



Andrés Arcila

aarcila4@eafit.edu.co

**Juan Fernando Quintero
Franco**

[jqunt52@eafit.edu.co](mailto:jquint52@eafit.edu.co)
Universidad EAFIT

ANÁLISIS DE LA APLICABILIDAD INTERNACIONAL DEL SISTEMA VIAL DE TARIFA ELECTRÓNICA (ERP) DE SINGAPUR Y SU IMPACTO A LA MOVILIDAD: UN ENFOQUE SOCIO- AMBIENTAL PARA LA CIUDAD DE MEDELLÍN¹

Analysis of the International Applicability of Singapore's Electronic Road Pricing (ERP) and its Impact on Mobility: A Socio-Environmental Approach for the City of Medellin.

doi: 10.17230/map.v6.i10.04



¹ Especial agradecimiento a Camilo Pérez, profesor y coordinador académico del Centro de Estudios Asia Pacífico de la Universidad EAFIT y a Carlos Miguel Cadena, profesor de la Universidad EAFIT y coordinador académico de departamento Urban – Centro de Estudios Urbanos y Ambientales de la Universidad EAFIT.

Abstract

This project aims to inquire and analyze the international applicability of the Electronic Road Pricing (ERP) Project implemented in Singapore since 1998, which seeks to reduce the vehicular congestion levels in an urban centre or city. Therefore, decrease the gas emissions that lowers the air quality around the city and maximize the local productivity by standardizing transportation times. Essentially, the high vehicular volume that has been augmenting in the past few years in Medellin has caused severe social and environmental problems for the local population. Even more, the constantly increasing demand of vehicles at certain time lapses per day is actually decreasing the productivity of Medellin as an industrial and urban centre. Due to the fact that the currently active regulations on mobility have failed to give the problem a definitive solution, this paper aims to determine the applicability of implementing an ERP system within Medellin city taking into consideration the ERP Singapore case.

Key words

ERP, Mobility, Pollution, Development, Singapore, Medellin, Environment.

Resumen

El presente proyecto de investigación tiene como fin indagar y analizar la aplicabilidad internacional del proyecto de *Electronic Road Pricing* o ERP implementado en Singapur desde el año 1998 con el fin de disminuir los niveles de congestión vehicular en un centro urbano o ciudad, reducir las emisiones de gases que perjudican la calidad del aire y maximizar la productividad a nivel local al generar un tiempo de transporte más estandarizado. En efecto, la alta congestión vehicular que ha venido aumentando en los últimos años en la ciudad de Medellín ha sido causa de severos problemas ambientales y sociales para la población local. Aún más, la creciente demanda vehicular a ciertas horas del día logra disminuir la productividad de un centro urbano e industrial como lo es la capital antioqueña. Dado que las presentes regulaciones locales para mejorar la movilidad no han generado una solución definitiva, este proyecto busca analizar la aplicabilidad de un nuevo sistema de tarifas de congestión en la ciudad de Medellín con base al caso del ERP de Singapur.

Palabras clave

ERP, Movilidad, Contaminación, Desarrollo, Singapur, Medellín, Medios ambiente.

Introducción

La ciudad de Medellín (Colombia) posee un problema similar al de muchas urbes con una población más extensa respecto a su área metropolitana total. Este se basa en la cantidad de vehículos que se movilizan a través de sus vías y la calidad del aire por emisión de gases.

Adicionalmente, la alta congestión vehicular en ciertas áreas de la ciudad a determinados horarios durante el día, reduce actualmente la eficiencia de la ciudad como centro de industria y negocios estancando el tráfico de personas y factores productivos. En efecto, la reducción en la movilidad genera diariamente un retraso en ámbitos financieros, comerciales y sociales; afectando no solo la productividad de la ciudad sino la calidad de vida de la población.



Shutterstock.com

El presente estudio tiene como objetivo indagar y analizar la aplicabilidad internacional del proyecto de *Electronic Road Pricing* o ERP implementado en Singapur desde el año 1998 con el fin de disminuir los niveles de congestión vehicular, reducir las emisiones de gases que perjudican la calidad del aire y maximizar la productividad a nivel local al generar un tiempo de transporte más estandarizado; esto, buscando una mejora en la calidad de vida poblacional para la ciudad de Medellín. Se formula la incógnita ¿Qué tan factible es la aplicación del Sistema Vial de Tarifa Electrónica a la ciudad de Medellín y que repercusiones socio-ambientales traería?

A fin de responder a la incógnita anteriormente planteada, es imperativo analizar las condiciones presentadas en la ciudad-estado de Singapur al momento de implementar el ERP para su sostenibilidad y mantenimiento. De igual manera, es necesario identificar la política pública utilizada para su buen desarrollo y la necesidad del centro urbano para implementar un proyecto de cobro electrónico eficiente.

Uno de los puntos clave de este estudio radica en analizar el impacto social, económico y ambiental en Singapur y la forma en que la población logra responder a este nuevo proyecto de movilidad y desarrollo en el centro urbano. De esta manera se busca generar un marco comparativo de aplicación a la ciudad de Medellín, con el fin de impulsar la movilidad en ciertos sectores del área metropolitana, reducir las emisiones de gases malignos, aumentar la productividad local y mejorar la calidad de vida de la población. Por medio de un análisis detallado del sistema ERP de Singapur, se busca identificar las condiciones que impulsaron el uso de un sistema de cobro vial en la ciudad-estado. Adicionalmente, una detección y explicación de la política pública usada para implementar el sistema de ERP en Singapur resulta fundamental con el fin de entender el enfoque dado a la implementación del sistema. Todo esto con la finalidad de analizar los efectos del sistema de cobro vial a la movilidad y la calidad del aire en Singapur, examinar el impacto social del sistema ERP en la ciudad-estado de Singapur, estudiar la aplicabilidad del sistema ERP a la ciudad de Medellín y las posibles repercusiones socio-ambientales de implementar el sistema ERP a la ciudad de Medellín.

Electronic Road Pricing (ERP)

El sistema *Electronic Road Pricing*, traducido al español como 'Tarifas de Congestión' es un sistema de cobro electrónico de tarifas o peajes urbanos que buscan regular el tráfico vehicular en ciertos sectores del centro urbano o ciudad. El fin fundamentado del sistema ERP radica en desincentivar el uso del automóvil en ciertas vías de la ciudad por medio de una tarificación al tránsito vehicular. Adicionalmente, el sistema ERP consiste de estructuras elevadas con señalización que se alzan sobre la vía indicando el estado del servicio y costo por transitar esta ruta.

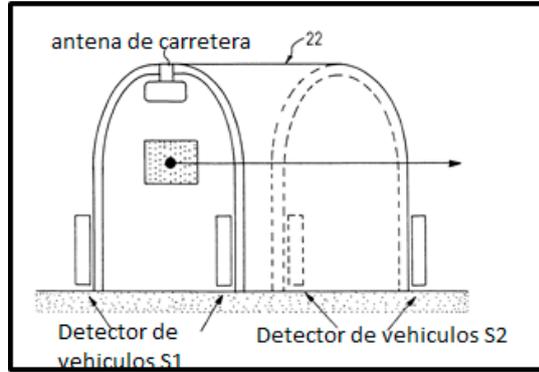
Estas Tarifas de Congestión o Sistema Vial de Tarifa Electrónica son impulsadas mediante el concepto de cobro electrónico de peajes o ETC (*Electronic Toll Collection*). Este sistema electrónico de tele-peaje posee la característica de no generar congestiones vehiculares al no parar el tráfico con el fin de recolectar la tarifa por el paso a cierta vía. El sistema ETC funciona electrónicamente mediante una estructura metálica de tres piezas o 'pórtico' que se eleva sobre la carretera y posee, en la parte superior, dispositivos de lectura electrónica que, por medio de comunicación inalámbrica, envían y reciben información a otro dispositivo instalado en los vehículos que circulan a través del 'pórtico'. En contraste, este dispositivo ubicado en los vehículos recibe el nombre de *transponder*; el cual posee la función de recibir y emitir señales entre los dispositivos electrónicos del pórtico y el vehículo.

En efecto, es por medio de esta comunicación inalámbrica entre el 'pórtico' y el *transponder* que es posible generar el cobro de la tarifa por el tránsito de dicha vía. Esto, por medio del dispositivo de pago que el usuario del vehículo haya estipulado; siendo generalmente una tarjeta de crédito o débito del usuario. Adicionalmente, este servicio de cobro electrónico de peajes requiere la previa instalación del *transponder* en los vehículos que transitan la vía. De esta manera, el dispositivo es puesto en la parte interior del parabrisas del automóvil y al momento en que este se acerca al 'pórtico' este debita automáticamente el cobro por tránsito en la vía. Con el fin de generar un buen funcionamiento, los 'pórticos' se encuentran dotados con un lector electrónico para recibir y emitir la señal al *transponder* en cada carril de la vía y así generar el cobro al vehículo. En efecto, el ETC resultaría poco efectivo sin un sistema de multas para los infractores. Debido a esto, con el fin de incentivar el buen uso del sistema y reducir la evasión ilegal, estas estructuras elevadas sobre la carretera cuentan con cámaras de video y fotográficas que tienen la función de registrar los vehículos que atraviesan el 'pórtico' y su placa, al igual que registrar aquellos vehículos que no cuentan con el *transponder* necesario e infringen el sistema al transitar por la vía (Ferno, 1993).

El procedimiento de pago se basa en el acercamiento del vehículo a la estructura de arco sobre la vía, donde las cámaras fotográficas registran la placa y las cámaras de video detectan al vehículo para así generar el cobro por tránsito en milésimas de segundo. Al momento del cobro, el *transponder* genera un pitido característico para indicarlo y el resultado de la transacción.

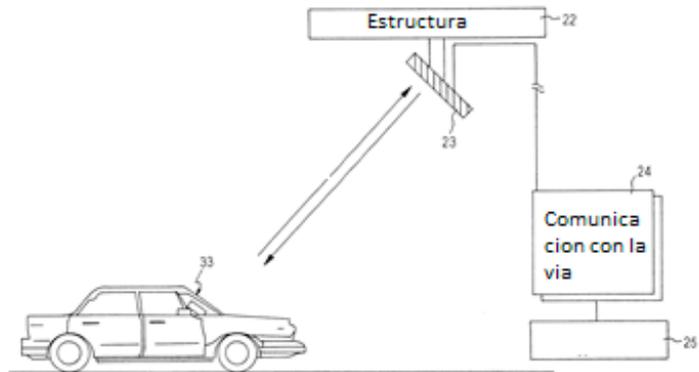
A continuación, gracias a la patente-concesión US6509843 B1 publicada el 21 de enero del año 2003 en los Estados Unidos de América, respecto a la invención de un sistema electrónico de cobro de peaje vial, se exponen los siguientes croquis orientados a prevenir la desviación multi-trayecto de las señales de radio entre el 'pórtico' y el *transponder*:

Figura 1.1. Croquis de un sistema ETC Básico



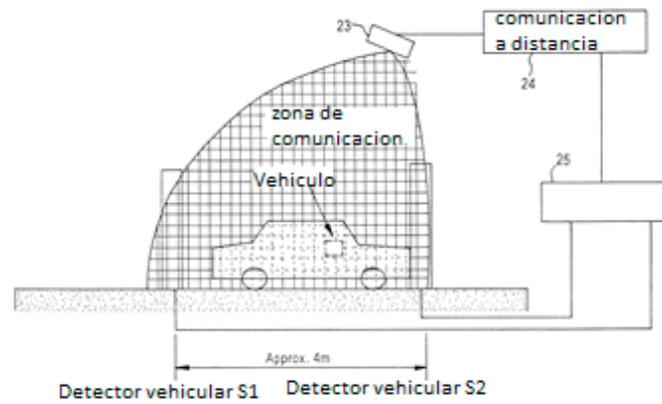
Fuente: traducción propia con base en figura de Fuyama, S. (2003).

Figura 1.2. Croquis de un sistema ETC Básico



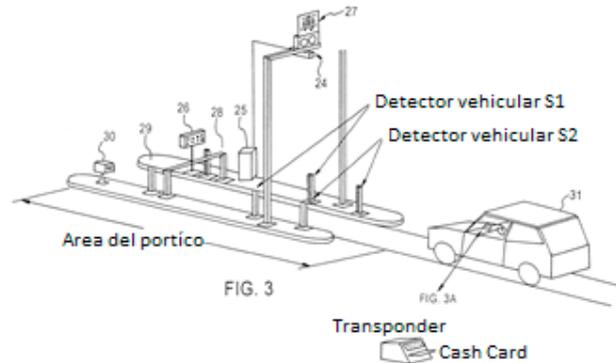
Fuente: traducción propia con base en figura de Fuyama, S. (2003).

Figura 1.3. Croquis de un sistema ETC Básico



Fuente: traducción propia con base en figura de Fuyama, S. (2003).

Figura 1.4. Croquis de un sistema ETC Básico



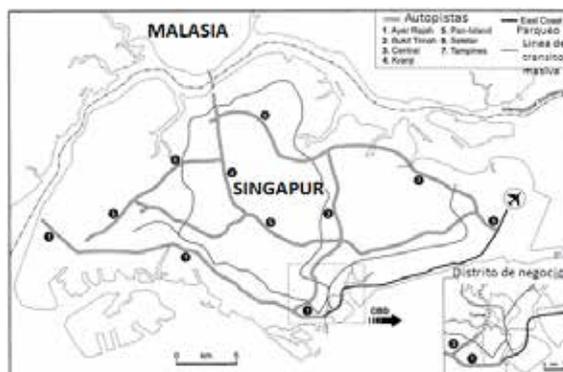
Fuente: traducción propia con base en figura de Fuyama, S (2003).

En los gráficos anexados, se expone la estructura básica de un sistema de cobro de peaje vial en sus comienzos. Este sistema presentaba en un principio, problemas de comunicación adecuada entre los vehículos y la estructura elevada sobre la vía. Esto, debido a la reflexión de las ondas de radio que comunicaban el 'pórtico' con el *transponder*. En adición, estas reflexiones se producen por la interferencia generada por otro vehículo transitando la vía o algún objeto cercano que afectará la calidad de la señal de radio. En efecto, se logró llegar a una mejora en reflexiones de ondas de radio mediante la aplicación de material impermeable a estas a lo largo de la estructura ERP y sus cercanías.

ELECTRONIC ROAD PRICING (ERP) EN SINGAPUR

La ciudad-estado de Singapur cuenta con tan solo 3496 km de carretera (2004) (*Land Transport Authority*). Existen ocho autopistas con una longitud total de 164 km (2004) (Ver Figura Anexa Mapa de Singapur). Adicionalmente, para el año 1999 existía un total de 688.811 vehículos automóviles matriculados se encontraban transitando en la ciudad, había alrededor de 1,1 vehículos por cada cinco metros de carretera. Esto, daba lugar a un tráfico a-parachoques. El problema creciente de la movilidad y el flujo de vehículos se ha presentado en Singapur desde 1970 y ha forzado al gobierno local a tomar medidas que controlen el tráfico de automóviles en sus vías (Goh, 2002).

Figura 2.1. Mapa de Singapur



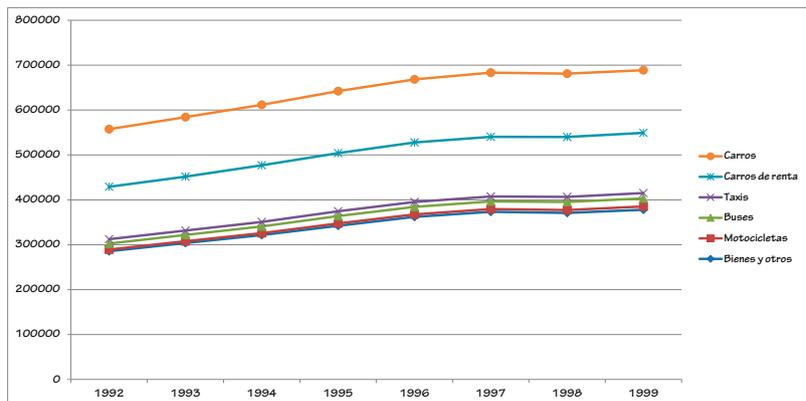
Fuente: traducción propia con base en figura de Goh M. (2002).



En la década de 1990 (Ver Figura Anexa Población de Vehículos en Singapur 1992-1999) y, con la expansión tecnológica del siglo XXI, este fenómeno ha incrementado potencialmente.

En Singapur, el problema de la congestión vehicular se ha combatido por el lado económico de la ecuación; el cobro de altas primas o impuestos para poseer un vehículo ha sido una práctica común en la ciudad-estado para desincentivar la compra y uso de automóviles. Adicionalmente, se tiene por hecho que el uso de las vías públicas genera un costo social; en efecto, mientras los conductores y dueños de vehículos estén dispuestos a pagar por este costo, podrán circular por las vías de la ciudad tanto como lo deseen.

Figura 2.2. Población de Vehículos en Singapur 1992-1999



Fuente: *Data.gov.sg* (2017)

Estas medidas impuestas por el gobierno de Singapur para enfrentar el alza en la cantidad de vehículos automóviles en las vías incluyen la imposición de impuestos a los vehículos, impuestos a la gasolina, extra cargos al parqueo, *Area Licensing Scheme* (ALS), *Road Pricing Scheme* (RPS) y el Sistema de Cuota Vehicular (VQS) (Goh, 2002). Gracias a la imposición de altos costos a la posesión de un vehículo automóvil, se ha logrado una disminución en los niveles de tráfico a lo largo de las vías de la ciudad-estado. Sin embargo, no

todos los cargos a la posesión de automóviles han sido exitosos; en 1972, el gobierno buscó aumentar los aranceles a los vehículos de un 30% a un 40%. Sin embargo, debido al estado favorable de la economía y a las altas aspiraciones de los consumidores, la imposición de los aranceles no logró su objetivo principal.

En la tabla anexa a continuación, se exponen algunas de las medidas tomadas por el gobierno de Singapur con el fin de disminuir el nivel de automóviles en circulación dentro de la ciudad entre 1972 y 1999.

Tabla 1. Medidas de congestión y cobro del Sistema Vial de Tarifa Electrónica en Singapur 1972-1999

Año	Medida	Concisa descripción de la medida/sistema	Rango de Éxito
1972	Pago Adicional de Registro (ARF)	Sobrecargo impuesto a los vehículos nuevos, valorado del 5% al 140% del valor del vehículo en el mercado abierto dependiendo de las capacidades y funciones del automóvil.	Medida temporal y revisada en 1975 y 1975.
1975	Area Licensing Scheme (ALS)	Restricción al acceso al Centro de Negocios de 7.30 a.m. a 6:30 p.m. Entre semana y de 7:30 a.m. a 2:00 p.m. los sábados mediante la adquisición de licencias suplementarias.	Inicial disminución en el tráfico hacia el Centro de Negocios del 45%. Para 1988 la disminución no fue sostenida debido al incremento del empleo en el Centro de Negocios.
1987	Metro de Singapur (MRT)	Sirve para el transporte masivo de pasajeros.	La cantidad de pasajeros aumentó de 346 millones en 1998 a 360 millones en 1999. Un aumento de 14 millones.
1990	Sistema de Cuota Vehicular (VQS)	El Certificado de Propiedad (COE) es introducido. Los conductores ahora necesitan "pujar" para poseer un carro.	Con el VQS, 41.000 vehículos menos fueron registrados entre 1990 y 1993.
1994	Esquema de Carro Fuera de Pico (OPC)	Ofrece a nuevos y antiguos dueños de carros la posibilidad de ahorrarse tarifas e impuestos de registro a cambio de un menor uso vehicular.	No muy efectivo ya que muchos conductores prefirieron el uso a libertad del carro por conveniencia.
1995	Esquema de Precio Vial (RPS)	Esquema de cobro vial manual introducido para paso lineal del flujo de vehículos con el fin de descongestionar ciertas áreas de la ciudad fuera del Centro de negocios.	Reducción inicial en el volumen del tráfico a lo largo de las autopistas monitoreadas por el RPS del 41% de 12.400 a 7.300 vehículos. Mientras que la velocidad del transporte público aumentó un 16%.
1998	Tarifas de Congestión (ERP)	Sistema de cobro vial automatizado con el fin de reducir el personal necesitado para el sistema RPS y reemplazar los sistemas ALS, OPC y RPS.	Volumen de tráfico en vías monitoreadas con el sistema ERP disminuyó en un 17%.
1999	Tránsito de Riel Ligerero (LRT)	Sirve como alimentador de pasajeros para el Sistema de Metro de Singapur o MRT.	Actualmente transportando 39.000 pasajeros diariamente.

Fuente: Goh M. (2002).

Con el fin de alentar a los conductores a usar medios alternos de transporte, Singapur implementó un esquema de cobro vial por área para una área acordonada que pasó a ser llamada Área Restringida (RZ) en el año 1975. Bajo el sistema ALS, los conductores tenían la obligación de adquirir una licencia que debía ser dispuesta en el parabrisas del vehículo con el fin de transitar dentro del Área Restringida. Esta licencia, estaba disponible para su adquisición en ciertos puntos específicos cercanos al área acordonada, algunas gasolineras y tiendas de conveniencia.

En lo que respecta a las consecuencias del sistema de ALS, la respuesta del público fue subestimada, llegando a una reducción del flujo de vehículos dentro del Área Restringida de 45%. Esto, después de haber proyectado una

respuesta poblacional en la reducción del tráfico vehicular de alrededor de 30% en un principio. Sin embargo, aunque se logró disminuir el flujo de vehículos dentro del área acordonada, fuera de las horas de monitoreo ALS la cantidad de vehículos era conflictiva. Además, en horas de monitoreo ALS, el tráfico vehicular fuera del Área Restringida era notablemente alto. Por otro lado, con el fin de disminuir la demanda de automóviles, el gobierno de Singapur optó por aumentar los impuestos a las vías y costos por estacionamiento de vehículos hasta en un 100%. Esto, seguido de exorbitantes precios en la gasolina. Sin embargo, estas medidas no lograron detener el radio de crecimiento vehicular (Goh, 2002).

Sistema ERP

Con el establecimiento del sistema ERP en Singapur, se expandió el sistema ALS a un cobro electrónico de tarifas. Este sistema de cobro electrónico tenía el fin de monitorear el flujo de vehículos al Centro de Negocios de la ciudad. Adicionalmente, por medio de este cobro electrónico se elimina el tiempo de espera producido por la previa intervención manual para cobro de tarifas en el sistema ALS. El sistema ERP logra cobrar una tarifa sensible a la demanda de vehículos dentro de la zona monitoreada y todo esto de manera electrónica sin generar tiempos de retraso por manipulación.

Un punto clave a tener en cuenta es el hecho de que este sistema ERP se intentó implementar en Hong Kong desde julio de 1983 a marzo de 1985, donde, aunque técnicamente posible, fue públicamente rechazado y su implementación no fue posible. En efecto, cuando un sistema ERP fue probado en Países Bajos, el tema de la privacidad de movilidad también fue impedimento para ejercer este tipo de medida. En un principio, el sistema implementado en Singapur contaba con 42 pórticos (70 hoy en 2017) situados en posiciones fijas alrededor del Centro de Negocios y en puntos de la ciudad que presentaban alto tráfico de vehículos a ciertas horas del día. Sin embargo, actualmente solo hay pórticos de recolección de tarifas alrededor del Centro de Negocios de la Ciudad.

En términos simples, el sistema ERP de Singapur funciona mediante la combinación de frecuencias de radio, tecnologías de tarjetas inteligentes, detección óptica, cámaras y computadores; todo trabajando unificadamente para prestar un servicio virtualmente sin fallas (Goh, 2002). Aún más, la implementación del sistema de tarifas electrónicas en Singapur, logró una disminución en el tráfico del 17%. Esto, entrando en el margen de proyecciones esperado de una reducción de entre 10% y 20% en el flujo de vehículos al Centro de Negocios de la Ciudad (Kaur, 1998). Adicionalmente, las ventajas de implementar este sistema electrónico son: primero que todo, al ser un sistema electrónico y totalmente automatizado, el personal y los costos previamente asignados para mantenerlo son reasignados a otras áreas en la ciudad; segundo, el sistema ERP permite cargar la tarifa apropiada dependiendo del tipo de vehículo, la vía circulada y el horario del día, generando así una tarifa ajustada a las diversas variables que actúan en el sistema de cobro vial eficiente. Adicionalmente, no es necesaria la disminución de la velocidad para que el cobro sea eficiente, ya que gracias al sistema del *Electronic Road Pricing* y su sistema integrado de pórticos y *transponder*, la tarifa puede ser aplicada a vehículos que transitan a una velocidad de hasta 100 km/h; evadiendo así contratiempos generados por una disminución en la velocidad para transitar la vía en cuestión. Más aún, el sistema de cámaras integrado al pórtico del ERP logra captar los vehículos que transitan bajo el pórtico, sus placas y la velocidad a la que se encuentran al momento. Gracias este sistema, junto con el *transponder* y su acción de tarjeta personal, el sistema de cobro de tarifas electrónicas logra cubrir las necesidades de la ciudad en términos del



flujo vehicular, cobro de impuesto de rodamiento y calidad del aire de una manera eficaz y precisa respecto a cada tipo de vehículo, vía y horario establecido y finalmente dan a los conductores un conocimiento del verdadero costo social de usar vehículos automóviles para desplazarse por distintas vías y a ciertos periodos de la jornada.

Desafíos y Contratiempos del Sistema ERP

Aunque el sistema de cobro electrónico sea una buena opción para combatir los problemas de movilidad en áreas urbanas en crecimiento, este ha tenido sus desafíos y problemáticas en la ciudad estado de Singapur y de los cuales es necesario un propio análisis antes de saltar a conclusiones respecto a su aplicabilidad internacional. Según Ison (1998), la intención o factibilidad de aplicar un sistema de cobro vial depende de básicamente cuatro factores: voluntad política, aceptación pública, restricciones presupuestarias y la disponibilidad de alternativas. Correspondientemente, con el fin de implementar un sistema de cobro vial efectivo, es necesario tener en cuenta estas variables y de ser necesario asegurar el buen desarrollo del sistema en base a estos cuatro aspectos.

Adicionalmente, dentro de las complicaciones proyectadas para el sistema ERP se encuentra el hecho de generar un cobro efectivo respecto a la demanda de vehículos por carretera y un horario determinado. Aún más, el factor de la privacidad influye altamente en el aspecto de aceptación pública. Esto pues, el sistema de cámaras y pórticos empleados en el ERP puede en algún grado ser tomado como un método de violación a la privacidad ciudadana al tomar registro de flujo de vehículos por ciertas vías en espacios del día selectos.

Manejo de Política ERP

El sistema en el cual está basado el ERP en la ciudad-estado de Singapur radica en el concepto de cobrar tarifas dependiendo de la hora del día, como se había discutido anteriormente. Específicamente, la política implementada busca cobrar tarifas elevadas en horas de la mañana y la tarde (horas pico respectivamente) y disminuir el costo de tránsito en el día o noche con flujo normal de vehículos.

Figura 3. ERP Tarifas & Localización 2000.

Tarifas del ERP por Autopistas (en dolares de Singapur)																														
Vias Arteriales																														
Hora	Calle Bendemeer Interacambio Woodsvile						Calle Kallang Westbud Rio Kallang						Calle Thomson Toa Payoh						Zona Restringida (Autopista Nicoli)						Zona Restringida (Todas las demás)					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
7:30-8:00 a.m.	0.25	0.25	0.40	0.50	0.40	0.50	0.25	0.25	0.40	0.50	0.40	0.50	0.25	0.25	0.40	0.50	0.40	0.50	0.50	0.50	0.80	1.00	0.70	1.00	0.25	0.25	0.40	0.50	0.40	0.50
8:00-8:30 a.m.	0.25	0.25	0.40	0.50	0.40	0.50	0.25	0.25	0.40	0.50	0.40	0.50	0.50	0.50	0.80	1.00	0.70	1.00	1.25	1.25	1.90	2.50	1.70	2.50	1.00	1.00	1.50	2.00	1.40	2.00
8:30-9:00 a.m.	0.25	0.25	0.40	0.50	0.40	0.50	0.25	0.25	0.40	0.50	0.40	0.50	0.50	0.50	0.80	1.00	0.70	1.00	1.25	1.25	1.90	2.50	1.70	2.50	1.25	1.25	1.90	2.50	1.70	2.50
9:00-9:30 a.m.	0.25	0.25	0.40	0.50	0.40	0.50	0.25	0.25	0.40	0.50	0.40	0.50	0.25	0.25	0.40	0.50	0.40	0.50	1.00	1.00	1.50	2.00	1.40	2.00	1.00	1.00	1.50	2.00	1.40	2.00
9:30-5:30 p.m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0.50	0.80	1.00	0.70	1.00	0.50	0.50	0.80	1.00	0.70	1.00
5:30-6:00 p.m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0.75	1.15	1.50	1.00	1.50	0.75	0.75	1.15	1.50	1.00	1.50
6:00-6:30 p.m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	1.00	1.50	2.00	1.40	2.00	1.00	1.00	1.50	2.00	1.40	2.00
6:30-7:00 p.m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0.50	0.80	1.00	0.70	1.00	0.50	0.50	0.80	1.00	0.70	1.00

Fuente: Goh (2002)

Como se observa en la Figura 3, las tarifas no solo varían dependiendo de la carretera o vía, pero también se tiene en cuenta, como ya está antes clarificado, el tipo de vehículo y el horario en cada jornada. Este enfoque está basado en el concepto de que no todas las vías transitables son iguales en amplitud y longitud o requieren del mismo tipo de mantenimiento al igual que cada vehículo posee características que varían el costo social que este representa (número de ejes, tamaño y emisiones de CO₂). Respectivamente, al día de hoy es posible, por medio de plataformas virtuales, conocer la tarifa aplicable a cada uno de los pórticos distribuidos en las distintas carreteras de la ciudad dependiendo del tipo de vehículo que vaya a transitar por estas.

En efecto, el intento por disminuir la congestión de tráfico en el área urbana sin ampliar las vías designadas para el flujo de vehículos lleva a otro nivel la forma de distribución del transporte en la ciudad. Asimismo, el desarrollo e implementación de un buen sistema de transporte público es vital para una red de transporte integrada eficiente desde un ámbito de aplicación del sistema ERP. Por consiguiente, el sistema de cobro electrónico vial busca incentivar a los viajeros a elegir el modo de transporte que se acomode mejor a sus necesidades; esto, teniendo en cuenta el costo y el tiempo empleado en ello. Por esta razón, el gobierno de Singapur se ha empeñado por sistematizar su sistema de transporte público y privado de manera tal que logren suplir de forma adecuada la demanda de los ciudadanos. Correspondientemente, la línea del metro se ha buscado ampliar a un total de 130 km o más en los últimos años y se ha buscado que las compañías privadas que ofrecen el servicio de buses logren implementar establecer un sistema puntual de servicio de transporte por medio del cual la llegada y salida de buses alrededor de la ciudad sea estandarizada para la comodidad de los usuarios. Adicionalmente, con el fin de proveer al usuario con mayor información respecto al tráfico y estado de las vías en diversos puntos de la ciudad, la ciudad cuenta con otros sistemas para la administración de la congestión como lo son el GLIDE o *Green Link Determining System* y el EMAS o *Expressway Monitoring and Advisory System*.

Política Pública

Conceptualmente, una política pública es tomada como un plan de acción por parte del gobierno que busca dar solución a problemáticas o aspectos de orden público que necesitan una mejora. Así, este plan de acción surge de un proceso de diagnóstico y análisis de factibilidad para la atención efectiva de estos problemas públicos específicos. En este tipo de casos de acción, la ciudadanía puede participar activamente en la definición de problemas y soluciones (Fischer, 2003).



Por otro lado, el enfoque dado a una política pública y su aplicación al problema a solucionar varía de caso a caso. Las variables afectando el tipo de enfoque tomado frente a una problemática de orden público puede ser social, económica, política e incluso ambiental; todo esto dependiendo del tipo de solución al que se quiera llegar. Al tomar el caso de Singapur y su sistema de cobro de tarifa por medios electrónicos, es posible inferir, después del análisis expuesto anteriormente, que el objetivo principal del gobierno de la ciudad-estado se basa principalmente en tres aspectos: movilidad, productividad y medio ambiente. Con el fin de dar solución al problema público del tráfico de vehículos en una ciudad con espacio terrestre reducido, el gobierno de Singapur optó por enfocarse en una mejora de la movilidad que posee repercusiones económicas y ambientales. Esto pues, como ya se ha mencionado anteriormente, la alta demanda de vehículos y poca oferta de vías que lleva a embotellamientos en el tráfico llega a afectar la productividad total del área urbana y la calidad del aire de la misma. Sin lugar a dudas, gracias a la implementación de distintos sistemas de control de tráfico y mejoras en el sistema público masivo y privado de la ciudad, Singapur ha logrado dar solución al problema público generado por la gran cantidad de vehículos automóviles frente a una cantidad constante de carreteras.

En efecto, aunque el estudio de la política general posee una larga historia, el concepto de política pública es, en términos generales, moderno y su definición y estudio no tomó rumbo sino hasta la primera mitad del siglo XX. De hecho, el grueso de las investigaciones y modelos de política pública no tienen más de cinco décadas desde su implementación y desarrollo conceptual (Birkland, 2015). Es claro pues, que el objetivo general de una política pública es dar solución a un problema de orden público que pueda afectar distintas variables en una sociedad. Para este fin y gracias a los estudios conceptuales de una política pública y su implementación, es necesario tener en cuenta que existen ciertos modelos a los cuales la mayoría estas pueden ser anexa-

dos y ciertos pasos necesarios para identificar el tipo de política aplicable a cada tipo de situación.

Con la finalidad de explicar más a fondo los modelos de política pública y el proceso para aplicarla, es posible tomar como referencia la siguiente imagen conceptual.

Figura 4. Las etapas para implementar un modelo de política pública



Fuente: Elaboración Propia, basada en Birkland (2015).

Como se puede observar en la imagen anteriormente anexada, la metodología de aplicación e implementación de cierta política de orden público radica principalmente en la evaluación del problema planteado. De esta manera, a partir de un problema definido y sus implicaciones sociales, económicas, ambientales, etc., se logra proseguir a sentar una agenda para evaluar las alternativas de acción y enfoque con el fin de llegar a una solución. Ya con un enfoque de política definido, la promulgación e implementación de esta serán definidas por la viabilidad de la propuesta respecto a las variables implicadas. Por ejemplo, si el problema que se busca resolver es, en efecto, mejorar la movilidad en el área urbana y la metodología de acción o modelo de política pública es definido por costos y beneficios del usuario de vehículos automóviles, resulta imperativo generar una propuesta de política pública a usar que considere las variables implicadas; ya sean, la aceptación del público, la cultura ciudadana, las alternativas de transporte público y hasta el presupuesto requerido para implementar este tipo de enfoque o acción. En contraste, después de una apropiada promulgación e implementación de política pública, se busca finalmente realizar otra evaluación general de la situación. En este caso, la finalidad es resaltar la efectividad de haber aplicado dicho modelo al problema inicial y comparar las proyecciones esperadas antes de su implementación con los resultados posteriores a esta.

Con relación a la teoría sobre políticas públicas, es posible encontrar marcos de modelos conceptuales con el fin de identificar y construir una política pública adecuada. Esto pues, teniendo en cuenta el enfoque y la metodología de resolución de problemas que se busca seguir. Dada la teoría existente referente a los enfoques de políticas públicas, es posible asociar el sistema ERP de Singapur con un análisis de costos-beneficios. Este análisis o modelo parte del hecho base de que con el fin de mejorar uno o más aspectos, en este caso público, económico y ambiental, es necesario tener en cuenta que hay costos a asumir. Por ejemplo, al emplear una política pública con el fin de cesar desechos plásticos perjudiciales al medio ambiente, puede ser necesaria una política de materiales reciclables para la cual, en ciertos casos, el costo del bien, empleando el nuevo material, puede llegar a incrementar. En efecto, con el fin de disminuir el daño de ciertos materiales de fabricación al medio ambiente, el costo del producto final aumenta a cambio de un beneficio socio-ambiental específico.

De esta manera, con el fin de aplicar un sistema de ERP basado en aquel empleado en Singapur desde el año 1998, es necesario tener en cuenta un enfoque de costos-beneficios con el fin de usar un modelo de política pública adecuado a este tipo de controles a la movilidad. Por otro lado, tener en cuenta las variables sociales, económicas, ambientales y regulatorias de la ciudad en su aplicación es imperativo para así generar una proyección adecuada de las consecuencias de un proyecto de infraestructura de la magnitud del cobro electrónico de tarifas.

Impacto Social

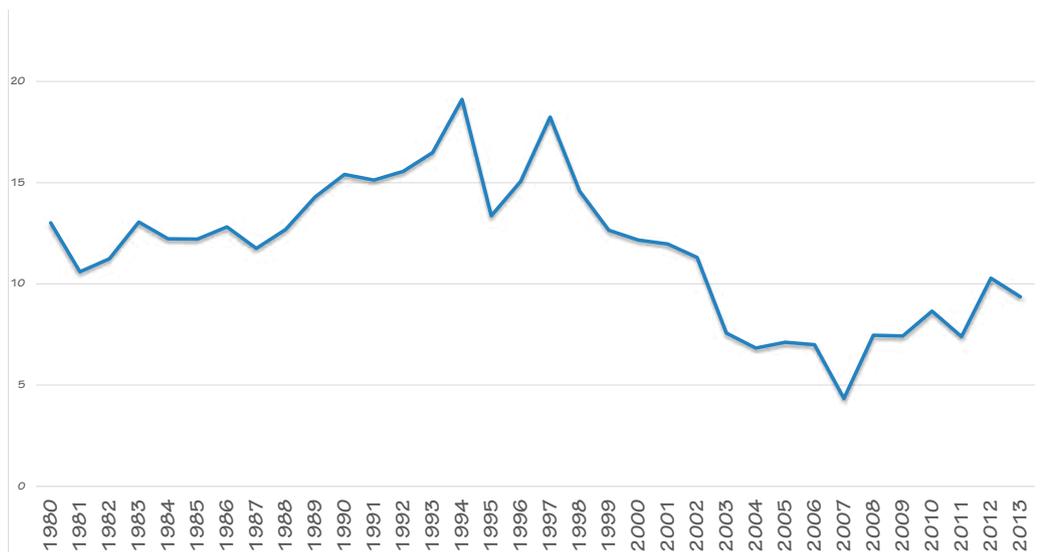
Desde la década de 1970, Singapur ha venido empleando medidas de control al tráfico vehicular en sus vías con el fin de disminuir tiempos de retraso, aumentar la movilidad general de la ciudad y la calidad del aire. Con este fin, se ha implantado en la población, la idea de que el poseer un vehículo automóvil y usarlo para transportarse dentro de la ciudad genera un costo social que impacta a la población como un todo. Por medio de campañas de concientización e información al público sobre las repercusiones de un alto tráfico de vehículos dentro de la ciudad, la población general ha venido encajando su diario vivir a las políticas públicas del gobierno local para aumentar la movilidad local. Con la incapacidad de construir más vías por un espacio territorial limitado, el transporte público en la ciudad tiene estándares de calidad y eficiencia elevados con el fin de incentivar su uso para un mayor beneficio poblacional. Estos enfoques públicos, como los altos costos para obtener la propiedad de un vehículo automóvil en el estado de Singapur, han creado una cultura ciudadana que se acopla adecuadamente a las necesidades de la ciudad.

Por el contrario, una política de restricción a la movilidad por un cobro electrónico en la ciudad de Medellín, puede traer repercusiones sociales parecidas a las presentadas en Hong Kong en el año 1983, donde el sistema falló debido a su rechazo público. Con el fin de disminuir las probabilidades de dichas repercusiones sociales, un fuerte enfoque inicial de educación ciudadana y concientización es fundamental. Esto, acompañado de una alta sistematización y estandarización del transporte público en la ciudad para así, dar la oportunidad a los ciudadanos de usar un método alternativo de transporte y encajar en un modelo de política pública de costos y beneficios eficiente. En efecto, el sistema de movilidad debe estar enfocado a ser altamente efectivo para la población general (Pineda, 2015). En sí, el tiempo de movilización dentro de una ciudad grande no debe exceder los 40 minutos y solo una pequeña parte de la población demora más de dos horas en el desplazamiento intra-urbano. Exceder este tiempo hace inefectiva la movilidad y expresa la necesidad de un cambio. Adicionalmente, una percepción local recalca que la movilidad por medio del transporte público resulta muy favorable, pero se deben tener en cuenta los factores del precio, la comodidad y la seguridad. Asimismo, para que el modelo sea exitoso, una infraestructura adecuada de movilidad debe ser implementada con el fin de suplir a la demanda de viajeros de una manera adecuada. En otras palabras, se requiere una aceleración y sistematización suficiente de los tiempos de respuesta y operación de los sistemas de transporte público en la ciudad con el fin de reducir la cantidad de vehículos automóbiles que circulan diariamente la ciudad, la cual llega a 1'200.000 según cifras de la Secretaría de Movilidad de Medellín. En efecto, el costo del transporte debe ser tomado más allá del factor económico; esto pues, menores tiempos de viaje generan beneficios en otros aspectos de orden económico y social.

Impacto Ambiental

Es claro pues, el hecho de la contaminación ambiental por medio de estancamientos en el tráfico. Esto, ya que vehículos automóviles en tráfico pesado tienden a emitir hasta tres veces más gases malignos para el medio ambiente que aquellos en movimiento constante (Soylemezgiller, Kuscuy y Kilinc, 2013). En contraste, el aumento en la movilidad gracias a la implementación del sistema ERP es un hecho; sin embargo, una relación directa entre el uso del sistema de cobro electrónico de tarifas y la calidad del aire en una urbe no se encuentra establecida conceptualmente. No obstante, gracias a las bases de datos del Banco Mundial, es posible identificar un patrón en la siguiente gráfica.

Figura 5. Emisiones de CO₂, Singapur. 1960-2017

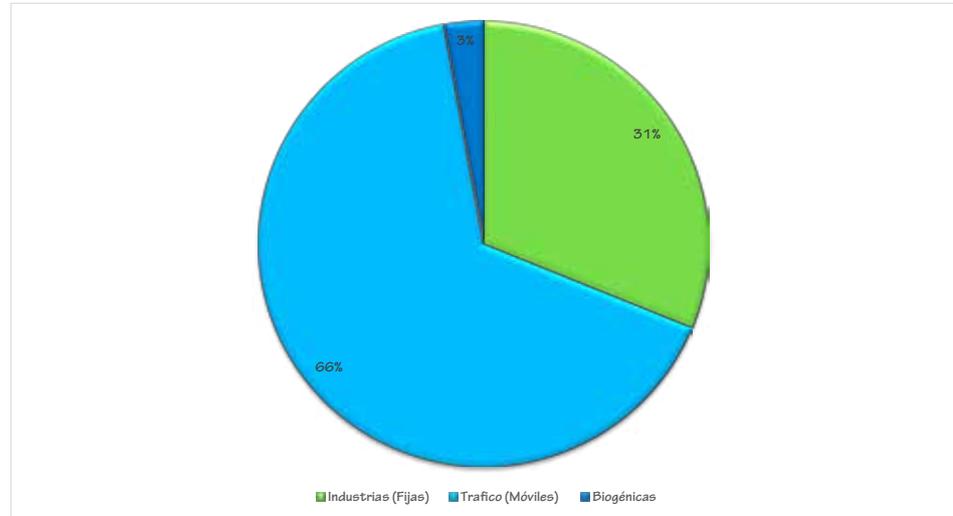


Fuente: Banco Mundial (s.f).

Con base a la ilustración anterior, es posible identificar un punto de quiebre a las emisiones de CO₂ en la ciudad-estado de Singapur. Donde se presenta un pico de baja alrededor del año 1998 en que comienza la medida de cobro vial de tarifas a ser implementada. Gracias a los datos de emisiones del Banco Mundial es posible tener una idea del impacto ambiental del sistema ERP. Sin embargo, a falta de datos concretos respecto al tema, las conclusiones en este ámbito son claramente limitadas. Por otra parte, respecto a la ciudad de Medellín, se pueden observar diversos contaminantes y fuentes de emisión de polución a lo largo de la ciudad y provenientes de variadas fuentes.

Problemática en Medellín

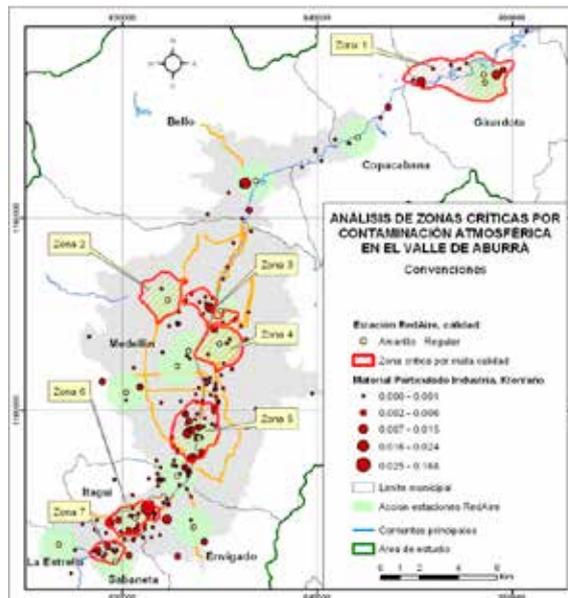
Figura 6. Área Metropolitana del Valle de Aburrá



Fuente: Elaboración Propia con base en UPB (2006).

En este caso, como es posible apreciar en la gráfica anterior, es claro que gran parte de la contaminación total dentro de la ciudad de Medellín proviene del tráfico pesado de vehículos en sus vías. Esta información genera una percepción de la necesidad de un control a la movilidad. Adicionalmente, existe un efecto pasivo poco enfatizado al momento de medir niveles de contaminación y es la emisión de gases cancerígenos y que llegan a afectar a la población de una forma aún más seria. En contexto local, estos se concentran en áreas con la mayor densidad poblacional como se puede apreciar a continuación.

Figura 6.1 Área Metropolitana del Valle de Aburrá



Fuente: Universidad Nacional (2007).

Impacto Económico

En esencia, el costo inicial de instalar el sistema de *Electronic Road Pricing* en Singapur en el año 1998 fue de US\$115.000.000 (SIEMENS, 2014). Adicionalmente, el costo anual de operación para el sistema es de tan solo US\$9.000.000 en contraste con los US\$45.000.000 que genera anualmente en ingresos por el cobro de tarifas a la movilidad. En comparación, construir un nuevo puente tiene un valor estimado de US\$69.318.700,00 (205.000.000.000 COP) según la alcaldía de Medellín para el año 2012. En su documento de prensa al 20 de abril del 2012, el alcalde de la ciudad entregó el puente interurbano más grande del país 'Gilberto Echeverri Mejía'. El cual, únicamente facilita los tiempos de movilidad temporalmente; esto debido a la creciente oferta de vehículos en las vías de Medellín.

Con base a la información previamente expresada, el análisis económico respecto a la implementación de dicho sistema de cobro de tarifas es clara. En efecto, una inversión inicial de US\$115.000.000 para la ciudad de Singapur ha generado alrededor de US\$612.000.000 en ganancias para la ciudad-estado y ha aumentado la movilidad con el paso de los años, casi totalmente independiente de la oferta de vehículos en tránsito.

Conclusiones

El sistema de *Electronic Road Pricing*, empleado en Singapur para el año 1998 como mejora al sistema manual de ALS es un método electrónico de recolecta de tarifas al tránsito por ciertas vías de la ciudad. Impulsada por los problemas de movilidad y pérdida de la eficiencia en ciertas zonas y debido a las restricciones de la ciudad-estado de expandir su malla vial por falta de masa terrestre, el sistema ERP ha sido la opción más viable para mejorar la movilidad, aumentar la productividad local; al reducir los tiempos de espera y mejorar la calidad del aire.

Este sistema electrónico, que funciona mediante cámaras fotográficas, cámaras de video y en conjunto con sensores de movimiento y tecnología para el cobro de tarifas a larga distancia, cumple también la función de incentivar a la población a usar medios de transporte alternativos. Gracias a la política pública empleada por el gobierno de Singapur por medio de un marco de costos y beneficios, la cultura e información respecto al costo social de usar un vehículo se ha fortalecido en la población. Adicionalmente, el modelo de costos y beneficios estimula a los locales a escoger el medio de transporte que más se acomode a sus necesidades y capacidades económicas, esto, teniendo en cuenta que transitar por una vía a velocidad constante terminaría siendo más costoso a cierta hora del día. El sistema ERP toma en cuenta la densidad de vehículos por vía y a cierto horario; generando así un cobro de tarifa mayor entre más oferta de vehículos se presente.

Adicionalmente, el volumen de tráfico en vías monitoreadas con el sistema ERP disminuyó en un 17% después de su implementación, incrementando así la movilidad general en la ciudad. Por otro lado, la contaminación ambiental en Singapur por partículas de CO₂ en la atmósfera ha logrado disminuir desde el año 1998 aludiendo a la teoría de contaminación ambiental por automóviles estancados en tráfico de Soylemezgiller. Sin embargo, los datos exactos de la relación ERP-calidad del aire en Singapur no están disponibles al público general generando una barrera a la información para expresar una conclusión con más exactitud.

Sin lugar a dudas, gracias al enfoque optado por el gobierno de Singapur buscando enfatizar la necesidad de un cobro de tarifas en la ciudad; con el paso de los años, la población de Singapur ha llegado a asimilar la necesidad económica, social y ambiental de un control a la movilidad apropiado a las condiciones de la ciudad. Esto, de la mano de un buen sistema integrado de

transporte masivo y transporte privado, han logrado un efecto social moderado para el tipo de política que se estandarizó localmente.

No obstante, con el fin de implementar un sistema de cobro electrónico de tarifas similar al ERP de Singapur en la ciudad de Medellín y así disfrutar de los beneficios que un buen sistema de control al tráfico vehicular ofrece, es necesario tener en cuenta la divergencia respecto a infraestructura y cambios socio-culturales entre las dos ciudades. Independientemente de la necesidad en que la ciudad de Medellín se encuentra respecto a una mejora en su movilidad y su calidad del aire, si se busca un efecto positivo a la movilidad con aceptación ciudadana, es necesaria la concientización poblacional respecto a la necesidad de implementar el sistema y las proyecciones a largo y mediano plazo del mismo. Igualmente, un sistema de transporte público apropiadamente articulado y sistematizado es necesario para brindar a los viajeros opciones de transporte más económicas con un desempeño sobresaliente. Finalmente, con el fin de profundizar en las proyecciones y aplicaciones del sistema ERP a la ciudad de Medellín se expondrán nuevos resultados del proyecto de investigación en los próximos meses conforme la información requerida sea obtenida y analizada.

>>>

Referencias

- A. (2006). Medellín y su Población. Documento Técnico de Soporte TOC, 83-90.
- Arrow, K. J., Cropper, M. L., & Eads, G. C. (science). Is There a Role for Benefit-Cost Analysis in Environmental, Health and Safety Regulation? [Resumen]. 221-222.
- Birkland, T. A. (2015). *An Introduction to the Policy Process* (Third Ed.). New York, USA: Routledge.
- Ferno, D. (1993, August). *Electronic Toll Collection Systems* [PDF]. College Station, Texas: Department of Civil Engineering, Texas A&M University.
- Fischer, F. (2003). *Reframing Public Policy*. Oxford, UK: Oxford University Press Inc.
- Fuyama, S. (21 Enero 2003). *U.S. Patent No. US6509843 B1*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Goh, M. (2002). Congestion management and electronic road pricing in Singapore. *Journal of Transport Geography*, 29-38. Faculty of Business Administration, National University of Singapore
- Ison, (1998) S. Ison *A concept in the right place at the wrong time: congestion metering in the city of Cambridge*. *Transport Policy*, 5 (3) (1998), pp. 139-146.
- Kaur, (1998) Kaur, K., 1998. *Good start for ERP gantries*. The Straits Times. April 2, 1998
- Phang, S., y Toh, R. S. (1997). From Manual to Electronic Road Congestion Pricing: the Singapore Experience and Experiment. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 33(2), 97-106.
- SIEMENS. (2014). *City Climate Leadership Awards*. Singapur.
- Soylemezgiller, F., Kuscu, M., & Kilinc, D. (2013). *A Traffic Congestion Avoidance Algorithm with Dynamic Road Pricing for Smart Cities*. Istanbul, Turkey: Provus Information Technologies Inc.