino Unido el precio pagado no alcanza el 10% del coste marginal en hora punta mientras en Bruselas se sitúa en el 15%<sup>12</sup>. En segundo lugar, existe una marcada diferencia en el coste según períodos del día y áreas de la misma ciudad. Este resultado indica que el sistema de precios óptimo debe ser variable en el tiempo y en el espacio. Nuevamente, el sistema actual de impuestos –que consiste en la suma del impuesto por la compra del vehículo, el impuesto anual de circulación y los impuestos sobre el consumo de carburante- no refleja la estructura óptima.

### 3.2. OTROS COSTES EXTERNOS

La valoración monetaria del resto de costes externos incorpora un mayor nivel de incertidumbre que queda reflejada en el rango de variación que presentan los estudios<sup>13</sup>. No obstante, los múltiples trabajos emprendidos en este campo y el avance en los métodos de valoración han permitido una mejora sustancial también en relación con los costes de accidentes y medioambientales. El cuadro 2 presenta algunos resultados de estudios recientes.

Los estudios hallan una relación funcional distinta entre el output y cada uno de los costes externos y en algunos casos aún no está bien determinada. Respecto al ruido, se observa una relación decreciente entre coste marginal y output; en zonas con un nivel de ruido elevado, el coste marginal que impone un vehículo adicional es pequeño. Por contra, para la mayoría de las emisiones se observa una

<sup>12</sup> Es preciso advertir que el valor de los costes marginales externos para los niveles reales de tráfico es sólo indicativo de la dirección del cambio necesario en el precio pero no de su magnitud. Los costes externos al nivel óptimo de tráfico puede ser considerablemente más bajos que los observados. Según algunos estudios los costes en el nivel óptimo se sitúan entre un 30 y un 50% por debajo de los observados.

<sup>13</sup> Para un análisis de la metodología empleada en la estimación de los costes marginales externos puede consultarse Mayeres y Van Dender (2001) y los resultados del proyecto europeo UNITE, presentados en Bossche et al (2003).

**Cuadro 2. Comparación de los costes marginales externos de accidentes y medioambientales (euros por vehículo-km, 1998)\***

Autor	Ciudad	Accidentes	Ambientales**
Sansom et al (2001)	Londres, centro	0,025	0,014/0,047
Reino Unido	Grandes ciudades***: centro	0,025	0,011/0,036
	Grandes ciudades: no centro	0,025	0,007/0,025
	Otras ciudades	0,025	0,006/0,022
Meyeres y Van Dender (2001)	Bruselas	0,039	0,013/0,046
Bossche et al (2003)	Suiza	0,048	n.d.
	Helsinki	n.d.	0,0069
	Stuttgart	n.d.	0,022/0,033
	Berlín	n.d.	0,011/0,051

\* Los valores se presentan en euros de 1998 dado que es el año de referencia en la mayor parte de estudios. Para el resto de estudios los valores originales se han actualizado a euros e 1998 de acuerdo con el IPC.

\*\* El rango de variación se debe a distintas hipótesis sobre la valoración monetaria de los costes ambientales.

\*\*\* Grandes ciudades se refiere a Londres y otras conurbaciones del Reino Unido.

relación creciente con el tráfico. Así, el impacto sobre el cambio climático está estrechamente relacionado con la emisión de CO<sub>2</sub>, que a su vez depende del consumo de carburante. Por último, la relación entre el coste marginal externo de los accidentes y el nivel de tráfico sigue abierta a discusión, aunque en contextos urbanos la evidencia apunta que existe una relación creciente entre output y accidentes<sup>14</sup>. Los distintos estudios no detectan prácticamente diferencia alguna en los costes según periodo del día. No obstante, en las grandes ciudades los costes marginales ambientales son más elevados como consecuencia de una mayor densidad de población y de una menor velocidad de circulación.

Estos resultados tienen implicaciones importantes para el esquema de precios óptimos. La internalización de los costes externos requiere un sistema de impuestos que varíe de acuerdo con la congestión, el gra-

<sup>14</sup> Ver Jansson (2000) y Sansom et al. (2001).

do de contaminación de los distintos vehículos, el nivel de ruido y los costes externos de los accidentes. Difícilmente un único impuesto puede cumplir con todos los objetivos. La reducción de la congestión requiere un impuesto variable en el tiempo y la distancia mientras que los costes medioambientales pueden internalizarse a través de un impuesto sobre el carburante. La internalización de los costes externos de ruido y accidentes es todavía más complicada. La incertidumbre que existe en el cálculo de estos costes sugiere que el uso de medidas regulatorias que complementen los impuestos puede ser una buena solución al menos en el corto plazo.

#### **4. RESTRICCIONES A LA FIJACIÓN DE PRECIOS DE ACUERDO CON EL COSTE MARGINAL**

A pesar de la clara justificación teórica que existe para fijar el precio de acuerdo con el coste marginal social, en muy pocas ciudades se ha avanzado en esta dirección. Las razones que explican la falta de aplicación de esta política son de índole diversa y pueden resumirse en los siguientes puntos<sup>15</sup>.

En primer lugar, un sistema de precios basado en el coste marginal asume que el resto de mercados se comportan de acuerdo con la regla de precios óptimos. Si ello no es así, los precios deberán desviarse de la regla de primera preferencia para tener en cuenta las distorsiones en otros mercados. Una primera implicación de esta crítica es que la aproximación a la fijación de precios óptimos debe hacerse de manera integrada para todos los mercados de transporte. Así, la política óptima de precios debe abarcar todos los medios de transporte (público y privado) y otros mercados relacionados con ellos, básicamente el precio por estacionar. Por otro lado, si persisten distorsiones en otros mercados –por ejemplo, el precio del suelo no refleja los costes de la expansión residencial– la regla de precio igual a coste marginal debe ser modificada para tenerlo en cuenta.

En segundo lugar, la fijación de un impuesto por el uso de la infraestructura genera una fuerte oposición entre la población. Ello es debido a que el grupo perdedor, los usuarios, puede constituirse fácilmente como grupo de interés y oponerse a esta medida. Además, los beneficios son más difíciles de percibir dado que tienen un carácter indirecto y, seguramente, su valor per capita es inferior. La cuestión que se plantea es si existe algu-

<sup>15</sup> Para una crítica al enfoque de tarificar de acuerdo con el coste marginal ver Rothengatter (2003) y para una defensa del mismo Nash et al (2003).

na forma de compensar a los perdedores para aumentar la aceptabilidad, sin dañar la eficiencia. Distintos estudios han puesto de manifiesto que el grado de aceptabilidad de esta política aumenta cuando los ingresos netos derivados de la misma se reinvierten en el propio sector transporte<sup>16</sup>.

En las áreas urbanas, los elevados costes de expansión de la capacidad aseguran que el grado de congestión óptimo generará unos ingresos superiores a los costes de la infraestructura. Desde la óptica teórica, estos ingresos deberían destinarse a aumentar el presupuesto o, alternativamente, a reducir otros impuestos en igual cuantía. Dado que en la mayor parte de países el vehículo soporta una fuerte fiscalidad, si se avanza hacia una generalización del sistema de impuestos óptimos para el uso de la infraestructura, existen razones para reducir la fiscalidad actual.

Sin embargo, para lograr que la política sea aceptable puede ser necesario que parte de los ingresos sean finalistas y se reinviertan en el sector transporte aun a costa de incurrir en pérdidas de eficiencia. Si ésta es la opción adoptada, es preciso que el destino finalista de los impuestos sea suficientemente flexible y amplio para evitar financiar proyectos de baja rentabilidad social y evitar que las inversiones incentiven nuevos viajes. La financiación de proyectos de inversión en transporte público puede ser una buena opción, dado que el problema de la congestión está ligado a una oferta insuficiente de estos medios de transporte. Por otro lado, un impuesto sobre el uso de la infraestructura genera un cambio modal hacia el transporte público que exigirá inversiones para mantener la calidad. Bajo estas premisas, un creciente número de investigadores, como Hau (1998) y Goodwin (2001), se han pronunciado a favor de buscar un equilibrio en el uso de los ingresos entre la reducción de impuestos y la asignación finalista a inversiones en el sector transporte.

Una tercera crítica es que la nueva política de precios dará lugar a consecuencias redistributivas no deseadas. En la medida que el uso del vehículo privado está altamente correlacionado con la renta, esta no debería ser una preocupación<sup>17</sup>. Sin embargo, es posible que existan colectivos

<sup>16</sup> Ver, por ejemplo, el proyecto AFFORD (Niskanen et al., 2001).

<sup>17</sup> Asensio et al (2002) concluyen que para las grandes ciudades españolas el impuesto sobre la gasolina tiene consecuencias distributivas ambiguas. Para las decilas de renta más baja, el impuesto puede considerarse progresivo. Sin embargo, a partir de cierto nivel, el impuesto es regresivo. Una evaluación de las potenciales consecuencias del impuesto de congestión en la equidad puede hallarse en Anderson y Mohring (1997) y Richardon y Bae (1998).

de usuarios con rentas bajas para los cuales el transporte privado sea la única alternativa para desplazarse. El impacto distributivo del impuesto puede quedar compensado por otras políticas que se adopten en paralelo. Por ejemplo, es frecuente acompañar la introducción de un sistema de peaje urbano con mejoras del transporte público, que tienen un impacto progresivo sobre la distribución. Por ello, parece más conveniente evaluar el impacto redistributivo en términos del conjunto de medidas que afectan al transporte urbano y no de forma individual.

Una de las principales objeciones a la tarificación según el coste marginal es la imposibilidad de diseñar un sistema de impuestos que varíe según el grado de congestión. El desarrollo de la tecnología relacionada con los sistemas electrónicos basados en el GPS muestra que la tecnología será factible en un futuro próximo, aunque de momento no está probada<sup>18</sup>. Además, el coste de los sistemas electrónicos ya disponibles sigue siendo elevado sobre todo en ciudades grandes con redes de transporte complejas. En un contexto de innovación tecnológica, se trata de hallar el grado de complejidad óptimo del sistema de precios, comparando los beneficios sociales que se derivan de un aumento de la diferenciación de precios con los costes de transacción asociados.

Por último, la tarificación de acuerdo con los costes marginales externos genera también dificultades de tipo institucional y legal. Por un lado, genera conflictos entre distintos niveles de gobierno respecto a la definición del área a gravar y el reparto de los ingresos excedentarios. Por el otro, la legislación puede ser contraria a ciertos tipos de tarificación que amenazan la privacidad de las personas.

Frente a las dificultades para fijar los precios de acuerdo con el coste marginal, se han buscado sistemas alternativos que persiguen el mismo objetivo. Es decir, reducir el uso de aquellos medios de transporte que no internalizan los costes externos que generan. Las alternativas consideradas son muy amplias e incluyen tanto instrumentos de carácter económico –impuesto sobre el carburante, tasas por estacionar o subvenciones al transporte público– como de carácter físico –prohibición de circular en determinadas áreas o gestión inteligente del tráfico.

<sup>18</sup> La Comisión Europea ha financiado varias investigaciones con el objetivo de estudiar las posibilidades tecnológicas de un impuesto variable en el tiempo y en el espacio (ver, por ejemplo, CAPRI). Los resultados apuntan que la tecnología avanza en la dirección correcta aunque deberán transcurrir todavía algunos años para poder poner en marcha un sistema basado en los satélites.

La evaluación económica de estas medidas alternativas concluye que las ganancias de bienestar derivadas de la implantación de sistemas que no discriminan de acuerdo con el coste marginal externo son siempre inferiores a las obtenidas mediante un sistema óptimo. En este sentido apuntan los trabajos de Verhoef et al (1995) y Proost y Van Dender (1998) cuando evalúan la posibilidad de reducir las externalidades mediante un impuesto sobre el carburante. Por su parte, Button (1998) analiza un amplio abanico de instrumentos para reducir la congestión y concluye que ninguno de ellos es una solución idónea a largo plazo. Sin embargo, es preciso señalar que las pérdidas relativas de bienestar generadas por los sistemas alternativos al óptimo son tanto menores cuanto menor es la diferencia en el coste marginal externo por usuario. Por ello, es posible que resulten opciones adecuadas en ciudades con un grado de congestión suficientemente homogéneo.

En el siguiente apartado se presenta un análisis de la evidencia empírica disponible sobre fijación de precios por el uso de la infraestructura en áreas urbanas. El análisis se basa, por un lado, en casos reales existente y, por el otro, en ejercicios de simulación realizados en diversas ciudades europeas.

## 5. ANÁLISIS DE LA EVIDENCIA EMPÍRICA SOBRE FIJACIÓN DE PRECIOS EN ÁREAS URBANAS

### 5.1. CASOS REALES<sup>19</sup>

La experiencia más antigua de implantación de un peaje para reducir la congestión es la de Singapur, donde en 1975 se estableció un sistema de pago para acceder al área central de la ciudad. En un primer momento el impuesto se limitó a las horas punta de la mañana y se eximió de pago a algunos vehículos. El resultado fue que el tráfico se redujo en las horas punta pero se trasladó fuera de este periodo. De manera gradual el sistema se extendió a todos los vehículos y a las distintas horas del día, aunque con tarifa diferenciada. La reducción inicial del tráfico en la zona restringida fue superior al 40%. En 1998 el sistema de cobro manual se sustituyó por un sistema electrónico con una tarifa variable en función de la congestión, a la vez que se amplió

<sup>19</sup> Existen además otras experiencias de tasas de congestión como la aplicación de peajes en las autopistas de entrada en París. Dado que se trata de alternativas de carácter más parcial aquí no se han revisado. Ver, por ejemplo, Small y Gómez-Ibañez (1998).

a otras zonas y carreteras de acceso. Este sistema ha logrado reducciones de tráfico adicionales del 15% en hora punta, aunque fuera de este periodo se observó un crecimiento del tráfico del 10%. En el primer sistema los costes de funcionamiento eran bajos (12% respecto a los ingresos). Sin embargo, estos costes aumentaron de forma significativa con el sistema electrónico.

**Cuadro 3. Impactos de los peajes urbanos**

Ciudad y año	Sistema	Tarifa	Reducción tráfico	Costes/ ingresos
Singapur, 1975	Zonal manual	Plana	-44%	12%
Singapur, 1998	Electrónico	Variable según hora y vehículo máximo 1.7 €	-15% punta	Alto
Bergen, 1986	Cordón, manual	Plana, 0.625 €	mínima	16%
Oslo, 1990	Cordón electrónico	Plana, 1.5€	mínima	11%
Torndheim, 1991	Cordón electrónico	Variable según hora, 1.25 /0.80€	-10% punta	Medio
Londres, 2003	Zonal, electrónico	Plana, 7.1€	-15%	59%

Fuente: Small y Gómez-Ibáñez (1998), Tretvik (2003) , Transport for London (2003)

Una segunda experiencia es la introducción de un sistema de cordón de peaje para acceder al centro en tres ciudades noruegas: Bergen (1986), Oslo (1990) y Trondheim (1991). En las tres ciudades el sistema se diseñó para financiar la construcción de nuevas infraestructuras de transporte. El importe del peaje es relativamente bajo comparado con el resto de costes de circulación y sólo existe diferenciación horaria en Trondheim. Por ello, el impacto sobre el tráfico sólo ha sido significativo en esta última ciudad, donde se ha observado una modificación del horario de los viajes y una reducción del flujo de viajes de entrada a la zona. El hecho de que la población resida mayoritariamente fuera del anillo y que las ciudades tengan un carácter monocéntrico otorga mayores ventajas a este sistema que no ha ocasionado desvíos significativos de tráfico entre rutas que podían haber generado fuerte congestión.

Sin embargo, las especiales características de Singapur y el marcado carácter monocéntrico de las ciudades noruegas hacen difícil que estas experiencias puedan ser trasladadas a otras ciudades europeas.

La reciente experiencia de Londres aporta un mayor información sobre las consecuencias de un impuesto de congestión<sup>20</sup>. En febrero del año 2003 se estableció un peaje de 7.1 euros por circular por el área central de Londres que, tal como se ha puesto de manifiesto en el cuadro 1, soporta un alto nivel de congestión. El peaje tiene como única finalidad reducir el nivel de tráfico. Los resultados después de los primeros meses muestran una reducción del tráfico y de la congestión superior a la prevista. El tráfico en el área central se ha reducido entre un 10 y un 15%, lo que ha permitido una reducción del tiempo de viaje dentro del área del 16% y un aumento de la fiabilidad del 30%. Entre un 50 y un 60% de la reducción del tráfico, corresponde a viajeros que han cambiado al transporte público. No se ha producido un aumento de congestión en la periferia del área sujeta a peaje. En el otro lado de la balanza se sitúan los costes de funcionamiento de este sistema que alcanzan un 59% de los ingresos, debido a los altos costes del sistema de control electrónico. Un análisis preliminar de costes y beneficios apunta que el impuesto tiene unos beneficios sociales positivos, respecto al escenario “no actuar”. Además, el grado de aceptación de este impuesto ha sido superior al esperado.

La evidencia disponible nos muestra cómo aumentos en el precio suficientemente altos tienen un efecto significativo sobre la demanda que puede contribuir de forma relevante a la reducción de la congestión. El riesgo de un sistema excesivamente simple es que parte del tráfico evada el impuesto y traslade la congestión hacia otras zonas u horas del día.

## 5.2. MODELOS DE SIMULACIÓN

La voluntad de reducir los costes externos en las áreas urbanas ha impulsado múltiples investigaciones que tienen como finalidad evaluar distintas políticas de precios en términos de bienestar social. Estos estudios utilizan modelos de simulación que interaccionan un modelo de comportamiento de la demanda con un modelo de asignación del tráfico a la red. Cada uno de ellos contempla la optimización conjunta del sistema de transporte urbano, bajo unas restricciones similares a las de un contexto real. Los mecanismos de precio utilizados varían entre los

<sup>20</sup> Para un análisis más amplio de los resultados ver Transport for London (2003).

distintos estudios pero a grandes rasgos incluyen los siguientes: un peaje variable con la distancia por circular en determinados tramos de la red, un sistema de cordón de peaje para acceder al centro de la ciudad, un sistema de peaje zonal para circular dentro de una área restringida, un sistema de peaje electrónico variable según la distancia, el tiempo o la congestión, un impuesto sobre la gasolina, el precio del aparcamiento y el precio del transporte público. Un resumen de las principales características de las investigaciones analizadas se presentan en el anexo mientras que aquí se aportan las conclusiones.

Un primer aspecto que merece ser destacado es que existe una elevada unanimidad en las conclusiones alcanzadas por los distintos estudios, a pesar que difieren en cuanto al enfoque metodológico y a los modelos de simulación empleados. Este resultado otorga una mayor validez a las implicaciones de política de transporte que de ella se derivan.

Los estudios muestran que el beneficio social máximo se obtiene con un sistema de precios igual al coste marginal social externo. El precio óptimo debe ser variable en el tiempo, la distancia y el área y su nivel depende esencialmente del grado de congestión. Así, en el centro de las ciudades fuertemente congestionadas, como Londres o Bruselas, el impuesto se situaría alrededor de 0.55 euros por kilómetro, mientras que en ciudades donde la congestión es menor, como Helsinki, su valor óptimo sería de 0.10 euros.

Un sistema de precios óptimo consigue importantes reducciones de tráfico sobre todo en horas punta y un trasvase de usuarios al transporte público. Los estudios revisados muestran reducciones de tráfico que oscilan entre un 5 y un 30% . Dada esta reducción, los mayores beneficios del impuesto se derivan de los ahorros de tiempo y del aumento en la fiabilidad de los viajes. De Palma et al (2003) estiman para París que los beneficios que obtienen los usuarios en términos de tiempo son entre 2 y 4 veces superiores a los beneficios derivados de la reducción de los otros costes externos.

El sistema óptimo de precios, no obstante, se enfrenta a restricciones tanto tecnológicas como de aceptabilidad difíciles o imposibles de superar. Además, ninguna de las simulaciones analizada tiene en cuenta los costes de transacción de sistemas tan complejos de precios. Por ello, resulta de mayor interés conocer cuál es el impacto de políticas de precios alternativas. En este sentido, todos los estudios concluyen que esquemas de precios simplificados siguen generando beneficios sociales netos positivos.

La efectividad de la política de precios será tanto mayor cuanto más amplia sea la base sobre la que actúe. Así, la simulación realizada en la ciudad de París muestra que los peajes restringidos a algunas de las autopistas de entrada tienen una escasa efectividad, dado que la mejora de la congestión en estas vías se ve compensada por el aumento de la congestión en las vías libres de peaje. Una situación similar se observa cuando el sistema de peaje recae sólo sobre los vehículos que entran a la ciudad (sistema de cordón). En este caso, los beneficios del impuesto se ven parcialmente compensados por un aumento de los viajes en el interior del área (las simulaciones en Bruselas y París evidencian este resultado). Por ello, las políticas de precios orientadas a reducir la congestión deberán cubrir la mayor parte posible de la red de transporte. Un sistema de peaje zonal basado, por ejemplo, en la distancia recorrida supera al sistema más simple de cordón.

Adicionalmente, los estudios muestran que una diferenciación del impuesto respecto a periodos horarios y zonas de la ciudad, consigue aumentos significativos de eficiencia. La evidencia empírica confirma los resultados de algunos análisis teóricos, como Small (1992) y Arnott et al. (1993), que concluyen que las ganancias de eficiencia derivadas de alterar las decisiones relacionadas con el horario de los viajes, pueden superar las ganancias derivadas de alterar el número de viajes u otras decisiones del viajero. La decisión respecto al número óptimo de tramos horarios deberá tomarse comparando los beneficios y costes de introducir un tramo adicional. Larsen y Otsmoe (2001) concluyen para la ciudad de Oslo, y dada la tecnología actual, que una distinción entre dos periodos horarios es suficiente.

El impuesto sobre el carburante es un instrumento poco efectivo para reducir la congestión tanto desde el punto de vista espacial (no discrimina entre áreas) como temporal (no discrimina entre periodos punta y no punta). Sólo un impuesto suficientemente alto para reducir el volumen de tráfico de manera sustancial conseguiría mejoras en la congestión. Dado que la demanda es inelástica respecto al precio de la gasolina, este aumento de precios debería ser muy elevado. No obstante, de Palma et al. (2003) muestran para la ciudad de Oslo que este impuesto es efectivo para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Los modelos de simulación dinámicos concluyen que es preferible introducir sistemas simples de base amplia a esperar que la tecnología permita una solución más sofisticada. Estos sistemas pueden ser considerados como un primer paso en la tarificación óptima que a la vez pueden

#### Cuadro 4. Principales resultados de los estudios de simulación

Autor/Ciudad	Impuesto	Tarifa	Otras medidas	Tráfico
Van Dender (2002)	Cordón acceso	0.76 € por veh-km en hora punta	Precio tr. público óptimo	-1.5%
Bruselas	centro			
	Sistema óptimo, variable distancia y tiempo	0.55 € veh-km hora punta 0.19 € veh-km hora valle Trayecto medio entre 2.1 € y 2.7 €	Precio tr. público y tasa por aparcar óptimos	-9.1%
De Palma et al (2003)	Cordón acceso	Trayecto medio entre 3 y 6 €	n.d.	n.d.
París	centro	según hora del día		
De Palma et al (2003)	Sistema zonal	1.70€ para acceder área	Aumento 75% impuesto gasolina y subvención	-20%
Helsinki		0.85€ por circular en área	tr. público	
	Sistema óptimo, variable espacio y tiempo	0.10€ veh-km centro ciudad 0.03€ veh-km frontera área metropolitana	Aumento 150% impuesto gasolina y subvención tr. público	-30%
De Palma et al (2003)	Cordón acceso	3 € hora punta 1 € hora valle	Precio tr. público óptimo y aumento	-18%
Oslo	centro		impuesto gasolina de 0.41 € por litro	
Mattsson (2003)	Sistema zonal	1.1€ por zona cruzada	-	-19%
Estocolmo	Variable distancia zona y hora	0.45€ veh-km centro punta 0.22€ veh-km centro no punta 0.11 € periferia punta	-	centro punta -35% -19% no punta
Larsen y Ostmoe (2001)	Cordón acceso centro, variable	2.7€ hora punta 1 € hora valle	-	n.d.
Oslo	según hora			

Santos,	Cordón	Entre 0.7 y 1.26€	-	Entre -6%
Newbery y	acceso	según ciudad		y -25%
Rojey (2002)	centro	para acceder al área		
Reino Unido				
Dodgson et al	Impuesto	Londres centro:	-	-18.5%
(2002)	óptimo	0.57 € veh-km		
Reino Unido	según	Londres 1ª corona:		-15.9%
	congestión	0.37 € veh-km		
		Londres 2ª corona:		-11.5%
		0.22 € veh-km		
		Ciudades grandes:		-7.8%
		0.13 € veh-km		
		Ciudades medias:		-4.8%
		0.09 € veh-km		

ayudar a aumentar su grado de aceptabilidad pública. En la medida en que las restricciones tecnológicas desaparezcan será posible avanzar hacia sistemas más complejos que permitan una mejor internalización de los costes externos.

En un contexto de segunda preferencia, el mayor aumento de bienestar se obtiene cuando se realiza una aproximación integrada al sector transporte. En el ámbito urbano, ello implica determinar conjuntamente el impuesto por el uso de la infraestructura, el precio del transporte público, el precio del estacionamiento y, a largo plazo, el nivel de inversión. Dado que el transporte público genera unos costes externos por pasajero transportado menores que el transporte privado, el precio óptimo de segunda preferencia debe incorporar una subvención cuando el transporte privado no paga todos sus costes. No obstante, dada la baja elasticidad cruzada entre la demanda de transporte privado y el precio del transporte público, la efectividad de esta política para reducir la congestión es limitada<sup>21</sup>. Por otro lado, el estudio elaborado por Van Dender (2001) destaca que la fijación de un precio por aparcar de acuerdo con el coste de oportunidad del espacio es un elemento crucial en la política de transporte urbano. De tal forma que esta política explica un 30% de las ganancias de bienestar derivadas de un sistema de precios óptimo. Estas ventajas se consiguen bajo la hipótesis de que el precio refleja su coste

<sup>21</sup> Para un análisis del papel de las elasticidades en la eficacia de la política de precios ver Quinet (2003).

de oportunidad. Sin embargo, en gran parte de las ciudades el mercado de las plazas de estacionamiento dista mucho de ser eficiente. Por un lado, existen plazas en la calle subvencionadas y, por el otro, algunas empresas ofrecen plazas gratuitas a sus empleados y clientes.

La inversión en transporte público juega un papel esencial en el éxito del sistema de precios. Primero, esta inversión es necesaria para absorber el cambio modal desde el transporte privado al público, que se genera como resultado de la política de precios. Segundo, un transporte público de calidad potencia los resultados del mecanismo de precios mediante la captación de usuarios adicionales. Ello es así porque la demanda de transporte privado es más sensible al precio cuando existe una buena alternativa<sup>22</sup>. Los beneficios de la política de precios serán tanto más elevados como más elástica sea la demanda respecto al precio. Por último, las pérdidas de bienestar de los usuarios del transporte privado serán menores si tienen una buena alternativa de transporte público.

No obstante, las políticas de segunda preferencia pueden generar problemas en un contexto dinámico cuando el equilibrio relevante no es duradero. Así, por ejemplo, en la medida en que las restricciones tecnológicas desaparezcan y el precio se fije de acuerdo con los costes externos que genera el transporte privado, la subvención óptima al transporte público disminuye de forma significativa. Es preciso preguntarnos si una política que aumentara el precio del transporte público y privado a la vez sería aceptable desde el punto de vista social, aunque se justifique en términos de eficiencia. Es necesario, pues, considerar con cautela las distintas políticas formuladas en un contexto de no optimalidad.

## 6. CONCLUSIONES

En la mayoría de las grandes áreas urbanas los costes externos derivados del sistema de transporte cuestionan su sostenibilidad futura. El objetivo de este artículo ha sido examinar hasta qué punto el precio puede ser el mecanismo básico que garantice el uso eficiente de la infraestructura. El sistema actual de precios por el uso de la infraestructura en contextos urbanos queda muy lejos tanto del nivel como de su estructura óptima. De acuerdo con las estimaciones disponibles, el precio que los automovilistas pagan por circular es claramente inferior al coste que imponen y no refleja su variación en el tiempo ni en el espacio.

<sup>22</sup> Matas y Raymond (1999) ponen de manifiesto este resultado para las autopistas de peaje en España.

La evidencia empírica revisada muestra que la introducción de un sistema de precios de acuerdo con los costes marginales externos genera importancias ganancias de bienestar, que son tanto mayores como más altas son las externalidades. No obstante, las dificultades de implantación limitan las ventajas del mecanismo de precios. Para conseguir los objetivos, un sistema de precios óptimos incurre en unos costes de transacción excesivos y la tecnología necesaria todavía no está disponible. Afortunadamente, la investigación realizada también muestra que un sistema de precios simplificado sigue generando beneficios sociales positivos y, en la mayoría de los casos, el mecanismo de precios supera al resto de alternativas. Aunque en ciudades con niveles de congestión poco severos, el uso de mecanismos alternativos al precio pueda lograr los objetivos con un menor coste.

Dada la interrelación que existe entre los distintos medios de transporte en áreas urbanas, es preciso una política integrada que contemple tanto la fijación de precios como las decisiones de inversión. En un contexto de segunda preferencia, el sistema de precios debe determinarse conjuntamente para el transporte público y privado. Por otro lado, si se desea minimizar las pérdidas de bienestar que un impuesto de congestión genera sobre los usuarios, es preciso disponer de una red de transporte público de calidad. La falta de alternativas de transporte público con la suficiente capacidad y calidad puede limitar la implantación de la política de precios, al menos en el corto plazo.

En relación con el sistema de precios por el uso de la infraestructura, la primera característica que debe cumplir es que afecte a la mayor parte posible de la red para evitar desvíos entre rutas o zonas. El mecanismo para conseguirlo depende de la forma urbana de la ciudad. En ciudades pequeñas de marcado carácter monocéntrico, es posible que un sistema de peaje para acceder al área central sea suficiente. Por contra, en las grandes ciudades más policéntricas el sistema deberá ser más complejo. La segunda dificultad reside en determinar cuál debe ser el grado de diferenciación tanto temporal como territorial. La elección de la estructura y nivel de precios deberá hacerse comparando los beneficios marginales de la diferenciación con los costes de transacción de introducirlo. Los avances técnicos permitirán en el futuro una reducción de los costes de transacción a la vez que un sistema de precios más eficiente.

Es preciso también destacar que no todos los costes externos pueden ser internalizados mediante un impuesto. En concreto, los costes ambien-

tales de ruido y los costes de accidentes deben ser tratados mediante políticas de regulación.

Finalmente, concluir que una política de precios por si sola no puede resolver la complejidad del problema del transporte urbano. Es preciso que los precios, la política de inversión en infraestructura y la planificación territorial actúen de manera coordinada para promover un sistema de ciudad sostenible.

### **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer los comentarios y sugerencias del profesor Javier Asensio. También quiero agradecer la colaboración del Ministerio de Fomento a través del Proyecto de Investigación Coordinado “Costes, precios y externalidades para las infraestructuras de transporte”.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, D. Y H. MOHRING (1997), "Congestion Costs and Congestion Pricing", en Greene, Jones y Delucchi (eds), *The Full Costs and Benefits of Transportation*, Springer Verlag, 315-336.
- ARNOTT, R., A.DE PALMA Y R. LINDSEY (1993), "A structural model of peak period congestion: A traffic bottleneck with elastic demand", *American Economic Review*, 83, 161-179.
- ARNOTT, R., A. DE PALMA Y R.LINDSEY (1998), "Recent developments in the bottleneck model" en Button and Verhoef (eds.), *Road pricing, Traffic congestion and the Environment*, Edward Elgar, 79-110.
- ASENSIO, J., A.MATAS Y J.L.RAYMOND (2002), "Petrol expenditure and redistributive effects of its taxation in Spain", *Transportation Research A*, 37, 49-69.
- BOSSCHE, M. A. VAN DEN, ET AL (2003), "Guidance on adapting marginal cost estimates". UNITE, D15, Funded by 5th Framework RTD Programme, Netherlands Economic Institute, Rotterdam.
- BUTTON, K.J. (1998), "Road pricing and the alternatives for controlling road traffic congestion" en Button and Verhoef (eds.), *Road pricing, Traffic congestion and the Environment*, Edward Elgar, 113-135.
- BUTTON, K.J. Y E.T. VERHOEF (1998), "Road Pricing, Traffic Congestion and the Environment", Edward Elgar, Cheltenham.
- DE BORGER, B. Y S.PROOST (2001), "Reforming Transport Pricing in the European Union", Edward Elgar, Chentelham.
- DE PALMA, A., R.LINDSEY, P.MOILANEN, S.PROOST AND A.VOLD (2003), "Implementation of Marginal Cost Pricing in Urban Transport- Integrated Conceptual and Applied Model Analysis (MC-ICAM)", *fourth seminar of the IMPRINT-EUROPE*, Bruselas.
- DE RUS, G., J.CAMPOS Y G. NOMBELA (2003), *Economía del transporte*, Antoni Bosch, Barcelona.
- DODGSON, J., J. YOUNG, AND P. VAN DER VEER (2002) "Paying for road use: technical report". *Commission for Integrated Transport*, Londres.
- EC (1995), "Towards fair and efficient pricing in transport. Policy options for internalising the external costs of transport in the European Union", *Green Paper*, Brussels.
- EC (1998), "Fair Payment for Infrastructure Use: A phased approach to a common transport infrastructure charging in the EU", *White Paper, Com*, 466, FINAL.
- EC (2001), "European transport policy for 2010: time to decide", *White Paper*.
- GOODWIN, P. (2001), "What are the arguments really about? Transport pricing and broader economic and environmental objectives", *paper presented at the first IMPRINT Seminar*, Bruselas.
- GOODWIN, P. (2003), "The economic costs of congestion when capacity is constrained: Lessons from congestion charging in London", *16th International Symposium on*

- Theory and Practice in Transport Economics*, ECMT, Budapest.
- HAU, T.D. (1992), "Economic Fundamentals of Road Pricing. A Diagrammatic analysis", *World Bank Working Paper*, 1070.
- HAU, T.D. (1998), "Congestion pricing and road investment" en Button and Verhoef (eds.), *Road pricing, Traffic congestion and the Environment*, Edward Elgar, pp.39-78.
- IWW/INFRAS (2000), "External Costs of Transport", Zürich/Karlsruhe.
- JANSSON, J.O. (1998), "Teoría y práctica de la tarificación de infraestructuras de transporte y del transporte público" en de Rus y Nash (coordinadores), *Desarrollos recientes en economía del transporte*, IDE y Civitas, 133-217.
- JANSSON, J.O. (2000), "Transport infrastructure: the problem of optimum use", en Polack y Heertje (eds.), *Analytical Transport Economics*, Edward Elgar, 172-207.
- LARSEN, O.I. Y OSTMOE, K. (2001), "The experience of urban toll cordons in Norway: Lessons for the future", *Journal of Transport Economics and Policy*, 35, 457-471.
- MATAS, A. Y J.L.RAYMOND (1999), "Elasticidad de la demanda en las autopistas de peaje", *Papeles de Economía Española*, 82, 140-165.
- MATTSON, L.G. (2003), "Modelling road pricing reform in Stockholm", *Royal Institute of Technology, Department of Infrastructure, Unit of Transport and Location Analysis*, Estocolmo (SUECIA).
- MAYERES, I. Y K. VAN DENDER (2001), "The external costs of transport", en De Borger y Proost (eds.) *Reforming Transport Pricing in the European Union*, Edward Elgar, 135-169.
- NASH, C., T.SANSOM Y B.MATTHEWS (2000), "Pricing European Transport Systems PETS", *4th Framework Programme, final report*. University of Leeds, Leeds.
- NASH, C. Y T. SANSOM, (2001), "Pricing European Transport Systems: Recent Developments and Evidence from Case Studies", *Journal of Transport Economics and Policy*, 35, 363-380.
- NASH, C., B. MATTHEWS Y B.MENAZ (2003), "Why reform transport prices? An overview of European transport infrastructure charging policy and research", *paper presented at the IMPRINT-EUROPE Special conference for NAS*, Budapest.
- NEWBERY, D.M. (1990), "Pricing and congestion: economic principles relevant to road pricing", *Oxford Review of Economic Policy*, 6, 22-38.
- NISKANEN ET AL. (2001), "Acceptability of fiscal and financial measures and organisational requirements for demand management (AFFORD)", *Final Report, funded by 4th Framework RTD Programme*, VATT, FINLANDIA.
- OCDE (1994), "Internalising the social costs of transport", *European Conference of Ministers of Transport*, París.
- PIGOU, A.C. (1920), "The Economics of Welfare", first edition, McMillan, London.
- PROOST, S. Y K. VAN DENDER (1998), "Variabilization of car taxes and externalities", *Road pricing, Traffic congestion and the Environment*, Edward Elgar, 136-149.

- QUINET, E. (2003), "Scope and limits of charging as a means of promoting sustainable development", *16th International Symposium on Theory and Practice in Transport Economics*, ECMT, Budapest.
- RICHARDSON, H.W Y C.H.C BAE (1998), "The equity impacts of road congestion pricing", en Button and Verhoef (eds.), *Road pricing, Traffic congestion and the Environment*, Edward Elgar, 247-262.
- ROTHENGATTER, W (2003), "How good is first best? Marginal costs and other charging principles for user charging in transport", *Transport Policy*, 10, 121-130.
- SANSOM, T., C. NASH, P. MACKIE, J. SHIRES Y P. WATKISS (2001), "Surface Transport Costs and Charges: final report", Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- SANTOS, G., D. NEWBERY Y L.ROJEY (2002), "Static versus demand-sensitive models and estimation of second-best cordon tolls", *Transportation Research Record*, 1747, 44-50.
- SMALL, K. (1992), "Urban Transportation Economics", Harwood Academic Publishers.
- SMALL, K. Y J.A.GÓMEZ-IBAÑEZ (1998), "Road pricing for congestion management: The transition from theory to policy", en Button and Verhoef (eds.), *Road pricing, Traffic congestion and the Environment*, Edward Elgar, 213-246.
- TRANSPORT FOR LONDON (2003), Congestion changes. Six months on, Congestion Charging Division, october. ([www.tfl.gov.uk/tfl/cc\\_intro.shtml](http://www.tfl.gov.uk/tfl/cc_intro.shtml)).
- TRETVIK, T. (2003), "Norway's toll rings: Full scale implementation of urban pricing", IMPRINT-EUROPE, seminar on *Implementing pricing policies in Transport*, Budapest.
- VAN DENDER (2001), "Testing alternative transport pricing policies for Brussels", en De Borger y Proost (eds.), *Reforming Transport Pricing in the European Union*, Edward Elgar, 211-244.
- VERHOEF, E., P.NIJKAMP, Y P.RIETVELD, (1995), "Second-best Regulation of Road Transport Externalities", *Journal of Transport Economics and Policy*, 29, 147-167.
- VICKREY, W. (1963) "Pricing in urban and suburban transport", *American Economic Review: Paper and Proceedings*, 53, 452-465.
- WALTERS, A.A. (1961), "The theory and measurement of marginal private and social costs of highway congestion", *Econometrica*, 29, 676-699.

## ANEXO:

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS MODELOS DE SIMULACIÓN

El primer estudio revisado corresponde a la ciudad de Bruselas y forma parte de un proyecto de investigación financiado por el IV Programa Marco de la Comisión Europea (TRENEN-II-STRAN). Los principales resultados del proyecto pueden consultarse en de Borger y Proost (2001) y la simulación para Bruselas en Van Dender (2001). El estudio modeliza tres esquemas de precios alternativos para la ciudad de Bruselas: un sistema de precios óptimo que internaliza de forma adecuada todos los costes externos y que se utiliza como valor de referencia; un sistema de peaje de cordón que grava sólo los vehículos que acceden al centro de la ciudad y un sistema de precios uniforme basado en un aumento del impuesto sobre la gasolina. La determinación de los precios óptimos en cada caso se realiza conjuntamente con el precio del transporte público y del aparcamiento.

Las simulaciones toman como punto de partida la estimación de los costes externos presentada en el cuadro 1 de este artículo. Los resultados muestran que las ganancias máximas de bienestar se alcanzan con un sistema de precios que internalice todos los costes externos juntamente con una tarifa por aparcar que refleje el coste de oportunidad del espacio urbano. En este caso se observa una clara diferenciación del impuesto óptimo por hora del día (0.55 euros por vehículo-km en hora punta y 0.19 euros por vehículo-km en hora valle. Como referencia del orden de magnitud, el impuesto óptimo para un viaje al centro de Bruselas en hora punta oscilaría entre 2.1 y 2.7 euros, mientras que fuera de esta hora el impuesto se situaría entre 0.7 y 0.9 euros. Cuando la tasa por aparcar no es la correcta, el impuesto óptimo es claramente más alto. La introducción de un sistema de peaje de cordón para acceder al área central, genera también beneficios positivos aunque alejados del máximo (54% respecto al beneficio máximo alcanzable). Estos beneficios aumentan hasta un 70% cuando la tasa por aparcar es óptima. En este caso el impuesto para acceder al centro de Bruselas se sitúa en 0.76 euros por vehículo-km. La reducción del tráfico en el área central sería de -9.1% con el impuesto óptimo y -1.5% con el sistema de cordón. Por contra, el modesto aumento de la fiscalidad sobre la gasolina que se simula no tiene prácticamente consecuencias sobre el tráfico y, por consiguiente, sobre el nivel de bienestar. La reducción más alta de los costes externos adicionales a la congestión se produce también en el escenario óptimo.

En segundo proyecto de investigación revisado es MC-ICAM financiado por el V Programa Marco de la Comisión Europea. Los resultados pueden consultarse en de Palma et al (2003). El énfasis de este estudio reside en los problemas y restricciones a la implantación de la política de precios óptima. Para ello simula la implantación gradual de un sistema de precios en un período de tiempo largo durante el cual desaparecen algunas de las restricciones, básicamente tecnológicas y de aceptación, que impiden un impuesto óptimo en el corto plazo. La simulación se lleva a cabo en varias ciudades europeas. En cada una de ellas se toma la situación actual como escenario de referencia y se simulan distintos estados intermedios y un resultado de largo plazo. En cada uno de los escenarios se calculan los precios óptimos sujetos a las restricciones vigentes y su impacto sobre el bienestar. Para cada ciudad los modelos difieren en cuanto a la estructura matemática, las elecciones factibles para los individuos y los sistemas de precios evaluados. Los resultados deben contemplarse como complementarios. Aquí se destacan las simulaciones llevadas a cabo en París, Helsinki y Oslo.

En París se simula la introducción gradual de un sistema de peaje. En el año 2002 el impuesto refleja la situación de partida en la que sólo existe peaje para algunas autopistas de acceso a la ciudad; en el año 2005 se extiende el peaje a todas las autopistas radiales; en el año 2008 se sustituyen los peajes radiales por un cordón alrededor de la ciudad con tarifa plana, primero, y variable según la congestión después; por último en el año 2012, se introduce un sistema de pago basado en la distancia. Los resultados ponen de manifiesto que los beneficios sociales aumentan a medida que el impuesto se sofisticaba. Se observa que la introducción de un peaje sólo en un número reducido de autopistas genera unos beneficios muy pequeños, dado que el tráfico se traslada a las vías alternativas libres de peaje. La sustitución de una tarifa plana por una tarifa variable en el tiempo permite aumentar de forma significativa los beneficios. Para un recorrido medio el impuesto óptimo oscilaría entre 3 y 6 euros según el nivel de congestión.

En Helsinki las simulaciones se llevan a cabo mediante un modelo que interacciona demanda y usos del suelo. El modelo evalúa distintas combinaciones de instrumentos con el objetivo de maximizar el bienestar social. Los mejores resultados se obtuvieron con la siguiente combinación: un impuesto sobre la gasolina tal que aumentara su precio en un 150%; una reducción del 50% de las tarifas de transporte público urbano y un impuesto de congestión en hora punta que oscila entre 0.10 euros

por kilómetro en el centro y 0.03 euros por kilómetro en la frontera del área metropolitana. La implantación de esta combinación debe ser gradual dado que es difícil que los ciudadanos acepten subidas tan fuertes del precio de la gasolina, cuando ya soportan una fiscalidad elevada. Además, se considera que la tecnología para el sistema electrónico no estará disponible hasta el año 2020. En ausencia de este sistema electrónico, se simula un sistema de peaje vía cordón con una tarifa plana de 1,7 euros para acceder al área central y 0.85 euros para circular por ella. En el óptimo el tráfico se reduce en un 30%, asimismo se observa una reducción de la congestión y del resto de externalidades. También tiene lugar un cambio modal significativo desde el coche privado hacia el transporte público.

En Oslo se analiza el impacto derivado de un impuesto de congestión bajo dos supuestos (el segundo incluye una tasa adicional sobre la gasolina por emisión de  $\text{CO}_2$ ) y dos ritmos de implantación ligados a distintas restricciones tecnológicas y de aceptabilidad. Las restricciones tecnológicas sólo permiten un impuesto óptimo a partir del año 2015. Además se imponen restricciones de equidad, financieras y límites al nivel de los impuestos. Las comparaciones se realizan respecto a la situación actual que ya incluye un peaje tipo cordón. El modelo considera posibles combinaciones de dos variables, un impuesto según hora del día y las tarifas de transporte público. Los resultados muestran que los beneficios sociales son mayores para el escenario que incluye la tasa de  $\text{CO}_2$  y en la estrategia que incorpora menos restricciones. La tarifa óptima se sitúa alrededor de 3 euros en hora punta y 1 euro en hora valle y permite una reducción del tráfico alrededor del 18%. Esta tarifa es menor cuando se incluye un impuesto adicional sobre el consumo de gasolina.

Mattsson (2003), analiza las consecuencias de dos escenarios distintos de precios para la ciudad de Estocolmo. En el primero se aplica un sistema de precios zonal y en el segundo un sistema variable con la distancia. En el sistema de precios zonal un vehículo paga 1.1 euros por entrar en el área y cada vez que cruza una de las cinco zonas en las que se subdivide el área. No existe diferenciación entre horas. Este sistema logra reducir el tráfico en 30% en horas punta y un 19% diario en el área central y en un 4% en el conjunto del área metropolitana. Los costes de funcionamiento de este sistema se sitúan alrededor de 14% de los ingresos brutos. En el segundo escenario se fija un impuesto que varía según la distancia recorrida y el grado de congestión el área. La tarifa por kilómetro oscila entre 0.45 euros en hora punta y 0.22 euros en hora valle;

en la zona de menor congestión sólo se grava 0.11 euros en hora punta. La reducción del tráfico en hora punta y fuera de ella es respectivamente de un 35% y un 19%. Este impuesto variable exige un sistema de cobro electrónico para el cual no existen datos sobre sus costes.

Larsen y Ostmen (2001) evalúan el cambio del sistema de cordón actual a un sistema de peaje relacionado con la congestión en la ciudad de Oslo. Se proponen hasta cuatro alternativas con distintas posibilidades de variación de la tarifa a lo largo del día. Los autores concluyen que cualquiera de estas alternativas genera un aumento del bienestar social. No obstante, la mayor parte de estos beneficios se obtienen al pasar de 1 a 2 tarifas, diferenciaciones adicionales dentro de las horas punta sólo consiguen aumentos marginales de bienestar. Las tarifas óptimas en hora punta y valle se sitúan en 2.7 euros y 1 euro, respectivamente.

Santos, Newbery y Rojey (2002) calculan el peaje óptimo con un sistema de cordón en ocho ciudades del Reino Unido. En todos los casos se observa un aumento del bienestar que es tanto mayor cuanto más inelástica es la demanda. El impuesto reduce la congestión, el tiempo medio de viaje y los costes totales. El peaje de cordón genera un desplazamiento del tráfico hacia las afueras de la ciudad. Esto implica que para peajes altos, el aumento de la congestión en la periferia supere la disminución en el centro con la consiguiente pérdida de bienestar. Para una elasticidad precio igual a  $-0.4$ , el peaje óptimo oscila entre 0.5 y 3 euros. La reducción de los vehículos que acceden al área central se sitúa entre un 6 y un 25% mientras que la reducción del tráfico total se sitúa entre un 0.9 y un 4.8%.

Por último se presenta la estimación del impuesto de congestión óptimo realizada por Dodgson et al (2002) para distintas áreas del Reino Unido. El estudio pone de manifiesto la fuerte variabilidad del impuesto óptimo según el nivel de congestión. Así, mientras en Londres el impuesto sería de 0.57 euros por kilómetro recorrido en las ciudades con poca congestión se reduciría a 0.03 euros por kilómetro. Este impuesto todavía sería menor en carreteras rurales. Los autores muestran que el impuesto tiene un fuerte impacto sobre el tráfico que, a su vez, se traduce en una fuerte reducción de la congestión.