



Revista de Ingeniería

ISSN: 0121-4993

reingeri@uniandes.edu.co

Universidad de Los Andes

Colombia

Salas Rondón, Miller  
Gestión de la movilidad mediante tarifas  
Revista de Ingeniería, núm. 29, mayo, 2009, pp. 129-136  
Universidad de Los Andes  
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121013257016>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Gestión de la movilidad mediante tarifas

## Congestion Management Using Tolls

Recibido 25 de marzo de 2009, modificado 26 de junio de 2009, aprobado 1 de julio de 2009.

### Miller Salas Rondón

PhD. Profesor asociado. Director del Grupo de Investigación Transporte, Infraestructuras y Territorio-GITIT. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, Colombia.  
miller.salas@upbbga.edu.co✉

#### PALABRAS CLAVES

Congestión, infraestructuras, movilidad, tarificación.

#### KEY WORDS

Congestion, infrastructure, mobility, pricing.

#### RESUMEN

La implantación de una tarifa para gestionar la movilidad está siendo ampliamente empleada por diversos gobiernos para paliar los costos externos sociales. Dichos costos se producen cuando la demanda excede la capacidad limitada de las carreteras. Además de reducir la congestión, la tarifa permite generar recursos para fortalecer el transporte público, crear infraestructura e implementar innovaciones que mejoren la movilidad de los habitantes. Este artículo pretende identificar los diferentes aspectos teóricos, tecnológicos, prácticos y las barreras de oposición que implica adoptar este tipo de soluciones para gestionar los problemas de movilidad en las zonas urbanas con carreteras congestionadas.

#### ABSTRACT

The introduction of a fee to manage mobility is widely used by many governments to mitigate the social costs. These costs occur when the demand exceeds the road capacity. Moreover, in order to reduce congestion, the fee can generate revenues for strengthening public transport, create infrastructure and implement innovations that improve the mobility of the inhabitants. This article aims to identify the different theoretical, technological and practical aspects also including the opponents of this policy that implies the adoption of this type of solutions to manage the mobility problems in congested urban roads.

## INTRODUCCIÓN

A partir de las actuales dinámicas de crecimiento urbano y metropolitano –en las que se requiere recorrer grandes trayectos y donde la estructura urbana y la densidad poblacional limitan la eficacia del transporte público en cuanto a servicio y frecuencia– el uso del coche se ha masificado y sus ventajas (mayor movilidad, comodidad, libertad, status, disponibilidad, servicio puerta a puerta, etc.) y costos sociales no percibidos han hecho que su crecimiento sea notable y, por ende, el de la movilidad.

Para atender el crecimiento permanente de la demanda y la movilidad en los distintos modos, se requiere el desarrollo de grandes infraestructuras que permitan la cohesión del territorio con el fin de hacerlo accesible tanto a las relaciones sociales como a la producción de bienes y servicios. Sin embargo, la construcción de un mayor número de kilómetros de carreteras y accesos, por un lado, tensiona un territorio escaso y ambientalmente sensible y, por otro, requiere de mayores recursos para su mantenimiento; además, produce y atrae una mayor cantidad de demanda (viajes o veh-km). Se ha demostrado que un incremento en la oferta de infraestructuras (las cuales actúan como medio canalizador de la demanda y como condición necesaria de su desarrollo) no ha sido una solución eficaz para detener las crecientes expectativas de una mayor y mejor movilidad que exige un servicio eficiente y de calidad, especialmente en las carreteras metropolitanas donde el fenómeno del *commuting* (viajes regulares hogar-trabajo y viceversa) conlleva a operar a capacidad durante las horas de mayor demanda.

Para paliar los costos externos producidos por un exceso de flujo de vehículos, se han propuesto soluciones como: (i) dejar de hacer viajes, lo cual es impracticable a largo plazo; (ii) incrementar el índice de ocupación vehicular; (iii) realizar un trasvase hacia otros modos; (iv) aplicar medidas restrictivas por el uso de la infraestructura (en tiempo o por número de matrícula); (v) implantar restricciones de tipo económico (cobro de una tarifa), con lo cual se producen efectos sobre el excedente de los usuarios con menor

nivel de renta, pero a cambio se obtienen ingresos para realizar compensaciones bien sea mejorando el servicio de transporte público o la infraestructura existente; y (vi) aplicar una combinación entre restricción y tarificación, en este caso las restricciones se pueden obviar a cambio de una tarifa.

En este artículo, se identifican los aspectos teóricos, tecnológicos, prácticos y las barreras de oposición que implica implantar una tarifa para reducir los efectos externos negativos (básicamente la congestión) producidos por un exceso de movilidad en la carretera.

## PRINCIPIO ECONÓMICO PARA DISUADIR LA CONGESTIÓN

Cada modo de transporte introduce unos efectos secundarios indeseables en la sociedad, que a su vez se traducen en unos costos que no se tienen en cuenta por el sistema de imputación sino que repercuten a terceros. Por lo tanto, surge la necesidad de internalizar dichos costos, es decir, cada usuario debe soportar la totalidad de los costos sociales de su desplazamiento, permitiendo así reducir los problemas de transporte. Esta propuesta fue hecha desde hace varias décadas por Dupuit [1], Pigou [2], Knight [3], Vickrey, [4] y recientemente se ha ampliado por Button [5], Rouwendal y Verhoef [6].

La tarificación de carreteras hace alusión al pago que realizan los usuarios para internalizar las externalidades generadas por el uso excesivo de la vía (siendo éste un recurso escaso y valioso, por lo cual se debe racionar y optimizar su uso). Los principales objetivos de una tarificación según el uso de las carreteras son: el control de la congestión y la generación de ingresos para ser reinvertidos en mejoras de la infraestructura o del servicio de transporte público. Las alternativas tarifarias pueden aplicarse a una infraestructura específica (un tramo de carretera, un puente o un túnel) o sobre una red de carreteras. Los sistemas de tarificación en una red abarcarían aspectos como las entradas y salidas de los accesos, los límites

del área de influencia del esquema, la localización de los puntos de recolección y su distribución en la red, la topología viaria real, el diseño de esquemas tarifarios y posteriores desarrollos de la red.

De acuerdo con la teoría micro económica, cuando la curva de demanda y la curva de costos del usuario se intersectan, se determina el punto de equilibrio  $G$ , como se muestra en la Figura 1; en este caso no corresponde al óptimo para la sociedad, ya que el flujo  $q^0$  ignora la congestión que imponen a otros usuarios. El punto óptimo para la sociedad lo establece el flujo  $q^*$ , en el punto  $B$ , pues el costo marginal social es igual al beneficio social marginal. Las curvas  $CMe(q)$  y  $CMa(q)$  reflejan el promedio y el costo marginal generalizado asociado con los diferentes flujos. Se aprecia en la Figura 1, cómo después del punto  $O$  cada conductor adicional que se añade, ocasiona un aumento en los costos de operación y tiempo para los demás usuarios de la vía.

Desde el punto de vista social, el flujo  $q^0$  es excesivo porque recibe un beneficio de  $q^0G$ , pero impone los costos de  $q^0H$ . El flujo adicional más allá del óptimo  $q^*$  genera los costos  $q^0HBq^*$ , pero solamente disfruta del beneficio  $q^0GBq^*$ . Luego, la tarifa óptima que debe aplicarse para conseguir el flujo óptimo  $q^*$  y así internalizar los costos de congestión está dado por el segmento  $BF$ , obteniéndose una ganancia igual al área  $GBH$ , la cual representa el costo social de congestión o la pérdida de bienestar que ahorrará la sociedad. Para regular la congestión, esta teoría se basa en la

tarifación del costo marginal y, aunque es cuestionada por Rothengatter [7], también es defendida por Nash [8] y tomada como punto de partida para internalizar varias externalidades.

#### EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

En el momento en que se plantea la tarifación de la congestión como mecanismo de eficiencia para el uso de las carreteras y a la vez para captar recursos para el mejoramiento del transporte público, diversas ciudades del mundo estudiaron, modelaron y ensayaron la forma de introducir dicho concepto. Para la implantación de esta medida tarifaria, fue necesario desarrollar sistemas dinámicos para el cobro del peaje (*Electronic Toll Collection-ETC*), en los cuales el conductor del vehículo no necesita detenerse para efectuar el pago, siempre y cuando éste lleve instalado una unidad a bordo (*On Board Unit-OBU*) que almacena los datos del viaje.

Dentro de los modos de pago automático que se están usando actualmente en el ámbito internacional, se encuentran los sistemas de control a distancia basado en ondas de corto alcance (*Dedicated Short-Range Communications-DSRC*) y los sistemas basados en una red de satélites (*Global Navigation Satellite Systems-GNSS*). Este método de pago permite al administrador de la carretera coleccionar automáticamente el valor del peaje, ya que se le debita de manera inmediata a la cuenta bancaria asociada a la unidad a bordo del vehículo.

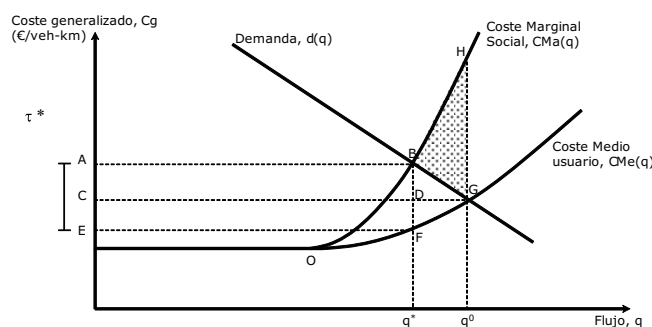


Figura 1. Modelo estándar para determinar la tarifa óptima por congestión [9].

A nivel nacional, se están haciendo estudios para la aplicación de esta tecnología en vías de peaje en el Departamento de Antioquia. La Tabla 1 resume brevemente algunas aplicaciones que se han hecho en ciertos países para implantar un peaje urbano y así disuadir la congestión.

#### **BARRERAS AL APLICAR UNA TARIFA PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN**

La implantación de un sistema de tarificación requiere que los distintos sectores (económico, social, político, ambiental, etc.) estén sintonizados con los objetivos que se esperan alcanzar con dicho sistema. En Europa, por ejemplo, una política tarifaria basada en costos marginales para el transporte por carretera ha sido investigada en el proyecto MC-ICAM (*Implementation of Marginal Cost Pricing in Transport –Integrated Conceptual and Applied Model Analysis*) [10], cuyos resultados identifican tres tipos de obstáculos o barreras que pueden afectar a nivel nacional, regional y local la consumación de este tipo de tarificación. Dichas barreras imponen al peaje por congestión restricciones de varios tipos. Por ejemplo, cuáles y cómo deben ser tarifadas las carreteras, el grado de diferenciación de las tarifas por grupo de usuarios, la forma de invertir esos ingresos y qué medidas complementarias no tarifadas se aplicarían.

#### **BARRERAS TECNOLÓGICAS Y PRÁCTICAS**

Tanto a nivel metropolitano como interurbano del transporte por carretera, el costo y la fiabilidad de la tecnología, unidos a la confianza con la que trabajaría el sistema, son mucho más importantes que la disponibilidad tecnológica. La posibilidad de una unidad a bordo en el vehículo, bien sea para navegación o tarificación, ocasionará un gran impacto y probablemente cambiará radicalmente las condiciones (incluyendo la actitud de los conductores) en el futuro.

El otro gran reto tecnológico para la tarificación interurbana lo constituye la interoperabilidad. Distintos paí-

ses emplean varias tecnologías y, dado el movimiento internacional de los camiones, es necesario que la interoperabilidad sea un objetivo fundamental para evitar conflictos entre los operadores de las carreteras.

#### **BARRERAS LEGALES E INSTITUCIONALES**

Los problemas fundamentales de tipo institucional se presentan en la relación que establecen los distintos entes gubernamentales. La legislación, tanto a nivel de la UE como en muchos países, no está regulada para aplicar un precio igual al costo marginal social, lo cual constituye la principal barrera institucional. De la misma forma, existen problemas de coordinación con otras políticas (fiscal, regional, social, uso del suelo, etc.) y sus alcances. Las barreras de tipo legal e institucional relacionadas con la implementación de una tarifa que regule la movilidad pueden relacionarse con los siguientes temas:

- Marco y soporte legislativo insuficientes a nivel político.
- Objetivos contradictorios y soporte legislativo limitado a nivel nacional.
- Escasa coordinación/cooperación e ineficaz estructura organizacional.
- Legislación y políticas contradictorias en otras áreas y sectores.
- Oposición entre grupos y personas a favor y en contra.

#### **BARRERAS DE ACEPTABILIDAD**

Esta barrera de aceptabilidad de los usuarios y de los políticos constituye el principal obstáculo para la aplicación de una tarifa por congestión tanto en el transporte metropolitano como interurbano. Diversos estudios muestran que la aceptación pública para la adopción de este tipo de soluciones al problema de la congestión es muy baja [11].

Ciudad país	Sistema tarifario para gestionar movilidad
Singapur, 1975	<p>En 1975 inicia por primera vez en el mundo <i>Area Licensing Scheme</i> (ALS). Además de un paquete de medidas se instauró una tarifa por congestión.</p> <p>Restricción de vehículos al <i>Central Business District</i>- CBD. Área 5,6Km2. Acceso al CBD por un número de puntos distintos. Inicialmente pago manual, luego tarjetas. Instalación de una unidad a bordo (OBU) en los vehículos.</p> <p>Autos particulares SGD\$ 3/día, o SGD\$ 0,60/día por pago mensual (US\$1=SGD\$1,46). Vehículos comerciales pago doble. Taxis y vehículos con alta ocupación (&gt; 4 pasajeros) libres de pago. Pago con <i>Smart card</i> en bancos, estaciones de combustible, puntos de venta.</p>
Bergen, 1986 (Noruega)	<p>Vías de acceso al centro de la ciudad cargadas con peaje en 7 puntos de pago. Cobro a visitantes por estacionar en el centro ciudad.</p> <p>Se paga por entrar a la ciudad 15NOK (US\$1=6,41 NOK) por vehículo ligero y 30NOK por vehículo pesado de lunes a viernes de 6:00 am. - 10:00 pm.</p>
Oslo, 1990 (Noruega)	<p>Anillo de peaje con 19 puntos de cobro.</p> <p>Primera en establecer identificación automática de vehículos.</p> <p>Se paga por entrar a la ciudad 13NOK por vehículo ligero y 26 NOK por vehículo pesado.</p>
Trondheim, 1991 (Noruega)	<p>Cordón de peaje: 22 puntos de cobro.</p> <p>Ingresos para transporte público, infraestructuras, seguridad vial y ambiental.</p> <p>Disminución de congestión y mejoramiento de la accesibilidad.</p>
Londres, 2003 (UK)	<p>Después de varios estudios, en febrero de 2003 se implanta una tarifa de £5 por congestión en un área que cubre el corazón de Londres (22 km2), el cual está limitado por una carretera que forma un anillo interior. Sólo se cobra a las personas que cruzan el anillo, no para los que están en el anillo.</p> <p>Incrementa el área de la zona cargada y la tarifa actual de £8 (julio -2005).</p> <p>Aprovecha la experiencia e implementa la actual tecnología para tarifar la zona a ampliar.</p> <p>La tarifa se aplica de lunes a viernes desde las 7:00 am hasta las 6:30 pm y no aplica los días festivos. Se puede pagar por correo, teléfono, SMS o Internet. Base de datos registra la placa del vehículo que hizo el pago. Existen dos rutas libres de tarifa para evitar el efecto barrera.</p>
Estocolmo, 2006 (Suecia)	<p>Zona del centro de la ciudad cargada con peaje</p> <p>Tarifa variable en hora punta entre 10-20 SEK (US\$1= 7,94 SEK). Otras horas del día y fines de semana no se cobra. Máximo 60 SEK por veh/día. Vehículos especiales no pagan.</p> <p>Prueba puesta en práctica desde enero de 2006 y en enero de 2007 se decidió continuarla mediante votaciones.</p> <p>Los resultados mostraron una disuasión del tráfico del 22% que representa 100.000 vehículos que no entraron al centro de la ciudad durante el periodo de tarificación.</p> <p>Se favorece el transporte público como medida complementaria.</p>

Tabla 1. Experiencias internacionales de implantación de una tarifa por congestión [9].

En el informe del proyecto MC-ICAM, se indica que las tarifas por estacionamiento y las tarifas por el uso de las carreteras (basadas en la distancia) son las menos aceptadas, mientras que medidas de mejoramiento del transporte público y restricciones por ingresar al centro de la ciudad son las que se eligen. La fuerte resistencia que el público impone para no aceptar la implementación se basa en los siguientes factores:

*Problemas de percepción:* el público debe reconocer que las dificultades relacionadas con el tráfico y sus posibles soluciones le conciernen. Algunas encuestas han mostrado que la concienciación se manifiesta cuando surgen los problemas relacionados con la movilidad, sobre todo en regiones densamente pobladas. Por ejemplo, antes de implementar la tasa por congestión en Londres, la Fundación RAC del UK indicaba que el 75% de los encuestados estaba de acuerdo con la imposición de dicha tasa. Otros estudios argumentan que habría aceptación de un peaje por congestión, si éste viene acompañado de un paquete de medidas,

tales como disminución de impuestos, mejoramiento del transporte público, etc. [10]. La Figura 2 ilustra dos puntos de vista para la fijación de una tarifa para gestionar la movilidad.

*Equidad:* la implantación de un peaje urbano crea inequidades entre grupos de diferentes ingresos. La equidad como concepto económico se refiere a la distribución real de beneficios y costos dentro de la sociedad, por lo tanto, los impactos en dichos costos y beneficios pueden diferir respecto a la posición social o económica, a la ubicación geográfica, al valor que se le dé al tiempo, etc. Ante la introducción de una tarifa, los usuarios tendrán que tomar decisiones que pueden modificar su comportamiento (cambiar de ruta para realizar el viaje, cambiar de modo o de índice de ocupación, cambiar el destino y la hora del viaje, cambiar la generación de viajes, cambiar el uso del suelo a medio o largo plazo, etc.) o no modificarlo (incrementando el porcentaje del presupuesto dedicado al transporte, conseguir que la empresa asuma el costo de la tarifa del trabajador, etc.).

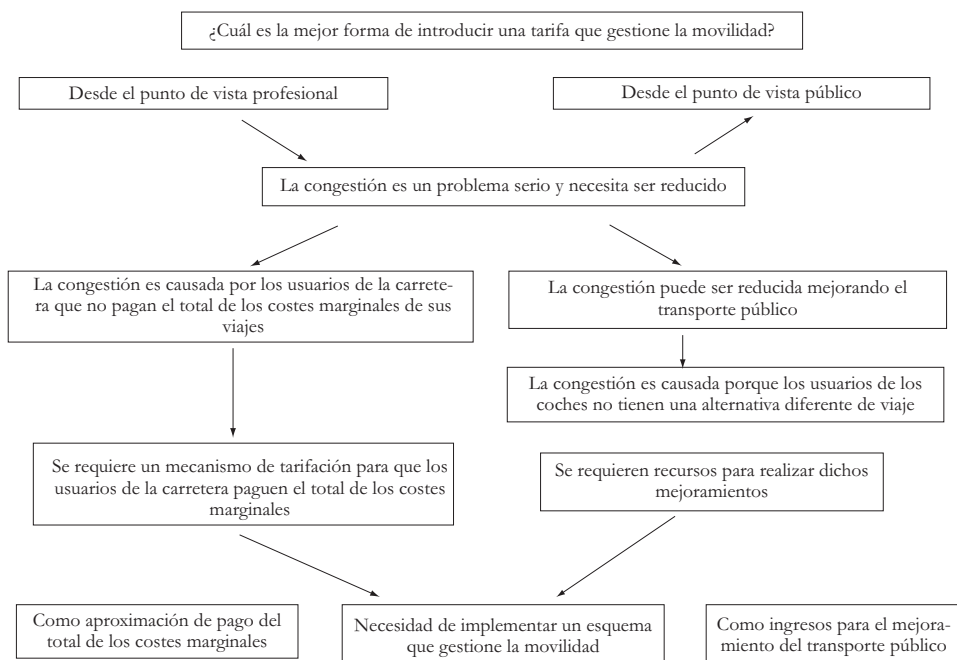


Figura 2. Reconocimiento de la congestión como problema público [9].

La distribución de los ingresos que se produzcan del sistema tarifario también afecta la equidad. Numerosas investigaciones muestran que la asignación de estos ingresos juega un papel crucial para alcanzar la aceptabilidad, ya que las consideraciones de equidad pueden influenciar la distribución de los impactos en la dirección deseada [11].

*Características del sistema:* además de las dificultades para cuantificar la congestión real que ocasiona cada vehículo, las características del esquema tarifario (método de tarifar, área tarifada y los tiempos de tarificación) tienen también un impacto en la aceptación del público. Sistemas de tarificación complejos (por ejemplo, los basados en el tiempo de viaje o en las demoras que se ocasionan) no se aceptan tan fácilmente como los tradicionales (por ejemplo, los basados en la distancia o tipo cordón).

## CONCLUSIONES

Con este artículo, se estudia una de las posibles soluciones que existen para reducir el problema de la congestión del tráfico en las grandes ciudades. Como respuesta a esta dificultad, varios gobiernos han implantado una política tarifaria para internalizar las grandes pérdidas económicas y sociales ocasionadas por los atascos. El mecanismo tarifario elegido corresponde al cobro de un peaje, cuya cuantificación se puede realizar siguiendo cualquiera de los enfoques (*first-best* o *second-best*) empleados en la teoría del costo marginal social, para lograr la eficiencia económica y social del sistema.

Bajo el enfoque del costo marginal a corto plazo, se analiza cuál es la tarifa que representa el costo adicional a la sociedad, relacionado con la internalización del costo social de congestión, debido al hecho de que la capacidad de la red de transporte se mantiene constante en el corto plazo. El objetivo fundamental al implantar la tarifa óptima es lograr la maximización del bienestar social al disuadir el exceso de demanda que es la generadora del costo externo.

Se resumen también algunas experiencias internacionales que demuestran la efectividad de este tipo de medidas para gestionar la movilidad y repercutir positivamente en toda la sociedad. Lo que más preocupa con la aplicación de una política tarifaria para disuadir la congestión son los efectos en la equidad, ya que al cobrarse la misma tarifa sin distinguir los niveles de renta de los usuarios puede llegar a inducir a que sean las personas de menores ingresos las más perjudicadas. La compensación a los potenciales perdedores y la asignación apropiada del recaudo son objetivos claves para lograr una mayor aceptabilidad pública ante este tipo de medidas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Dupuit.  
“On the measurement of the utility of public works”.  
*Annales des Ponts et Chaussées Mémoires et Documents*, 2nd Series 8, 1844, pp. 332-375. Traducido por Barback  
*International Economic Papers* 2. 1952, pp. 83-110.
- [2] A. Pigou.  
*The Economics of Welfare*. Macmillan, London. 1920.
- [3] F. H. Knight.  
“Some fallacies in the interpretation of social costs”.  
*Quarterly Journal of Economics*, Vol. 38, No. 4, 1924, pp. 582-606.
- [4] W. Vickrey.  
“Pricing in urban and suburban transport”. *American Economic Review*, Vol. 53, No. 2, May 1963, pp. 452-465.
- [5] K. Button.  
“Road pricing”. *Final report of ITS Center project*. For the Center for ITS Implementation Research. A U.S. DOT University Transportation Center. 2004.
- [6] J. Rouwendal and E. Verhoef.  
“Basic economic principles of road pricing: From theory to applications”. *Transport Policy*, Vol. 13, No. 2, March 2006, pp. 106-114.



## [7] W. Rothengatter.

“How good is first best? Marginal cost and other pricing principles for user charging in transport”. *Transport Policy*, Vol. 10, No. 2, April 2003, pp. 121–130.

## [8] C. Nash et al.

“Marginal cost and other pricing principles for user charging in transport: a comment”. *Transport Policy*, Vol. 10, No. 2, April 2003, pp. 345–348.

## [9] M. Salas.

*Análisis de estrategias tarifarias para la gestión de la movilidad en carreteras metropolitanas*. ISBN: 978-84-692-2863-0. Cátedra Abertis. Universidad Politécnica de Cataluña en Barcelona-España. 2009, pp. 18–40.

## [10] E. Niskanen et al.

“Pricing of Urban and Interurban Road Transport: Barriers, Constraints and Implementation Paths”. *Implementation of Marginal Cost Pricing in Transport – Integrated Conceptual and Applied Model Analysis. Deliverable 4*. European Comisión 5th Framework Programme – DGTREN. 2003.

## [11] J. Eliasson y L. Mattsson.

“Equity effects of congestion pricing quantitative methodology and a case study for Stockholm”. *Transportation Research A*, Vol. 40, No. 7, August 2006, pp. 602–620.

Carretera Villavicencio a Puerto López. Fotografía: María Camila Afanador

