

January 2014

## Evaluación de impacto del sistema de transporte Metrolínea: revisión de metodologías

Juan Carlos Rodríguez Marín

*Universidad Autónoma de Bucaramanga, jrodriguez34@unab.edu.co*

Jhon Alexis Díaz Contreras

*Universidad Autónoma de Bucaramanga, jdiaz18@unab.edu.co*

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/eq>

---

### Citación recomendada

Rodríguez Marín, J. C., y J.A. Díaz Contreras (2014). Evaluación de impacto del sistema de transporte Metrolínea: revisión de metodologías. *Equidad y Desarrollo*, (22), 121-135. <https://doi.org/10.19052/ed.3253>

This Artículo de Investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in *Equidad y Desarrollo* by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

# Evaluación de impacto del sistema de transporte Metrolínea: revisión de metodologías\*

121

Juan Carlos Rodríguez Marín\*\*

Jhon Alexis Díaz Contreras\*\*\*

## Palabras clave

Evaluación de impacto, métodos econométricos, servicio de transporte, bienestar

## Clasificación JEL

C52, D61, H54, L91

## Resumen

El servicio de transporte, como bien intermedio, adquiere una dimensión importante si se quiere mejorar la calidad de vida de la personas. El sistema de transporte público constituye uno de los determinantes de la eficiencia económica de las ciudades y de la integración social de sus habitantes. Por tal razón, los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, del departamento de Santander, desarrollaron el Sistema Integrado de Transporte Masivo de Pasajeros para Bucaramanga y su Área Metropolitana (SITM Metrolínea). El objetivo del trabajo es construir un marco teórico para la formulación de una metodología de evaluación de impacto de la fase I del sistema Metrolínea.

---

Cómo citar este artículo: Rodríguez Marín, J. C. y Díaz Contreras, J. A. (2014). Evaluación de impacto del sistema de transporte Metrolínea: revisión de metodologías. *Equidad & Desarrollo* (22), 121-135.

---

Fecha de recepción: 30 de mayo del 2014 • Fecha de aceptación: 22 de septiembre del 2014

\* Este trabajo forma parte de la investigación *Metodologías para la evaluación de impacto de políticas, programas y proyectos públicos*, financiada por la Dirección de Investigaciones de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

\*\* Magíster en Economía. Profesor investigador del Programa de Economía de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia. Miembro del grupo de investigación Dinámicas Sectoriales. Correo electrónico: jrodriguez34@unab.edu.co

\*\*\* Magíster en Economía. Profesor investigador del programa de Economía de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia. Miembro del grupo de investigación Dinámicas Sectoriales. Correo electrónico: jdiaz18@unab.edu.co

## Impact Assessment of the Metrolínea Transport System: A Review of Methodologies

### Abstract

Transport service, as an intermediate good, becomes an important aspect if you want to improve people's quality of life. Public transport system is one of the determinants of the economic efficiency of cities and the social integration of their inhabitants. For this reason, the municipalities of Bucaramanga, Floridablanca, Girón, and Piedecuesta (Department of Santander) developed the Integrated Mass Transit System of Passengers for Bucaramanga and its metropolitan area (SITM Metrolínea). This article aims to develop a theoretical framework for a methodology to assess the impact of Phase I of the Metrolínea system.

### Keywords

Impact assessment, econometric methods, transport service, welfare

## Avaliação de impacto do sistema de transporte *Metrolínea*: revisão de metodologias

### Resumo

O serviço de transporte, como bem intermediário, adquire uma dimensão importante se o objetivo é melhorar a qualidade de vida das pessoas. O sistema de transporte público constitui um dos determinantes da eficiência econômica das cidades e da integração social de seus habitantes. Por esta razão, os municípios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón e Piedecuesta, do Departamento de Santander, desenvolveram o *Sistema Integrado de Transporte Masivo de Pasajeros* (SITM Metrolínea). O objetivo do trabalho é construir um marco teórico para a formulação de uma metodologia de avaliação de impacto da fase I do sistema Metrolínea.

### Palavras chave

Avaliação de impacto, métodos econométricos, serviço de transporte, bem-estar

## Introducción

El objetivo del presente trabajo es construir un marco teórico para la formulación de una metodología de evaluación de impacto del Sistema de transporte Metrolínea del Área Metropolitana de Bucaramanga. El documento se encuentra organizado en tres partes. En la primera se analiza la importancia de los sistemas de transporte masivo en las ciudades y su impacto en el bienestar social. Asimismo, se estudian los elementos que deben comprender un análisis de impacto en el caso del sector de transporte. En la segunda parte se exponen las metodologías existentes para la evaluación de impacto de programas y proyectos, y en la tercera parte se recopilan algunas de las aplicaciones de estas metodologías en Colombia, a partir de la incursión de los sistemas integrados de transporte masivo de pasajeros (SIT). El trabajo finaliza con algunas conclusiones.

## Sistemas de transporte

La realización de obras de infraestructura vial genera un enorme interés por parte de las entidades públicas, en especial los planificadores y los tomadores de decisiones, por la medición del impacto de este tipo de obras en la generación de plusvalía y en su cuantificación y captura.

El crecimiento desordenado y no controlado de las ciudades, el aumento en la densidad poblacional y de empleo, mayores alturas en la edificaciones, así como con redistribuciones de los modos de transporte motorizados y no motorizados, podrían llevar a suponer que las inversiones en transporte masivo, cuyo objetivo principal es el mejoramiento de la accesibilidad y movilidad, implican un impacto en el uso y valor del suelo.

El servicio de transporte, como bien intermedio, adquiere una dimensión importante si se quiere mejorar la calidad de vida de la personas. Los sistemas de transporte y su infraestructura tienen características de rivalidad en la demanda. Los medios para moverse son bienes de consumo intermedio e indivisible, no almacenables, se encuentran sujetos a una distribución espacial. Son bienes intermedios con baja sustituibilidad en los usos y saltos de capacidad, fácil conformación de estructuras monopólicas y altos costos fijos demandados por el sector para construir infraestructuras (Mendieta y Perdomo, 2008).

Las causas y las soluciones en materia de transporte deben ser eficientes desde la perspectiva económica, teniendo en cuenta el óptimo bienestar social. Bajar los costos monetarios asociados con el uso del transporte y disminuir los tiempos de acceso, de viaje y de espera podría generar ganancias en bienestar en los consumidores de transporte.

Según Pardo (2008), los sistemas BRT o bus rápido (en inglés, *bus rapid transit*) son opciones muy eficientes de mejoría de sistemas de transporte público en países en desarrollo, con base en parámetros de capacidad, costo, tiempo de construcción y otras variables. El sistema BRT consiste en un corredor exclusivo para buses, complementado por una reorganización del esquema contractual y de la prestación del servicio, así como una adecuación de características de sistemas férreos a un sistema basado en buses (p. ej., pago de pasaje en estaciones, programación de los servicios mediante un centro de control, estaciones como componente central del sistema, entre otras características).

"Bajar los costos monetarios asociados con el uso del transporte y disminuir los tiempos de acceso, de viaje y de espera podría generar ganancias en bienestar en los consumidores de transporte".

En Colombia se ha utilizado el concepto de Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM), como un sistema compuesto por rutas con corredores troncales, rutas alimentadoras y complementarias, con el fin de suplir óptimamente la demanda de transporte público. Esto se hace mediante la planificación adecuada entre la demanda y la oferta de transporte público, permitiendo así

la reducción de tiempos de viaje y una optimización de los recursos disponibles, mejorando tanto la calidad de vida de los usuarios como la rentabilidad para los transportadores (Díaz y Layton, 2004).

Para Betancor y Valido (2009), las infraestructuras y los servicios de transporte contribuyen al crecimiento económico a través de dos vías: de forma directa, como parte del proceso productivo de las empresas que participan directamente en este sector e, indirectamente, al crear nuevas oportunidades y disminuir ineficiencias en el resto de la economía mediante la reducción de los costos de desplazamiento de personas y mercancías.

El sistema de transporte público constituye uno de los determinantes de la eficiencia económica de las ciudades y de la integración social de sus habitantes.

Un sistema de transporte capaz de proveer movilidad eficiente y accesibilidad amplia a todos los habitantes de la ciudad, constituye una poderosa herramienta para impulsar el crecimiento, combatir la pobreza y asegurar la cohesión política y social. Permite que los mercados de productos y de factores (particularmente el mercado laboral) funcionen mejor, y que los habitantes de la ciudad tengan mayores oportunidades. Asimismo, la implementación de los SITM busca reducir la accidentalidad vehicular en las ciudades, mejorar los niveles de seguridad, recuperar el espacio público e incrementar la cultura ciudadana (Documento Conpes 3260, 2003).

El análisis de los sistemas de transporte y de los impactos generados adquiere gran relevancia, ya que se debe tener especial cuidado de verificar si la implementación de sistemas de transporte masivo efectivamente genera mejoras en el bienestar social.

Según De Rus (2010), el sistema de transporte de una sociedad puede ser analizado desde dos puntos de vista: por un lado, puede verse como un conjunto de relaciones técnicas mediante las que se busca la manera más efectiva de utilizar los recursos productivos de los que dispone la sociedad para mover personas y mercancías entre distintos lugares y, por otro lado, se trata también de un conjunto de relaciones económicas, cuya finalidad es que dichos movimientos se realicen de la forma más eficiente, es decir, asignando esos recursos de manera que las personas que forman parte de dicha sociedad alcancen, en su conjunto, el máximo bienestar posible.

Asimismo, cuando se realizan inversiones en transporte público en grandes ciudades, además de proveer un insumo clave para el crecimiento económico, se pueden tener efectos indirectos llamados externalidades. Las externalidades se definen como los efectos no controlables generados por la actividad de consumo o de producción de un agente que puede afectar a otro y otros agentes de la sociedad. La característica crucial de las externalidades es que existen bienes que interesan a los individuos, pero que no se venden en los mercados. Si hay externalidades, el mercado no da lugar necesariamente a una asignación eficiente en el sentido de Pareto (Varian, 1998).

Mejoras en el servicio de transporte, sobre todo en países en desarrollo, traen consigo una disminución en los costos de las mercancías, nuevas oportunidades de trabajo, desarrollo de nuevas áreas para el establecimiento de industrias, fomento de la producción agropecuaria y crecimiento de zonas urbanas (Mendieta y Perdomo, 2008). De la misma manera, existen efectos indirectos como congestión,

accidentalidad, contaminación del aire con efectos en la salud pública, contaminación auditiva, disminuciones de la productividad agrícola y pérdida de estética.

Los efectos de las externalidades generan costos sociales que implican un cambio en el bienestar social. Los costos originados por el sector del transporte se expresan en términos de pérdidas en valores mercadeables o no mercadeables, con una disminución del nivel de bienestar para la sociedad.

Los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta desarrollaron el Sistema Integrado de Transporte Masivo de Pasajeros para Bucaramanga y su Área Metropolitana, SITM Metrolínea. Este es un sistema compuesto por rutas con corredores troncales, rutas alimentadoras y complementarias, cuyo objetivo es suplir la demanda de transporte público, mejorar la movilidad vehicular y disminuir la contaminación generada por sistemas tradicionales de transporte.

Metrolínea entró en funcionamiento en febrero del 2010, con una inversión total de 1 018 632 millones (a pesos constantes del 2008), con aportes de entidades públicas nacionales y locales. Esta inversión se destinó a la construcción y adecuación de 136,7 km de vías, la consecución de 368 vehículos y la construcción de 86 estaciones de transferencia.

Según el documento Conpes 3552, la implementación del SITM en el área metropolitana de Bucaramanga deberá tener diferentes beneficios como el mejoramiento en la accesibilidad y la calidad de vida de los ciudadanos. Habrá una reducción en los tiempos de viaje, lo que se traducirá en mayor disponibilidad de tiempo para otras actividades. Asimismo, con la integración de un sistema de transporte más moderno, adaptado a combustibles limpios, se espera reducir las emisiones de gases con efecto invernadero, contribuyendo así a la salud pública.

"Los efectos de las externalidades generan costos sociales que implican un cambio en el bienestar social. Los costos originados por el sector del transporte se expresan en términos de pérdidas en valores mercadeables o no mercadeables, con una disminución del nivel de bienestar para la sociedad".

## Evaluación de impacto

La evaluación de impacto tiene el objeto de determinar en forma general si un programa o proyecto produjo los efectos deseados en las personas, hogares e instituciones, y si esos efectos son atribuibles a su intervención. A su vez, permite examinar consecuencias no previstas en los beneficiarios, ya sean positivas o negativas.

La evaluación busca medir el impacto en algunas variables de resultado en un conjunto de individuos. Se busca establecer la diferencia entre las variables de resultado de los individuos que participan en el programa o proyecto y las variables de esos individuos en ausencia del proyecto.

Quizás este es uno de los principales problemas que se enfrenta en una evaluación, ya que para construir el efecto del proyecto se necesitaría conocer la diferencia entre la variable de resultado una vez que se ha implementado el programa y la variable de resultado que habría obtenido ese individuo en el caso de que no existiera el programa o proyecto, partiendo del hecho de que el segundo resultado es hipotético. En la realidad solo se puede dar uno de estos dos resultados.

Por lo tanto, en una evaluación de impacto se debe estimar el escenario contrafactual o simulado alternativo, es decir, lo que habría ocurrido si el proyecto nunca se hubiera realizado o lo que habría ocurrido normalmente (Baker, 2000). Esto se logra con la ayuda de grupos de comparación o de control (aquellos que no participan en un programa ni reciben beneficios), que luego se comparan con el grupo de tratamiento (personas que reciben la intervención).

Posteriormente a la elección del grupo de control, surge un problema adicional a la evaluación de impacto, y es la posible generación de estimaciones inexactas del efecto del programa o proyecto, dado que pueden existir diferencias entre las variables de resultado del grupo de tratamiento y las del grupo de control, aun en ausencia del programa. Este problema se conoce como sesgo de autoselección (Bernal y Peña, 2011).

Por lo anterior, para el diseño del escenario contrafactual existen diversas metodologías que se pueden clasificar en dos categorías generales: diseños experimentales (aleatorios) y diseños cuasiexperimentales (no aleatorios). Estos diseños buscan especialmente evitar el problema del sesgo de selección.

Los diseños experimentales intentan distribuir aleatoriamente la intervención entre los beneficiarios calificados. El proceso de asignación mismo crea grupos de tratamiento y de control comparables, que son estadísticamente equivalentes entre sí, a condición de que las muestras sean de tamaño adecuado.



Dado que es imposible tener a dos individuos idénticos, se selecciona aleatoriamente qué individuos de un grupo de estudio pertenecen al grupo de tratamiento — estos son los beneficiarios del programa — y quiénes al grupo de control, que no harán parte del programa. El efecto causal del programa es entonces la diferencia en la medias de las variables de interés entre los grupos de tratamiento y control, lo que se conoce como estimador de diferencias.

Para Bernal y Peña (2011), lo más relevante de una aleatorización exitosa es el tipo de datos que genera, más que las técnicas econométricas utilizadas. Un buen experimento social asegura que las condiciones iniciales, tanto en la variable de resultado como en otras características, sean idénticas en los grupos de tratamiento y control.

Los métodos no experimentales o cuasiexperimentales se fundamentan en la elección, no aleatoria, de grupos de control como medio para contrarrestar los efectos de selección. Dentro de este tipo de métodos se pueden encontrar los de emparejamiento o *matching* que pretenden establecer y comparar grupos de control con características muy similares a las del grupo de tratamiento. Derivado de este método, se encuentra el de emparejamiento por puntajes de propensión o *propensity score matching* (PSM), propuesto por Rosenbaum y Rubin en 1983, y el cual se define como la probabilidad de que un individuo sea beneficiado por un programa antes del funcionamiento de este, dadas unas características observables  $P(X)$ :

$$P(X) = P(D = 1|X) \forall (0 \leq P(X) \leq 1) \quad (1)$$

Donde, como cuestión técnica en los modelos de evaluación de impacto, se suele emplear la letra D para denominar  $D = 1$  a los beneficiarios y  $D = 0$  a los no beneficiarios. Como supuesto de partida, el PSM asume el criterio de independencia condicional,  $(Y_i(0)|D_i = 1, X) = E(Y_i(0) | D_i = 0, X)$  que asegura que las variables de resultados sean independientes a las del grupo de tratamiento, haciendo de esta manera que el sesgo de selección sea nulo. De igual manera, todos los individuos del grupo de control deben tener una probabilidad cercana de participación en el programa a la de los beneficiarios. Hecho por el cual el método se calcula desde la región de soporte común, en la cual se comparan las probabilidades del grupo de control con el de tratamiento, dadas las mismas características X, y donde se tienen aquellos valores de probabilidad positiva de participar o no en el programa.

El PSM es un método no paramétrico cuya estimación se realiza generalmente por medio de modelos logit o probit, en la cual la variable dependiente corresponde a una variable dicotómica de participación o no en el programa, y las variables explicativas son aquellas características comunes entre los grupos de control y tratamiento. Asimismo, se entiende como un modelo de estimación de mínimos cuadrados ponderados por la probabilidad de participación del programa (Bernal y Peña, 2011). Mediante estas técnicas, los grupos de tratamiento y de comparación se deben seleccionar después de la intervención. Por lo tanto, es necesario aplicar controles estadísticos para abordar las diferencias entre los grupos de tratamiento y de comparación y emplear técnicas de pareo para crear un grupo de comparación que sea lo más similar posible al grupo de tratamiento.

## Evaluación de impacto en el transporte

Partiendo de la definición de Rus et al. (2010), para quien un proyecto de transporte es una intervención en el mercado de transporte que afecta el equilibrio existente en dicho mercado y en la economía en general, la evaluación de impacto debe consistir en un ejercicio de comparación de equilibrios que permita valorar el bienestar social que se alcanza con la existencia del proyecto y la situación sin proyecto.

El bienestar económico o bienestar social representa el valor de los cambios en utilidad de las personas, expresados en términos monetarios. La utilidad es un concepto que representa la satisfacción de las personas derivada del consumo de bienes y servicios (Varian, 1998). Por lo tanto, el principal objetivo de una economía de mercado es la maximización del bienestar.

La economía del bienestar trata sobre el estudio del uso eficiente de los recursos escasos, por lo que el concepto de eficiencia económica, entendida como la asignación de recursos con que cuenta una sociedad a los usos que generen los mayores valores económicos, adquiere una relevancia importante en este contexto. Los principales efectos de los proyectos de transporte deberán, en consecuencia, maximizar el bienestar de la sociedad. Igualmente, los proyectos destinados a generar servicios de transporte tienen en común con los programas sociales la existencia de un costo de oportunidad. Cuando se destinan recursos para la ejecución de cualquiera de ellos, se está renunciando al mismo tiempo a los beneficios que se habrían obtenido si esos recursos se hubieran dedicado a otras necesidades.

Si los beneficios sociales de un proyecto de transporte superan los beneficios a los que la sociedad renuncia en la mejor alternativa disponible, entonces puede afirmarse que dicho proyecto contribuye a aumentar el bienestar social.

La evaluación económica de los proyectos de transporte se aborda a partir de principios que permiten valorar y cuantificar su contribución al bienestar social, desde el punto de vista de la eficiencia, y en su caso de la equidad. Una evaluación a partir de la eficiencia sería aumentar el bienestar de la sociedad, evitando que esta eligiera las asignaciones de recursos menos deseables (De Rus et al., 2010).

Desde el punto de vista de la equidad, los proyectos de transporte pueden tener un impacto en la renta neta disponible y el valor en términos reales del patrimonio de los agentes. Igualmente, en los proyectos de inversión en infraestructuras de transporte es habitual que se den efectos territoriales heterogéneos que favorezcan en distinta medida unas zonas territoriales respecto a otras, lo que se conoce como impacto sobre la equidad espacial (Eugenio, 2010).

Unos de los métodos utilizados para el cálculo de los costos sociales asociados al servicio del transporte se conoce con el nombre de *modelo de precios hedónicos*. Esta es una metodología de valoración de activos ambientales que se basa en el valor de la propiedad (finca raíz) para estimar de manera indirecta el valor de atributos ambientales que influyen en el precio de estos bienes. La premisa de este enfoque es que en la economía se tiene una clase de bienes (como la vivienda, la tierra o el trabajo) llamados heterogéneos, cuyo valor se explica, en parte, por la cualidades implícitas más que por su cantidad (Mendieta y Perdomo, 2007).

Dentro de los supuestos básicos que asume el modelo de precios hedónicos, se encuentran el de la existencia de un equilibrio de mercado, información completa, cero costos de transacción y variables explicativas de tipo continuo. Así, el modelo parte de un vector de características o atributos  $z(z_1, z_2, \dots, z_n)$ , diferenciando cada bien como  $Z(Z_1, Z_2, \dots, Z_Q)$ , para poder establecer una ecuación de precios igual a  $P = P(z) = P(Z)$ , cuya senda es determinada por la interacción entre los consumidores y los oferentes.

Del lado de los consumidores, estos maximizan su utilidad, que comprende aspectos sociodemográficos ( $\alpha_j$ ), bajo una restricción presupuestaria:  $m = x + P(Z)$ , que implica a los demás bienes no considerados en el modelo ( $x$  se asume como precio numerario) y el consumo marginal de  $Z$ . Como resultado de lo anterior se obtiene la función de pago o DAP, disposición a pagar, que muestra la cantidad de dinero que un individuo pagaría por una variación en las características del vector  $z$ , de acuerdo con un nivel de utilidad e ingreso:

$$\theta = \theta (z, U_0^j m; \alpha^j) \quad (2)$$

Del lado de los oferentes, estos maximizan su función de beneficios de acuerdo con las cantidades  $Q = (z)$  producidas y sus factores de producción y tecnología ( $\beta^k$ ). Como consecuencia, se obtiene la función de oferta, que demuestra el precio que una firma  $k$  está en disposición de aceptar para diversos diseños del bien. Asumen los precios como dados y producen un tipo de bien, de conformidad con un nivel de beneficio e ingreso determinado:

$$\varphi (z, \pi, \beta^k) \quad (3)$$

Analizado tanto el comportamiento de los demandantes como el de los oferentes, la interacción que surge entre ellos conlleva la definición del equilibrio parcial de mercado. Para tal hecho, las cantidades demandadas  $Q^D (z)$  y las ofertadas  $Q^S (z)$  deben igualarse para originar la función  $P(Z)$ . En otras palabras, el precio hedónico o implícito del bien surge cuando la disposición marginal a pagar del consumidor es igual a la disposición marginal del oferente por cobrar  $\theta = \varphi$ .

Para la estimación del modelo como tal, Rosen (1974) establece dos etapas que es necesario seguir: la primera consiste en establecer y estimar la función de precios hedónicos  $P = P(Z)$ , y la segunda, en hallar los precios marginales  $\partial P(Z)/\partial z_i$ , que reflejan la misma información que los precios del mercado para cada uno de los atributos de interés.

La definición de la forma funcional de la ecuación de precios, por su parte, no se encuentra teóricamente definida. Se establece de manera empírica, comprendiendo desde las formas funcionales más simples hasta las más complejas: lineal, semi-log, doble-log, cuadrática, Box-Cox lineal, translog y Box-Cox cuadrática. Sin embargo, en la práctica las transformaciones Box-Cox son las más empleadas, a causa de su flexibilidad, aunque son limitantes, al ser solo una aproximación de la real función de precios y no permitir la transformación de variables con valores iguales a cero o negativos.

En el caso del transporte, el método de los precios hedónicos permite identificar qué agentes y en qué medida se benefician de una inversión en transporte público, a través del análisis de la revalorización de activos como la vivienda, las oficinas, los locales comerciales o el suelo. El objetivo del método de los precios hedónicos, dentro del marco del impacto de la implantación de infraestructuras

de transporte, es identificar un parámetro que relacione una mejora de la infraestructura con un incremento en el precio de los activos inmobiliarios.

Por otra parte, el tiempo es una variable relevante en el análisis de economía del transporte, dado que los individuos enfrentan una restricción temporal diaria de veinticuatro horas y por consiguiente deben realizar una asignación de su dotación entre actividades productivas y ocio. Con el fin de obtener la máxima utilidad posible, el viajero invierte un recurso escaso y no transferible en la producción del servicio de transporte, su propio tiempo es gastado sin posibilidad de una utilización alternativa (De Rus et al., 2010).

El tiempo de viaje invertido en cualquier desplazamiento se encuentra desagregado de acuerdo con las diferentes fases o etapas del trayecto, las cuales pueden ser tiempo de viaje en el vehículo, tiempo de espera y tiempo de acceso.

Según el documento Conpes 3260 (2003), los principales impactos de los sistemas de transporte masivo son la reducción del tiempo de viaje de los usuarios, del costo de operación de los vehículos de transporte público colectivo (TPC) y de la emisión de partículas contaminantes. Dichos efectos se generan por la disminución de la sobreoferta e incrementos en la velocidad de operación.

En este contexto, gran parte de las evaluaciones de impacto en el sector del transporte público se han centrado en la evaluación de los tiempos de desplazamiento de los usuarios y en el efecto en la valoración de los predios cercanos a los sistemas de transporte masivo. En Colombia, gran parte de las evaluaciones de impacto de los SITM han sido estudios realizados para la ciudad de Bogotá, en el caso del Sistema Transmilenio (TM).

Chaparro (2002) hizo un estudio donde analiza el impacto económico y social de la concesión del servicio de transporte urbano de pasajeros TM. Llevó a cabo una comparación de plazos y costos de implementación, viajes estimados y viajes observados, y beneficios, en especial en ahorro en tiempo de viajes para los usuarios, ahorros en costos de funcionamiento del servicio y mejora en la accidentalidad. Los resultados de la investigación destacan cómo la implementación del sistema trajo consigo una alta valoración por parte de las personas del ahorro en tiempo de viaje, a pesar del aumento en la espera para tomar el servicio, comparado con los buses tradicionales.

Echeverry et al. (2005) analizaron el impacto en la calidad de vida de los bogotanos después de la entrada en operación de la primera fase del sistema TM. Plantearon un análisis costo-beneficio y su metodología se enfocó en el análisis de los tiempos de viaje para los usuarios, la velocidad promedio de los vehículos,

la contaminación ambiental y la accidentalidad: “El tiempo de viaje es uno de los elementos más valorados por los usuarios del transporte, y los ahorros que se pueden lograr en este, son a menudo la justificación primaria para mejorar la infraestructura de transporte”.

Mendieta et al. (2010) realizaron una evaluación de impacto del sistema TM en el tiempo total de desplazamiento de los usuarios de transporte público tradicional en Bogotá. Aplicaron una metodología no paramétrica PSM, a partir de la encuesta de movilidad realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) durante el 2005.

El objetivo del estudio era determinar la existencia de una diferencia significativa entre el tiempo de viaje de los individuos usuarios de TM y otros que utilizan el TPC y comprobar si el impacto de TM disminuyó el tiempo total de desplazamiento. Los resultados confirmaron la hipótesis planteada en la investigación, observando cómo el sistema Transmilenio ha reducido el promedio del tiempo total del viaje entre 11,92 y 13,89 minutos para un usuario; es decir, una disminución del 19%.

Mendieta y Perdomo (2007) realizaron la especificación y estimación de un modelo de precios hedónico espacial para evaluar el impacto de TM en el valor de la propiedad en Bogotá. Estimaron un modelo que explica las variaciones en el precio de la tierra en función de las variables propias de la vivienda, variables sobre atributos ambientales del entorno, atributos del vecindario, variables de seguridad y la variable distancia mencionada. Los resultados evidenciaron que por un cambio en 1% en la proximidad de la propiedad a la estación más cercana de Transmilenio, el cambio en el valor del suelo es de aproximadamente 627 000 millones de pesos del 2005, teniendo en cuenta la totalidad de los predios estudiados.

Perdomo (2010) desarrolló una propuesta metodológica para estimar los cambios en el valor de la propiedad en el caso de la ciudad de Bogotá aplicando PSM y precios hedónicos espaciales. Este estudio comparó los resultados obtenidos mediante PSM y un modelo de precios hedónico espaciales (PHE) para estimar el cambio en el valor de la propiedad en Bogotá, cuando un predio se encuentra ubicado cerca de una estación de Transmilenio. El estudio concluye que las viviendas vecinas a una estación de TM en promedio obtienen un precio mayor entre \$117 500 (PHE) y \$115 403 (PSM) por metro cuadrado.

## Conclusiones

134

Las evaluaciones de impacto proveen elementos conceptuales y analíticos que apoyan la toma de decisiones relacionada con los programas y proyectos evaluados. Por lo tanto, son herramientas de gran utilidad para las diferentes instituciones públicas en materia de política social, en la optimización de la inversión y reducción de pobreza.

La cuantificación de este impacto genera una muy importante fuente de información para académicos en temas de economía del transporte, así como también para las entidades públicas, ya que permite evidenciar el valor de la plusvalía que se genera por este tipo de obras, que podrá ser tenida en cuenta para la generación de mecanismo de captura de valor y financiación de obras de infraestructura.

En términos generales, se puede concluir que los estudios de evaluación de impacto de la implantación de sistemas de transporte masivo, se han enfocado en el análisis de los tiempos de viaje y la valoración de los predios ubicados cerca del sistema. Igualmente, las principales metodologías de evaluación de impacto aplicadas al sector del transporte en Colombia han sido metodologías cuasiexperimentales o no aleatorias, como la metodología PSM y los precios hedónicos espaciales.

## Referencias

- Baker, Y. (2000). *Evaluación del impacto de los proyectos de desarrollo en la pobreza: manual para profesionales*. Washington DC: Banco Mundial.
- Bernal, R. y Peña, X. (2011). *Guía práctica para la evaluación de impacto*. Bogotá D.C: Universidad de los Andes.
- Betancor, O. y Valido, J. (2009). *Manuales y procedimientos para la evaluación del transporte*. Barcelona: Centro de Estudios de Experimentación y Obras Públicas (Cedex).
- Colombia, Ministerio de Transporte, Departamento Nacional de Planeación (2003). *Documento Conpes 3260, Política nacional de transporte urbano y masivo*.
- Colombia, Ministerio de Transporte, Departamento Nacional de Planeación (2008). *Documento Conpes 3552, Sistema Integrado de Transporte Masivo para Bucaramanga y su Área Metropolitana-Seguimiento y Modificación*.

- Chaparro, I. (2002). *Evaluación del impacto socioeconómico del transporte urbano en la ciudad de Bogotá. El caso del sistema de transporte masivo, Transmilenio*. Santiago de Chile: Cepal, División de Recursos Naturales e Infraestructura.
- De Rus, G. et al. (2010). *Evaluación económica de proyectos de transporte*. Centro de Estudios de Experimentación y Obras Públicas (Cedex), Gobierno de España. 135
- Díaz, J. y Layton, O. (2004). *El sistema integrado de transporte masivo para el AMB como oportunidad de modernización para las empresas de transporte urbano colectivo: un análisis desde las teorías evolucionistas de la firma* (tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Echeverry, J., Ibáñez, A. y Moya, A. (2005). Una evaluación económica del sistema TransMilenio, *Revista de Ingeniería*, 21. Bogotá: Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes.
- Mendieta, J. y Perdomo, J. (2007). *Especificación y estimación de un modelo de precios hedónico espacial para evaluar el impacto de Transmilenio sobre el valor de la propiedad en Bogotá*. Bogotá: Centro de Estudios de Desarrollo Económico (CEDE), Documento CEDE 07-10 (22).
- Mendieta, J. y Perdomo, J. (2008). *Fundamentos de economía del transporte: teoría, metodología y análisis de política*. Bogotá, D.C: Universidad de los Andes.
- Mendieta, J., Perdomo, J. y Castañeda, H. (2010). *Evaluación de impacto de las fases I y II del sistema de transporte masivo Transmilenio sobre el tiempo total de desplazamiento de los usuarios del transporte público tradicional en Bogotá*. Bogotá: Centro de Estudios de Desarrollo Económico (CEDE), Documento CEDE 10-04 (11).
- Perdomo, J. (2010). *Una propuesta metodológica para estimar los cambios sobre el valor de la propiedad: estudio de caso para Bogotá aplicando propensity score matching y precios hedónicos espaciales*. Bogotá: Centro de Estudios de Desarrollo Económico (CEDE), Documento CEDE 10-10 (24).
- Varian, H. (1998). *Microeconomía intermedia: un enfoque actual* (4ª ed.). Barcelona: Antoni Bosch.