



Revista de Ingeniería

ISSN: 0121-4993

reingeri@uniandes.edu.co

Universidad de Los Andes

Colombia

Oviedo H, Daniel; Bocarejo S, Juan Pablo

Desarrollo de una metodología de estimación de accesibilidad como herramienta de evaluación de políticas de transporte en países en desarrollo: estudio de caso de la ciudad de Bogotá

Revista de Ingeniería, núm. 35, julio-diciembre, 2011, pp. 27-33

Universidad de Los Andes

Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121022763004>

- 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

Desarrollo de una metodología de estimación de accesibilidad como herramienta de evaluación de políticas de transporte en países en desarrollo: estudio de caso de la ciudad de Bogotá

Development of an Accessibility Estimation Method as a Transport Policy Assessment Tool in Developing Countries: Case Study of Bogotá

Daniel Oviedo H^{(1)*}, Juan Pablo Bocarejo S^{(2)*}

⁽¹⁾ Msc. en Ingeniería: Área Civil, con énfasis en ingeniería de Transporte de la Universidad de los Andes. *Investigador en el área de transporte del Grupo SUR de la Universidad de los Andes*, dan-ovie@uniandes.edu.co

⁽²⁾ PhD. En Transportes de la Universidad de Paris XI. Profesor asistente de la Universidad de los Andes. Director del grupo de investigación en transporte del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de los Andes, jbocarej@uniandes.edu.co

^(*) Bogotá, Colombia.

Recibido 28 de enero de 2010, modificado 4 de abril de 2011, aprobado 6 de abril de 2011.

Palabras claves

Accesibilidad, evaluación de políticas públicas, transporte urbano, países en desarrollo.

Key words

Accessibility, public policy evaluation, urban transport, developing countries.

Resumen

Se busca desarrollar una metodología de estimación de la accesibilidad como herramienta de evaluación de políticas de transporte en la ciudad de Bogotá, a partir del estudio del estado del arte del concepto, sus formas de medición e información disponible acerca de la movilidad en la ciudad. Se definen zonas de análisis e indicadores a estimar para establecer relaciones de interés entre el transporte y el nivel de acceso a oportunidades de los individuos residentes en zonas con características socioeconómicas y condiciones de movilidad específicas, además de evaluar escenarios de restricciones del presupuesto de viaje.

Abstract

The aim of this paper is the development of an accessibility estimation method as a transport policy assessment tool based on the state of the art of the accessibility concept and measurement techniques, and available information directly related to socioeconomic data, transport demand and supply characteristics for specific areas of Bogotá. Study areas and indicators are defined in order to determine relevant relationships between transport and access to opportunities for individuals with specific socioeconomic characteristics and present mobility conditions. In addition, evaluation of restricted travel budgets scenarios defined both by the standard transport theory and individuals is performed.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de metodologías de evaluación de políticas de transporte representa, en la actualidad, uno de los principales tópicos de investigación dentro de la comunidad científica especializada. No obstante, un aspecto fundamental que ha sido poco estudiado en este tipo de trabajos, especialmente en los países en vías de desarrollo, es el concepto de accesibilidad y su potencial como herramienta de evaluación de impactos económicos y sociales de una determinada política.

En la práctica, la mayoría de las investigaciones en accesibilidad al transporte se centran en análisis cualitativos de

factores relacionados, por lo que limitan considerablemente el alcance de los estudios, y su capacidad de identificar los impactos en materia económica y social [1]. Lo anterior se suma al hecho que en la mayoría de estudios de soporte a la toma de decisiones referentes al transporte, se realizan análisis generales que se centran en los aspectos directos de movilidad más que en las relaciones económicas y sociales inherentes a ellos.

Esta investigación pretende definir ciertos parámetros relacionados con las características de la movilidad de una zona urbana, ligados al concepto de accesibilidad, tomando como

estudio de caso algunas zonas particulares de la ciudad de Bogotá. A partir de dicha información, se busca establecer un método cuantitativo de estimación de la accesibilidad a oportunidades, que permita generar un análisis de las relaciones entre las características de movilidad de una zona determinada, sus condiciones socioeconómicas y la calidad de vida de sus habitantes.

EL CONCEPTO DE ACCESIBILIDAD

El concepto de accesibilidad ha sido frecuentemente utilizado en diversidad de estudios científicos acerca de la movilidad, y representa una herramienta fundamental en la definición de políticas públicas. No obstante, existen diversas maneras de definir y poner en práctica la noción de accesibilidad.

Dentro de las formas de interpretación de la accesibilidad, desarrolladas dentro de la comunidad científica, se destacan: el potencial de oportunidades de interacción [2], la facilidad para alcanzar cualquier zona de actividad usando un sistema de transporte determinado [3] y el conjunto de beneficios provistos por un sistema de transporte dado [4], entre otros.

Lo anterior, demuestra que la accesibilidad puede ser vista desde diferentes enfoques y conllevar a diferentes interpretaciones. Así, para efectos de la presente investigación, se define la accesibilidad como el conjunto de condiciones que permiten a un individuo no sólo hacer uso de la oferta de transporte de un centro urbano específico bajo restricciones de presupuesto, sino las facilidades otorgadas gracias a estas condiciones para el acceso de los individuos a oportunidades y mejores condiciones de vida.

FORMULACIÓN TEÓRICA

FORMULACIÓN TRADICIONAL (ECUACIÓN DE HANSEN)

Diversas hipótesis y formulaciones se han hecho a lo largo de los años en torno al concepto de accesibilidad y la manera en que ésta se mide. Colombia, en particular, no tiene antecedentes en la aplicación de ninguna de ellas por lo que resulta interesante explorar este potencial desde diferentes perspectivas.

En ese sentido, una primera aproximación a la utilización de la accesibilidad, como medida de evaluación de los sistemas de transporte en una ciudad colombiana, consiste en la adopción y parametrización de una de las principales medidas desarrolladas, ajustándola al contexto local e incorporando las modificaciones pertinentes acorde al contexto.

La ecuación convencional de Hansen [2], uno de los indicadores más utilizados en la literatura científica desde hace varios años, para estimar el nivel de accesibilidad de una zona dada, se define como:

$$A_i = \sum_j a_j f(d_{ij}) \quad (1)$$

Donde,

A_i = Accesibilidad de la zona i (zona de origen)

a_j = Atractividad de la zona j (zona de destino)¹

$f(d_{ij})$ = función del costo (distancia) de viajar entre las zonas i y j

En la ecuación (1), la función de costo se define tradicionalmente en términos del costo generalizado de viaje inherente a movilizarse de una zona a otra y adopta la forma estándar de las funciones de utilidad. Debido a las condiciones de la demanda en países en desarrollo y al efecto del costo monetario de los sistemas de transporte como potencial barrera para el acceso de la población menos favorecida, se incluye en la ecuación de impedancia un componente de costo monetario y nivel de ingreso, obteniendo:

$$f(d_{ij}) = e^{-\sum C_{ij}} = e^{-(\sum_1 C_t + \sum_2 C_c)} \quad (2)$$

Donde,

C_{ij} = Costo generalizado de viaje (Impedancia) entre la zona i y j

C_t = “Costo” en tiempo de viaje entre las zonas i y j

C_c = Costo monetario de viajar relativo al nivel de ingresos de los individuos

El primer componente del costo generalizado de viaje, el costo expresado en términos de tiempo, está directamente relacionado con variables individuales como ocupación, edad, nivel de ingreso, entre otros. Los cuales definen los presupuestos de tiempo de viaje y actividad.

De forma análoga, el componente de costo monetario de la $f(d_{ij})$ se relaciona directamente con el nivel de ingreso de los individuos y la oferta de transporte. Esto en la medida en que, el presupuesto de dinero para viajar se ve condicionado por un porcentaje del ingreso de los individuos que, según Zahavi [5], tiende a mantenerse en el tiempo; y el costo de cada modo determina si con esta restricción los individuos pueden o no hacer uso de cada alternativa disponible para movilizarse. En el caso de poblaciones de bajos ingresos, este componente puede representar el principal obstáculo para hacer uso de un determinado sistema de transporte o acceder a oportunidades localizadas en zonas que impliquen altos costos de viaje desde la residencia de dicho tipo de población.

La anterior formulación, tradicionalmente, comprende el uso de información de los viajes generados en el momento de análisis de forma tal que, a partir de las características conocidas, se pueda determinar el potencial de actividades alcanzable desde una zona determinada. Estableciendo así, un estimativo de la accesibilidad de dicho lugar. Sin embargo, resulta igualmente relevante estudiar las preferencias de los usuarios y su definición de las variables de la función de impedancia de forma tal que se pueda determinar el valor

1 Para efectos de la presente investigación se reducirá el análisis a los motivos de viaje obligatorios como estudio y trabajo permitiendo utilizar el número de posiciones de empleo de una zona determinada como índice de “atractividad” de la misma.

más probable de actividades accesibles desde la zona de estudio. Para así consolidar esta aproximación como un primer indicativo para la formulación de políticas de intervención.

En ese sentido, se reconoce que existen restricciones tanto temporales como económicas en materia de accesibilidad, que limitan la capacidad de los individuos de movilizarse. Dichas restricciones representan condiciones para la relación Individuo-Oferta que afecta directamente el nivel de accesibilidad de las personas en un área de estudio definida.

A partir de lo anterior se infiere una relación entre los costos/presupuestos, de tiempo y dinero de viaje, y la oferta y características socioeconómicas de los individuos, lo que permite definir los parámetros de la ecuación (2) como:

$$C_t = f(\text{Modo, estrato socioeconómico}) \quad (3)$$

$$C_c = f(c/i) \quad (4)$$

Donde,

Modo: Corresponde a las características de la oferta de los diferentes modos disponibles.

c/i = Relación costo transportarse vs. Ingreso de los individuos.

Actualmente en Colombia, como en muchos países en desarrollo, existe un problema evidente de accesibilidad al transporte y, como consecuencia, a las oportunidades. La capacidad de las personas de viajar en el segmento más pobre de la población de ciudades como Bogotá se reduce a menos de 1,5 viajes por día. El porcentaje correspondiente de sus ingresos totales gastados en transporte, sin embargo, supera el 20%, incluso para esta baja tasa de viajes. En otras palabras, dadas las características de la oferta de transporte, los más pobres en Bogotá gastan la misma porción de sus ingresos en la ejecución de 1,5 viajes por día que en el pago de todos los demás servicios básicos.

Zahavi [5] postuló la hipótesis que la media individual de presupuesto de tiempo de viaje se encuentra alrededor de una hora al día, no obstante, al observar la población más vul-

nerable de Bogotá se observa que en un sólo viaje se gasta un valor muy cercano a este estimativo y en muchos casos incluso lo excede.

A partir de la definición del modelo teórico, con base en información documentada correspondiente a la Encuesta de Movilidad de 2005 para estimar el efecto de cada variable sobre el nivel de accesibilidad de cada zona, se procederá a calcular el nivel observado de accesibilidad denominado “Accesibilidad Real”. Posteriormente, se calculará el nivel de acceso teórico aplicando las restricciones consignadas en la literatura internacional, correspondientes a los presupuestos de tiempo y dinero definidos por Zahavi [5], obteniendo así la que denominaremos “Accesibilidad teórica”. Finalmente, la información recopilada a partir de encuestas de preferencias declaradas —por medio de las cuales se obtuvo un máximo de tiempo y dinero, que en promedio los habitantes de cada zona están dispuestos a emplear en transporte— se aplicó al modelo obtenido para establecer el nivel de acceso correspondiente a las restricciones definidas por los habitantes de cada UPZ obteniendo una “Accesibilidad declarada”.

ZONAS DE ESTUDIO

Para el desarrollo del proyecto se analizaron algunas Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ) con marcadas diferencias en sus características socioeconómicas, de accesibilidad y uso del suelo, con el fin de evaluar el impacto de la accesibilidad en zonas con niveles de movilidad desiguales.

La siguiente tabla resume brevemente las características de cada una de las zonas escogidas para el estudio y refleja las diferencias entre cada una de ellas. En consecuencia, muestra que hay áreas en Bogotá que, de forma independiente a su nivel de ingreso, pueden tener mayores ventajas o desventajas en materia de oferta de transporte y cercanía a los focos de empleo, lo cual puede afectar de manera importante su nivel de accesibilidad.

Tabla 1. Principales características de las zonas de estudio

UPZ	INGRESO			SERVICIO DE TRANSMILENIO		TASA DE MOTORIZACIÓN			DISTANCIA A CENTROS DE EMPLEO			DENSIDAD DE POBLACIÓN			DENSIDAD DE EMPLEOS		
	A	M	B	Si	No	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B
Bosa Central			X	X				X	X			X					X
Country Club	X			X		X				X			X				X
El Rincón		X		X			X		X			X					X
Zona Franca		X			X			X			X		X		X		

A = Alto, M = Medio, B = Bajo

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS

ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE $f(d_{ij})$ PARA CADA ZONA DE ESTUDIO

Se estimaron los coeficientes de la función de impedancia $f(d_{ij})$ para cada UPZ de estudio a partir de la información disponible sobre viajes de motivo trabajo, número de empleos en cada zona destino, tiempos y costos promedio de viaje a cada zona destino e ingreso promedio por individuo. Se utilizaron regresiones múltiples para estimar los valores de los coeficientes de la función de impedancia. Los resultados obtenidos son:

$$f(d_{El\ Rincón\ i}) e^{-(1.95 \cdot C_t + 2.39 \cdot C_c)} \quad (5)$$

$$f(d_{Bosa\ central\ i}) e^{-(1.88 \cdot C_t + 3.53 \cdot C_c)} \quad (6)$$

$$f(d_{Country\ Club\ i}) e^{-(5.77 \cdot C_t + 0.037 \cdot C_c)} \quad (7)$$

$$f(d_{Zona\ Franca\ i}) e^{-(3.81 \cdot C_t + 4.06 \cdot C_c)} \quad (8)$$

Donde:

C_t = Tiempo total de viaje en horas.

C_c = % del ingreso promedio de la zona empleado en transportarse.

Como se muestra en las ecuaciones obtenidas, los coeficientes varían de forma importante de una zona a otra en función de sus niveles de ingreso, ubicación y oferta de transporte. Por ejemplo, en el caso de las áreas de estratos altos como Country Club, el valor del coeficiente de dinero es muy bajo, mientras que el coeficiente de tiempo es considerablemente alto, lo que refleja el valor dado por los habitantes de esta zona a menores tiempos de viaje. Del mismo modo, los coeficientes de Zona Franca, ubicada en una zona con densidad media de empleos, además de estar cerca a los focos de empleo, ambos coeficientes son similares así como elevados en comparación con las zonas con los mismos ingresos, como resultado del valor adicional de la proximidad a los centros de mayor oferta de trabajo. Por el contrario, en zonas como Bosa Central, los coeficientes son bajos para la variable tiempo, ya que los individuos están dispuestos a gastar más tiempo viajando para acceder a un trabajo, mientras que están constantemente en la búsqueda de un bajo costo monetario para sus viajes.

TRES TIPOS DE ACCESIBILIDAD

Accesibilidad real

Con base en estos resultados, se observa que el potencial de acceso correspondiente a las condiciones actuales de oferta y demanda (reflejadas en los valores de T y Cc), combinadas

Tabla 2. Resultados de la accesibilidad real para cada UPZ

ZONA	ESTRATO	ACCESIBILIDAD (Empleos)	ACCESIBILIDAD PER CÁPITA ²	T (mins)	Cc (% del ingreso)
El Rincón	2-3	148.238	0,86	68	15%
Zona Franca	2	35.704	0,87	54	21%
Country Club	5	27.860	1	50	4%
Bosa Central	2	93.713	0,53	60	24%

Fuente: Elaboración propia

con la valoración que dan los habitantes de cada zona a los atributos de los viajes ($f(d_{ij})$), evidencian un dilema de inequidad en las facilidades que se otorgan a los distintos grupos socioeconómicos de solventar su necesidad de acceder a una mejor calidad de vida, como en el caso de la UPZ de Bosa. Además, algunas de estas UPZ demuestran una especie de resignación frente a ciertos atributos de los viajes obligatorios debido a la necesidad básica de adquirir un ingreso a pesar de no alcanzar el 100% de acceso a empleos por persona.

En ese sentido, a partir de lo observado bajo condiciones reales, se identifica que debido a una distribución centralizada de actividades y un desequilibrio en las oportunidades, existe una disposición por parte de ciertos individuos a sacrificar en mayor medida ciertos aspectos como tiempo disponible para otras actividades o dinero destinado a otros propósitos con el único fin de acceder a un empleo.

Accesibilidad teórica

Los resultados de la accesibilidad real corresponden a lo que los habitantes de cada zona estudiada realiza actualmente según se lo permiten sus condiciones y necesidades, lo cual puede generar que se esté soportando una mayor cantidad de tiempo y dinero de la que en realidad está dispuesto a gastar cada uno. En ese sentido, la literatura científica en torno al tema define ciertos umbrales de presupuesto de tiempo y dinero que, en promedio, se mantienen constantes. Hansen [2] en su formulación define un Umbral máximo a partir del cual debería medirse la accesibilidad, de la misma forma que lo hicieron Zahavi [5] y, de forma más reciente, Schafer [6]. Se tienen en cuenta todos los argumentos de cada uno de estos pioneros en el tema y se considera la forma en la que se estimaron los costos de viaje y el ingreso medio por habitante para cada zona. Para efectos de este estudio se considerarán 45 minutos como presupuesto de tiempo y 15% del ingreso promedio de la zona como presupuesto teórico de dinero. Los resultados de cada zona seleccionada se resumen a continuación:

2 La accesibilidad per cápita corresponde al número de empleos por persona en edad de trabajar en cada zona de estudio.

Tabla 3. Resultados de la accesibilidad teórica para cada UPZ

ZONA	ACCESIBILIDAD (EMPLEOS)			ACCESIBILIDAD PER CÁPITA		
	RESTRICCIÓN TEMPORAL	RESTRICCIÓN MONETARIA	RESTRICCIÓN CONJUNTA	RESTRICCIÓN TEMPORAL	RESTRICCIÓN MONETARIA	RESTRICCIÓN CONJUNTA
El Rincón	23.701	21.595	2.142	0,14	0,13	0,001
Zona Franca	26.531	10.739	10.496	0,65	0,26	0,26
Country Club	25.940	27.860	25.940	0,94	1	0,94
Bosa Central	25.940	27.860	25.940	0,37	0,11	0,11

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los resultados obtenidos, aplicando las restricciones teóricas de tiempo e ingreso destinado a transportarse, se observa una reducción drástica del porcentaje de los empleos de la ciudad accesible desde cada UPZ de estudio y, como consecuencia, del potencial de acceso para la Población en Edad de Trabajar. En ese sentido, se advierte una menor reducción como consecuencia de la restricción temporal en las zonas de estudio cuya ubicación geográfica o acceso a sistemas de transporte permite un menor tiempo de viaje, excluyendo solamente las UPZ más alejadas. En el caso de Rincón y Bosa, como ya se había mencionado, las condiciones de ubicación geográfica resultan contraproducentes. Con respecto a la restricción monetaria, dada la distribución modal media observada en cada zona, y el nivel de ingreso de la misma, es de esperar que en casos como el de Country Club el efecto de la restricción sea despreciable, mientras que para las demás zonas, que pertenecen a estratos socioeconómicos medio-bajo y bajo, el efecto de excluir zonas más alejadas, que por lo general requieren trasbordos y por tanto mayores costos de viaje, resulta mucho más perjudicial reduciendo dramáticamente el número de empleos accesibles a la población en capacidad de trabajar.

Accesibilidad declarada

De forma análoga al caso anterior, se plantea la hipótesis que cada individuo está dispuesto a gastar una cantidad máxima

de dinero y de tiempo en transportarse, la cual según sus características, condiciones, ubicación y necesidades le resulta benéfica. Partiendo de esta premisa, se llevaron a cabo una serie de encuestas de preferencias declaradas en las 4 zonas de estudio, permitiendo establecer el presupuesto promedio del porcentaje del ingreso destinado a movilizarse y el máximo tiempo que cada persona está dispuesta a tolerar en un sólo viaje. Los resultados fueron los mostrados en la Tabla 4.

Como resultado de aplicar las restricciones ideales reveladas por los individuos residentes en cada zona de estudio, se identifica una reducción aún mayor del potencial de acceso a actividades productivas como consecuencia de una disposición cada vez menor a tolerar tiempos y costos de viaje por encima del umbral que los habitantes de estos sectores consideran benéficos.

En el caso de Bosa se identifica una menor disposición a tolerar mayores costos de viaje puesto que su nivel de ingreso es mucho menor que en las demás zonas, además que en otras UPZ están dispuestos a sacrificar su recurso de tiempo con tal de acceder a una oportunidad de adquirir ingresos. Nuevamente en el caso de El Rincón influye de forma importante la ubicación, que hace que sus habitantes estén menos dispuestos a emplear mayores tiempos de viaje a pesar de tener un nivel de ingreso medio-bajo, lo cual también afecta el nivel de acceso bajo estas restricciones. En el caso de la Zona Franca se observa que a pesar de tener un nivel de ingreso similar al de Rincón, el porcentaje del mismo empleado en transporte

Tabla 4. Presupuestos declarados para cada zona de estudio y resultados de accesibilidad declarada

ZONA	ACCESIBILIDAD (EMPLEOS)			ACCESIBILIDAD PER CÁPITA			PRESUPUESTOS	
	RESTRICCIÓN TEMPORAL	RESTRICCIÓN MONETARIA	RESTRICCIÓN CONJUNTA	RESTRICCIÓN TEMPORAL	RESTRICCIÓN MONETARIA	RESTRICCIÓN CONJUNTA	TIEMPO (minutos)	DINERO (%)
El Rincón	15.985	46.609	1.684	0,093	0,27	0,01	40	17%
Zona Franca	20.995	31.565	16.705	0,51	0,77	0,41	44	26%
Country Club	26.815	27.860	26.815	0,34	0,11	0,11	43	12%
Bosa Central	58.333	19.375	19.086	0,9	1	0,9	43	18%

Fuente: Elaboración propia

no representa una restricción considerable en comparación con lo observado en la Encuesta de Movilidad. El tiempo por otro lado genera un mayor efecto negativo en esta zona evidenciando una menor disposición a viajar por mayores lapsos incluso para las actividades obligatorias. Finalmente, los resultados de Country Club se encuentran acorde a lo esperado según el nivel de ingreso de la zona puesto que la única restricción que afecta el nivel de acceso está relacionada únicamente con el tiempo de viaje. No obstante, es de resaltar que la cantidad de tiempo que están dispuestos a emplear en transportarse en esta UPZ no es significativamente menor a lo manifestado por los habitantes de los demás sectores de estudio.

Este análisis resulta interesante en la medida en que, al conocer las preferencias de los usuarios y su disposición a tolerar mayores valores de una u otra variable según su condición, se pueden plantear alternativas de intervención que permitan subsanar las necesidades más inmediatas para cada grupo poblacional y, por ende, incrementar su nivel de acceso atacando los puntos críticos dentro de las limitaciones de disponibilidad presupuestal y coherencia de las intervenciones. Así mismo, en promedio se identifica una variación relativamente baja de los presupuestos deseados de tiempo y dinero reveladas por los habitantes de cada zona ratificando la aplicabilidad de la teoría de Zahavi en el contexto local para efectos de análisis.

LA ACCESIBILIDAD COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE

La metodología desarrollada como resultado de esta investigación tiene como objeto principal servir como herramienta adicional de evaluación de políticas de transporte en países en desarrollo. En ese sentido, se resalta que, si bien en este caso la metodología ha servido para evidenciar una severa inequidad entre zonas con diferentes atributos, puede ser igualmente implementada para el análisis de los efectos de una determinada política de transporte sobre las características de los viajes en una zona específica en relación a sus características y las de su población.

Comúnmente, los proyectos de transporte se definen a partir de criterios que no se relacionan enteramente con la equidad. Pese a que la mayoría de los planes de movilidad y lineamientos de política, subrayan la importancia de este aspecto en el planteamiento de intervenciones y en la misma filosofía del Estado, pues no existe un instrumento claro para medirlo. Esta realidad puede ser fácilmente ejemplificada en el caso de Transmilenio, el cual si bien ha reducido de manera considerable los tiempos de viaje entre orígenes y destinos cubiertos por el sistema, ha implicado distintas barreras de orden económico, físico, e incluso cognitivo para el acceso a sus servicios por parte de la totalidad de la población, reflejando inequidades a distintos niveles.

La accesibilidad puede constituir una herramienta que responda a la necesidad de identificar los efectos del tipo de barreras anteriormente mencionado, puesto que permite establecer el incremento o disminución de los niveles de acceso a las oportunidades de una ciudad desde una zona específica como resultado de modificaciones del costo de viaje. Asimismo, la metodología permite establecer las preferencias de los distintos tipos de usuarios, lo que facilita la concentración de las intervenciones en las necesidades determinadas de cada grupo estudiado. Esto resulta particularmente útil no sólo para diferenciar inequidades en las condiciones actuales de movilidad entre poblaciones de, por ejemplo distintos estratos, sino para establecer en qué medida puede una determinada política disminuir estas inequidades.

El indicador propuesto de accesibilidad permite cuantificar estos efectos de manera integral considerando el resultado sobre la población general de una política, que bien podría ser aplicada sólo a un grupo particular (i.e. subsidios) o beneficiar a la totalidad de demanda de transporte (i.e. Ampliación de infraestructura entre un par OD). De igual manera, el método desarrollado aporta flexibilidad al análisis, en la medida en que puede diferenciarse para estudiar distintas inequidades entre grupos poblacionales, ya sean de orden de género, edad, estrato o preferencia modal. De modo que puedan medirse no sólo los resultados generales de una intervención sino su efecto sobre la población objetiva. Aproximaciones a la evaluación de políticas como subsidios o extensión del sistema de buses rápidos Transmilenio han sido desarrolladas en otros trabajos de investigación de los autores [7].

De esta manera, pueden analizarse los resultados de una política de orden económico o técnico que sirvan para reducir ya sea costos o tiempos de viaje, dependiendo la ponderación de las variables involucradas en la función de impedancia y estudiar su pertinencia respecto a las necesidades inmediatas de cada población. En consecuencia, ya sea que se planteen políticas de subsidios o un incremento en la calidad de los servicios de transporte público sirviendo un determinado par OD, pueden estimarse sus efectos sobre el nivel de accesibilidad de las zonas afectadas permitiendo contar con un criterio adicional para la selección y priorización de intervenciones.

CONCLUSIÓN

A través de los resultados, se identificó un problema de inequidad importante en la ciudad visible en disparidades como ubicación geográfica, capacidad de pago y acceso a sistemas de transporte de diferente calidad que generan niveles de acceso a oportunidades distintos, privilegiando a las zonas con mayores recursos. Asimismo, se encontró una disposición por parte de los individuos de las zonas de menores recursos a sacrificar en mayor medida tiempo y dinero para acceder a un empleo, superando sus propias expectativas de utilidad y las restricciones teóricas.

Indicadores de accesibilidad, como el desarrollado en esta investigación, pueden ser empleados en la evaluación de políticas de transporte en la medida en que consideran el efecto combinado de las condiciones de transporte de una zona y las restricciones individuales de sus habitantes. En ese sentido, el cambio producido en los atributos de viaje como resultado de una determinada política puede representar un incremento o detrimento de los niveles de accesibilidad que puede ser comparable en distintos horizontes. Por lo tanto, el análisis de la accesibilidad como herramienta de evaluación de políticas y condiciones de movilidad en las ciudades en desarrollo puede representar un elemento clave para la priorización de intervenciones enfocadas a disminuir inequidades, considerando las capacidades de los individuos y las condiciones de movilidad a las que tienen acceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D., Halden, "Using accessibility measures to integrate land use and transport policy in Edinburgh and the Lothians". *Transport Policy*. Vol. 9, No. 4, Octubre, 2002, pp. 313-324
- [2] W., Hansen, "How accessibility shapes land use". *Journal of the American institute of Planners*. Vol. 25, No. 2, 1959, pp. 73-6.
- [3] M.Q., Dalvi, K.M., Martin, "The measurement of accessibility: some preliminary results". *Transportation*. Vol.1, No.5, Marzo,1976, pp. 17-42.
- [4] M., Ben-Akiva, Lerman, S.R., "Disaggregate travel and mobility choice models and measures of accessibility". En *Behavioural Travel Modelling*, D. A.Hensher, P. R.Storper. London: Croom-Helm, pp. 654-79
- [5] Y. Zahavi, "Traveltime Budgets and Mobility in Urban Areas". Final Report. Report FHWA PL-8183. FHWA, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., Mayo 1974.
- [6] A., Schafer, & D.G.,Victor,. "The future mobility of the world population", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, Vol. 34, No. 3, Abril, 2000, pp. 171-205.
- [7] J., Bocarejo & D., Oviedo, "Transport Accessibility and Social Exclusion: A Better way to Evaluate Public Transport Investment?", *Memorias del XII Congreso Mundial de Investigación en Transporte – WCTR*, Lisboa, Julio, 2010.