



**Los sistemas de peaje urbano: una alternativa frente al problema de movilidad en
Bogotá.**

Santiago Díaz Jiménez

Asesor: Luis Eduardo Sandoval Garrido

Universidad Militar Nueva Granada

Facultad de Ciencias Económicas

Economía

Bogotá D.C, 2023

Contenido	
Introducción.....	3
Objetivos.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos	4
Revisión de literatura.....	5
Marco teórico.....	7
Metodología.....	10
Modelo Logit Multinomial	10
Efectos marginales	11
Funciones de utilidad para la valoración del tiempo	12
Costo marginal y tarificación urbana del uso del peaje	13
Resultados.....	15
Estructura de la muestra.....	15
Descripción de variables utilizadas.....	15
Función de utilidad de la valoración del tiempo	16
Costo total y costo marginal	17
Valor del tiempo de uso y espera:	18
Costo marginal= Tarificación del peaje	19
Estadísticas descriptivas de las variables.....	20
Predicción del ciudadano en el caso de Bogotá.....	20
Efectos marginales	27
Análisis de resultados	29
Preferencias al taxi.....	29
Preferencias al vehículo particular.....	31
Conclusiones.....	33
Referencias bibliográficas	36
Anexos	39

Introducción

La calidad de vida de los ciudadanos podría medirse a partir de diferentes aspectos técnicos y sociales, uno de estos es la disponibilidad de tiempo para realizar actividades a partir de la búsqueda del equilibrio entre empleo y vida personal. Un adecuado equilibrio entre el trabajo y la vida personal permite disfrutar de momentos de ocio y disfrute, lo que contribuye a una mayor calidad de vida en general, sin embargo, esta disponibilidad de tiempo se encuentra limitada con el tráfico vehicular que se vive a diario en Bogotá.

Paula Cuellar, periodista de Valora Analitik, indica que la ciudad de Bogotá se encuentra entre las ciudades con peor tráfico del mundo, únicamente superada por Londres, Chicago, París y Boston. “En la región somos líderes del peor tráfico, en segundo puesto está Medellín con un hallazgo de 91 horas, a pesar de que también tiene el pico y placa de lunes a viernes, con Quito (Ecuador) en la tercera plaza dónde ciudadanos se gastan 70 horas al año en transporte” (Cuellar, 2023).

Una de las propuestas de movilidad encaminadas a la mejora del tráfico en Bogotá es la eliminación de la restricción del “pico y placa”, “nos estamos aventurando a quitar el pico y placa en Bogotá y buscar que pueda ingresar a los cargos por congestión para racionalizar el uso del vehículo particular”, menciona en una entrevista Juan Daniel Oviedo, ex director del DANE.

El presente trabajo tiene como finalidad analizar el impacto de los ciudadanos frente a una implementación de limitaciones económicas como lo es un peaje urbano y qué implicaciones se tendría frente a los factores socioeconómicos en la ciudad, teniendo en cuenta las propuestas de cambio respecto a la problemática de movilidad a partir de modelos econométricos y bases de datos especializadas en el tema, también se espera que, en Bogotá

se presente resultados positivos frente al bienestar individual a partir del incremento de la productividad de los ciudadanos examinando las respectivas variables socioeconómicas que impactan en este.

Objetivos

Objetivo general

Analizar impactos socioeconómicos que tendría la implementación de peajes urbanos en la ciudad de Bogotá.

Objetivos específicos

- Caracterizar los factores socioeconómicos y espaciales que afectan la implementación de una política de peaje urbano.
- Estimar el comportamiento de los ciudadanos ante una implementación de cobro de peajes urbanos a partir de un modelo Logit Multinomial.
- Identificar el nivel de impacto de los ciudadanos por localidad frente a la implementación de la limitación vehicular con el cobro de peajes.

Revisión de literatura

Para identificar el alcance del presente proyecto, se identificarán estudios representativos que tengan presente el uso de variables similares, modelos econométricos relevantes y casos de estudio equivalentes con el fin de representar con mayor efectividad el problema a tratar.

(Torres, 2006) realizó un estudio con el fin de identificar la sensibilidad de los bogotanos frente a la implementación de peajes urbanos como solución a la problemática del tráfico en la ciudad; este estudio se centra en identificar las variables necesarias con el fin de estimar por medio del modelo logit multinomial (MNL) el comportamiento de los diferentes estratos sociales de la ciudad, el enfoque llamativo de esta investigación es el valor del tiempo de espera y de trayecto en los medios de transporte como variable independiente para el modelo, pues este generalmente no se tiene presente al momento de estimar los costos y gastos requeridos para identificar la conducta de los ciudadanos a partir de la utilidad asociada al cobro por congestión. A partir de esto el autor menciona puntos clave en su investigación e indica que si bien para diferentes estratos sociales, el bajo costo del uso del vehículo particular puede ser un beneficio, el cobro del peaje en Bogotá funcionaría frente a la disminución del problema de congestión vial, “el autor considera que, si es conveniente implementar un cobro por congestión, teniendo como resultado la disminución de esta en una escala de diez a treinta por ciento” (Torres, 2006).

Con el fin de realizar la implementación de este cobro del peaje, se debe identificar la tarifa a cobrar al usuario, existen diferentes métodos para identificar este precio, uno de ellos y a partir de la teoría microeconómica junto con (Salas, 2009) y (Villarreal, 2004), el beneficio social será igual al coste marginal social, lo que traduce en que, el precio del peaje será a lo

sumo el coste marginal que le genera el uso del medio de transporte en la infraestructura vial, teoría que a su vez fue defendida por (Nash, 2003). Villarreal (2004) realiza su estudio basado en esta teoría microeconómica frente al caso de implementación de peajes urbanos por las principales vías de la ciudad de Bogotá, sin embargo, otro método de tarificación es a partir del cobro por congestión implementado por (Pigou, 1951), el autor menciona que “la congestión y el costo promedio para el usuario aumentan a medida que el volumen del tráfico aumenta en una vía”. (Villarreal, 2004), lo anterior hace referencia a que los ciudadanos incrementarán estos costos a medida que incrementa su tiempo en congestión vial, así mismo, dentro de las recomendaciones de su estudio, el cobro del peaje urbano debe ser tratado para todos los vehículos sin excepción, por lo que considera que para el taxi como un medio de transporte público se le tarifique en la misma proporción, pues este es un medio de transporte que se caracteriza por una alta oferta lo que se traduce en un incremento en la congestión.

A su vez Salas (2009) menciona diferentes métodos para el cobro de este peaje urbano, desde sistemas electrónicos como sistemas no electrónicos, dentro de los sistemas electrónicos se encuentra el uso de herramientas tecnológicas como la tarjeta inteligente o “Smart Card”, el GPS o la Unidad a bordo (OBU) y en los sistemas no electrónicos se encuentra el más popular el cual es por medio de pago manual.

Para casos de estudio en Madrid, (Muñoz & Anguita, 2014) presentaron en su investigación el posible impacto socioeconómico frente a la implementación de un sistema de peaje urbano. El principal aporte de esta investigación es el análisis del comportamiento de los individuos ante un posible incremento en el costo por el uso del vehículo y las características representativas frente a la recolección de los datos para el estudio, el trabajo se enfoca en las alternativas socioeconómicas y demográficas que tiene el ciudadano y qué elección se tendría

ante estas mismas variables orientadas al bienestar social y calidad de vida de los ciudadanos madrileños, el documento resume que, existe una gran proporción de ciudadanos, usuarios del vehículo particular que migran a otros medios de transporte tradicionales como el transporte público y que, a su vez frente al enfoque ambiental, se migraría a métodos de desplazamiento público más sostenibles.

Marco teórico

El presente marco teórico tiene como finalidad proporcionar un contexto teórico y conceptual para comprender el impacto socioeconómico de los ciudadanos frente a una posible implementación de peajes urbanos en la ciudad de Bogotá como alternativa para la reducción de tráfico y tiempo empleado.

En primera instancia, se entiende a la infraestructura vial como un bien público el cual es indivisible y se puede compartir con todos los ciudadanos, por ende se abarcan diferentes problemáticas por el uso y disfrute de este, una de ellas son las externalidades las cuales van de la mano con esta falla de mercado debido a que el mercado no puede suplir las necesidades de todos los agentes que utilizan la estructura vial, la teoría de los bienes públicos de Samuelson fue diseñada para determinar la mejor manera de lidiar con las fallas del mercado, cuando la asignación de recursos no es óptima, y por lo tanto para determinar la mejor distribución de bienes y servicios por parte del mercado o del Estado (Silva, 2013; Samuelson, 1954).

A partir de lo anterior, se entiende como tráfico vehicular al exceso de la circulación de personas, alguna de ellas en vehículo por el espacio público, el cual se trata de un fenómeno físico y social (Fernández y Dextre, 2011). El tráfico en horas más concurridas va a

incrementarse hasta alcanzar el límite máximo de la infraestructura vial, lo que lleva a una congestión del tráfico, esto como resultado de la teoría microeconómica clásica de demanda: cuando aumenta la demanda de transporte, la capacidad vial deja de ser suficiente para satisfacer esta necesidad lo que se traduce en una duración mayor en los trayectos y una menor eficiencia económica (Downs, 1957; Nicholson, 1985). Downs, (1957) plantea como solución para la congestión, la implementación de políticas como peajes urbanos o restricción de acceso en determinadas áreas en un tiempo específico. A partir de lo anterior, se propone el análisis del impacto a causa de la congestión vehicular, de la elección y la utilidad obtenida de los individuos ante una variación del uso del suelo para el bienestar económico y social, donde se espera dar respuesta mediante una estimación formal, en relación con una propuesta de restricción vehicular como la implementación del peaje urbano para brindar una posible solución al fenómeno de tráfico vehicular, sin embargo, la variación de los ingresos de los bogotanos debe ser una variable a considerar debido al estado socioeconómico y estratificación, esto debido a la ubicación de determinados lugares. William Alonso, (1964), citado por Edwin Mills (1972) mediante la teoría de la localización espacial y de transporte, plantean un análisis sobre la ubicación residencial y segregación urbana, en donde identifican que las familias con mayores ingresos tienden a situarse en el centro de la ciudad y así mismo, los hogares con menores ingresos tienden ubicarse en las periferias. Esto indica que la interacción de los precios de la vivienda y la ubicación se relacionan con el costo monetario y el bienestar al utilizar el transporte, asimismo, Alonso (1964) indica que los individuos eligen su ubicación dependiendo de las consideraciones de accesibilidad al lugar del trabajo y hacia el centro de la ciudad (Alonso, 1964; Mills, 1972). En este sentido, con la presente teoría se busca analizar el impacto del comportamiento en el ámbito económico de los ciudadanos que tendría la ejecución de los peajes frente a la ubicación de los individuos

teniendo en cuenta factores socioeconómicos como la localidad en la que reside, el ingreso y el coste de desplazamiento, etc., según las necesidades individuales.

A su vez, Alan Voorhees (1955) propuso la teoría de la estructura del transporte, esta teoría sugiere que el diseño y la estructura del sistema de transporte de una ciudad tienen un impacto significativo en la forma en que se desarrolla el uso del suelo y cómo se distribuyen las actividades económicas. Según el mismo autor, un sistema de transporte eficiente y bien planificado puede ayudar a que las personas y las mercancías circulen más fácilmente, lo que puede conducir al crecimiento económico, esto se debe a que las personas y las empresas pueden acceder más fácilmente a los mercados y los recursos, lo que puede conducir a un aumento de la productividad. Adicionalmente, un sistema de transporte que funcione bien puede ayudar a reducir la congestión del tráfico y la contaminación, lo que puede mejorar la calidad de vida de los residentes, por lo cual, se busca identificar el impacto económico y social a partir de la elección individual frente a una política de integrar al sistema vial los peajes urbanos que tendrían como finalidad incrementar la productividad de la ciudad a partir de la eficiencia del transporte.

Desde la teoría de De Rus (2003), se analizarán diferentes escenarios donde se ha implementado el modelo de una política restrictiva de movilidad y cómo se ha visto se espera que, en el caso del presente documento se obtengan favorables y similares resultados frente a esta ejecución de peajes urbanos y cómo estos influirían ante la decisión de los ciudadanos. Ginés De Rus (2003) explora los aspectos económicos de la inversión en infraestructuras de transporte y analiza las políticas y los instrumentos utilizados para financiar y regular el sector del transporte, proporcionado análisis económicos sobre la eficiencia y la sostenibilidad del transporte, examinando la relación entre el transporte y el medio ambiente,

así como la aplicación de políticas y herramientas económicas para abordar los problemas de congestión y contaminación. El objetivo de esta teoría es identificar posibles soluciones frente a la congestión vehicular en varios escenarios a partir de factores como la producción, los costes y la demanda del transporte tanto público como privado, observando así, fallas de mercado por la imposibilidad de satisfacer la necesidad de los usuarios, dando así soluciones como la tarificación vial o peajes urbanos, como en su libro menciona, la capacidad óptima de las infraestructuras debería determinarse en función de la demanda existente y, una vez que la infraestructura se diseñe y construya con dicha capacidad, la utilización de ésta puede repartirse entre distintos operadores que compitan entre sí (De Rus et al., 2003).

Metodología

Modelo Logit Multinomial

La metodología que se aplicará en la presente investigación es un modelo de elección discreta basada en la función logit, se debe tener presente que, debido al objetivo del estudio a trata sobre las variables correspondientes y la naturaleza de estas se toma en cuenta el actual modelo, así mismo, (Brage, 2020) menciona que “Un caso particular de la regresión multinomial es la regresión ordinal que se utiliza cuando las categorías de la variable respuesta tienen orden y cumplen la prueba de líneas paralelas, es decir, que el comportamiento de las variables independientes en cada categoría de la variable Y es igual”.

El modelo logístico multinomial utiliza como variable dependiente de tipo nominal, con más de dos categorías, y las variables independientes pueden ser tanto continuas como categóricas (Pando y San Martín, 2004), el cual asumen que, para cualquier individuo, dado un conjunto de características, hay una probabilidad definida para que suceda el acontecimiento, dando

así un valor entre 0 y 1 que se está evaluando en la variable endógena Y_i a partir de las variables explicativas X_{ki} por lo cual, se considera la siguiente función logística:

$$\Pr(Y_i = 1) = \frac{e^{\beta_1 * x_i}}{1 + \sum_{k=1}^{K-1} e^{\beta_k * x_{ik}}}$$

$$\Pr(Y_i = 2) = \frac{e^{\beta_2 * x_i}}{1 + \sum_{k=1}^{K-1} e^{\beta_k * x_{ik}}}$$

$$\Pr(Y_i = K - 1) = \frac{e^{\beta_{K-1} * x_i}}{1 + \sum_{k=1}^{K-1} e^{\beta_k * x_{ik}}}$$

Donde:

$$P(Y_i = K - 1)$$

Es la probabilidad de que la variable de respuesta sea elegida a partir del valor de las variables indirectas

$$B_{k-1}$$

Son los coeficientes de las variables predictoras, que indican la probabilidad del hecho a partir de las diferentes categorías.

Efectos marginales

A partir de lo anterior y con el fin de identificar y predecir el comportamiento del individuo ante la tarificación de la infraestructura vial se implementará y evaluará el efecto marginal frente a las correspondientes variables, este efecto marginal es medido de la siguiente manera:

$$\frac{\partial P}{\partial x_i} = \frac{dp}{dy} * \frac{\partial Y}{\partial x_i}$$

Donde:

$\frac{\partial P}{\partial x_i}$: Representa el efecto marginal de las variables independientes

$\frac{dp}{dy}$: Representa el efecto marginal entre la probabilidad de ocurrencia y la variable dependiente

$\frac{\partial Y}{\partial x_i}$: Representa el efecto marginal entre la variable dependiente y las variables independientes.

(Solano, 2001) define este método como “Se entiende por efecto marginal de una variable explicativa de un modelo cualquiera la variación experimentada por la variable explicada cuando la variable explicativa se incrementa en una unidad, teniendo en cuenta lo anterior, se tendrá presente esta metodología con el fin de identificar el comportamiento de estas variables socioeconómicas en el entorno urbano.

Funciones de utilidad para la valoración del tiempo

Para el modelo de estudio sobre la tarificación del uso del tramo vial y con el fin de abarcar las variables pertinentes para este, se toma en cuenta la valoración del tiempo de espera y la valoración del tiempo de trayecto al lugar del ciudadano, para esto, dentro de la estructura de la encuesta se encuentra implementada la variable del tiempo de espera incluyendo el trayecto a pie de la persona hacia el transporte y el tiempo de desplazamiento hacia el lugar y, así mismo, se tendrá presente el costo total asociado al uso de este. Se debe tener presente que, la tarificación no será dada para todos los medios de transporte a tratar, para el presente estudio se tendrá en cuenta el cobro del peaje urbano únicamente al vehículo particular privado y al taxi como medio de transporte, se espera que, debido a que

el taxi es un medio de transporte de uso público, el costo de este sea menor al del vehículo particular.

A partir de (Lopez & González, 2018), se tomará en cuenta la siguiente ecuación correspondiente a la utilidad del tiempo de espera de un viajero:

$$V_{tiempo} = b_0 + b_1 * T_e + b_2 * C_t$$

Donde:

b_0 : Representa el intercepto del modelo

b_1 : Representa el parámetro de estimación del tiempo de espera y de trayecto del ciudadano por el uso del transporte.

T_e : Representa el tiempo de espera y de trayecto del individuo por el uso del transporte.

b_2 : Representa el parámetro de estimación del costo total por el uso del transporte

C_t : Representa el costo total por el uso del transporte, donde se incluyen variables como el costo del parqueadero y combustible.

Costo marginal y tarificación urbana del uso del peaje

Existen diferentes métodos para determinar la tarificación propuesta para el peaje urbano, dentro de estas, se encuentra la tarificación por el uso y tiempo de la infraestructura vial en una carretera concurrida, así como el método de tomar el costo adicional del uso del peaje urbano, (Villarreal, 2004) menciona que “El cobro es una de las principales herramientas de consecución de recursos, y los economistas generalmente recomiendan que el precio sea equivalente al costo marginal(...), se asegura que realizarán los viajes únicamente cuando la utilidad por hacerlos sea al menos tan alta como el costo de hacerlos”.

A partir de lo anterior se entiende como costo total a:

$$Ct = \text{Costo total}$$

$$Ct = \bar{t} + (\text{Valortiempo} * \text{Tiempo de viaje} * \text{Cantidad de viajes})$$

Donde:

$$\bar{t} = \text{Promedio de costos variables adicionales}$$

$$\text{Valortiempo} = \frac{\frac{\partial V}{\partial T_v}}{\frac{\partial V}{\partial \$v}}$$

El valor del tiempo representa el valor monetario adicional que puede pagar el ciudadano con el fin de que ahorre una unidad de tiempo, manteniendo la misma utilidad.

Con el fin de determinar el costo marginal, se entiende como:

$$Cmg = \frac{\Delta Ct}{\Delta Q}$$

Esto así representa el costo adicional del uso del peaje con respecto a la cantidad de viajes.

Se entiende que, a partir del costo adicional del uso de la infraestructura vial, los individuos dejarían de utilizar este medio de transporte privado y buscarían utilizar otras alternativas de transporte como transporte público o bicicleta, así como de disminuir levemente el uso de este.

Resultados

Estructura de la muestra

Para este estudio se utilizará la Encuesta Multipropósito (EM) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para el 2021, esta encuesta se realiza aproximadamente cada 3 años para la ciudad de Bogotá con un total de 107.119 hogares encuestados; se debe tener presente que, tomando una muestra de esta encuesta, tomando los datos necesarios y eliminando datos atípicos, el tamaño de la muestra correspondiente a tratar será de 37.450 observaciones, distribuidas en las diferentes localidades de la ciudad, estratos socioeconómicos y variabilidad frente al uso de los medios de transporte, ya sea para dirigirse hacia su lugar de estudio o hacia el lugar del trabajo.

Descripción de variables utilizadas

Las variables utilizadas en el presente estudio buscan predecir el comportamiento del individuo frente a una tarificación del uso de la infraestructura vial son las siguientes:

- Medio de transporte
- Edad
- Sexo
- Educación
- Localidad donde reside
- Ingresos mensuales
- Tiempo de espera y de viaje en el medio de transporte
- Cantidad de carros particulares que tiene el ciudadano
- Costo total por el uso del transporte (Precio del transporte, SOAT, Impuesto al vehículo, parqueadero, combustible, etc.)

- Tarificación del peaje

A continuación, se muestra las características de las variables, así como su tipo y categoría descriptiva.

Variable	Tipo	Categoría
Medio de transporte	Dependiente	Politómica ordinal
Edad	Independiente	Discreta
Educación ²	Independiente	Politómica ordinal construida a partir de la potencia cuadrada de la variable "Educación"
Sexo	Independiente	Dicotómica
Localidad	Independiente	Politómica ordinal
Ingreso	Independiente	Continua
Tiempo de espera	Independiente	Continua
Impuesto del peaje	Independiente	Continua construida a partir del coste marginal por el uso del medio de transporte (Coste del parqueadero, Combustible, valor del tiempo de espera, etc.)

Así mismo, en el anexo 1 se encontrará la información más detallada acerca de la descripción de cada variable como la clasificación de las categorías tanto politómicas como dicotómicas.

Función de utilidad de la valoración del tiempo

Antes de iniciar el proceso de estudio y análisis de la elección del individuo frente al cobro por el uso de la infraestructura vial, se estimará el precio estándar del peaje urbano a partir de la metodología de (Villarreal, 2004). En primera instancia y con el fin de abarcar todos los costos y beneficios que tendría la implementación de la tarificación, la función de utilidad del individuo frente al tiempo de espera del medio de transporte, en este caso a los

medios de transporte a tarifar los cuales son el vehículo particular y el taxi, viene dada de la siguiente manera:

$$U_{carro} = -b_0 - b_1 * T_{car} - b_2 * Costocar$$

Donde:

b_0 : Representa el intercepto del modelo

b_1 : Representa el parámetro de estimación del tiempo de espera, caminata y de trayecto del ciudadano por el uso del vehículo particular.

T_{car} : Representa el tiempo de espera, de caminata y de trayecto del individuo por el uso del vehículo particular.

b_2 : Representa el parámetro de estimación del costo total por el uso del transporte

C_t : Representa el costo total por el uso del transporte, donde se incluyen variables como el costo del parqueadero y combustible.

Dado lo anterior, a continuación, se presenta la función de utilidad del tiempo por el uso del vehículo particular y para el taxi como medio de transporte:

$$U_{carro} = -0.563253 - 0.010892 * T_{car} - 0.0000512 * Costocar$$

$$U_{taxi} = -0.7129357015 - 0.038755 * T_{taxi} - 0.00046925 * Costotaxi$$

Costo total y costo marginal

Se entiende como el costo marginal, a la variación que se presenta ante un incremento en el uso del vehículo, dada una serie de variables que afectan este coste marginal, por lo que para

la estimación del costo total se requiere una variable indispensable que es el valor del tiempo del uso y de espera del medio de transporte.

Valor del tiempo de uso y espera:

Se entiende como el valor del tiempo de uso y de espera, al valor monetario que el individuo estaría dispuesto a pagar por un ahorro de una unidad de tiempo, en este caso, por un minuto de viaje y de espera, así mismo, se debe tener en cuenta que, la ciudadanía, al ser racional, la variación del valor del tiempo será diferente en varios escenarios, lo menciona (Torres, 2006): “entre menos tiempo disponga la persona, más costoso será este tiempo por lo escaso que es”. Partiendo de lo anterior, se estima el valor del tiempo del uso del carro, dando así que, el ciudadano en general está dispuesto a pagar 213,56 pesos por ahorrarse un minuto de viaje y de espera en vehículo particular.

$$Vt_{carro} = \frac{-0.010892}{-0.0000512} = 213.56$$

Por consiguiente, se presenta el valor del tiempo por el uso del taxi, indicando que el ciudadano está dispuesto a pagar 82,59 pesos por ahorrarse un minuto de viaje y espera en taxi. Esta diferencia entre el valor del tiempo del vehículo particular y el valor del tiempo del taxi se explica debido a que, en promedio, los usuarios del vehículo particular tienen costos asociados más elevados al uso de este que el uso del taxi como medio de transporte, y que a su vez, debido a la oferta del taxi la cual es más significativa, pues, normalmente, para este medio de transporte no se requiere un tiempo elevado de espera.

$$Vt_{taxi} = \frac{-0.038755}{-0.00046925} = 82.59$$

Costo marginal= Tarificación del peaje

Teniendo presente que, la tarificación del peaje debe ser a lo sumo el costo marginal del uso del medio de transporte y así mismo, a partir de la siguiente formula del costo total, se halla el costo marginal:

$$Ct = \bar{t} + (Valortiempo * \text{Tiempo de viaje} * \text{Cantidad de viajes})$$
$$Ct_{Carro} = 185.424,31 + (213,56 * \text{Tiempo de viaje} * \text{Cantidad de viajes})$$

Y para el costo total del taxi se representa de la siguiente manera:

$$Ct_{taxi} = 187.075,11 + (82,59 * \text{Tiempo de viaje} * \text{Cantidad de viajes})$$

Posteriormente, y como se mencionó anteriormente, se halla la variación adicional del costo total con respecto a la cantidad de viajes del carro particular y del taxi de la siguiente manera:

$$Cmg = \frac{\Delta Ct}{\Delta Q}$$

$$Cmg_{carro} = \$4.271,2 = \text{Tarifa peaje carro}$$

$$Cmg_{taxi} = \$1.651,8 = \text{Tarifa peaje taxi}$$

Dentro del análisis correspondiente a la tarificación por el uso de la infraestructura vial, se confirma que, el precio del peaje urbano para el vehículo particular será al menos mayor que el precio del peaje para el taxi, a partir de la teoría de costos de bienes públicos, de (Lindahl, 1919), se menciona que la demanda individual de un bien público se estima a partir de cuestionarios que van directamente asociados al ciudadano donde se interviene la disposición a pagar por el uso del bien público, y que, a partir de su réplica se construye dicha oferta a partir del precio determinado, sin embargo, a partir del concepto de *free rider*, el ciudadano

no comprometerá su elección verdadera debido a la respuesta del Estado frente a la implementación de la demanda del bien público, donde se concluye que el ciudadano tenga una infravaloración frente a su elección, por lo cual, se resalta que la tarifa del uso del taxi anteriormente mencionada puede variar frente al problema del *free rider* de los bienes públicos.

Estadísticas descriptivas de las variables

A continuación, en la tabla 1 se muestran las estadísticas descriptivas de las variables a tratar para el modelo multinomial, se observa que, a partir de las estadísticas, estas variables se ajustan al modelo que se utilizará.

Tabla 1: Estadísticas descriptivas

Descriptive Statistics					
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
TRANSPORTE	37450	3.884	2.381	1	7
EDAD	37450	38.845	13.014	18	87
SEXO	37450	1.489	.5	1	2
EDUCACION2	37450	39.921	39.187	0	225
INGRESO	37450	1294995	2165446.9	0	40000000
LOCALIDAD	37450	9.366	5.422	1	20
TESPERA	37450	56.821	36.611	0	395
IMPPEAJE	37450	184666.67	1293390.3	0	1.900e+08

Predicción del ciudadano en el caso de Bogotá

Los bogotanos presentan varios medios de transporte, sin embargo, un sinsabor de transportarse dentro de la ciudad es el tráfico vehicular, como se mencionó al inicio del presente documento, el objetivo es predecir el comportamiento del individuo frente a un costo adicional en el uso tanto del vehículo particular como del taxi como medio de transporte, a partir de unas variables sociodemográficas como el ingreso, la edad, la experiencia obtenida a lo largo su vida y el impacto para las diferentes localidades de la ciudad, por lo cual, a continuación, en la tabla 2 se expone el comportamiento del ciudadano usuario del Transmilenio frente a esta tarificación, se observa que, las variables más significativas en el

presente modelo son las de edad, se interpreta que ante un aumento en la edad, el ciudadano disminuye la probabilidad del uso del Transmilenio, así mismo, se indica que, para el presente modelo, la variable de la localidad 20 la cual es la localidad de Sumapaz es omitida debido a su insignificancia, pues, debido a las características y la cantidad de sus habitantes (3275 aproximadamente), su entorno se centra en actividades rurales.

Tabla 2: Predicción usuarios Transmilenio:

Multinomial logistic regression

TRANSPORTE TRANSMILENIO	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf	Interval]	Sig
EDAD	-.011	.001	-9.66	0	-.013	-.009	***
EDUCACION2	.00029	.001	-1.58	.06	-.001	.001	*
SEXO	.018	.059	1.62	.06	-.039	.074	*
LOCALIDAD 1	.42	.081	5.91	.002	-.393	.071	***
2	-.31	.12	-2.58	.01	-.546	-.075	***
3	.558	.089	6.25	0	.383	.733	***
4	-.245	.077	-3.16	.002	-.397	-.093	***
5	-.072	.051	1.4	.04	-.022	.08	**
6	.757	.116	6.52	0	.529	.984	***
7	.691	.087	7.98	0	.521	.86	***
8	.011	.071	1.15	.09	-.179	.115	*
9	.032	.084	1.39	.07	-.198	.133	*
10	.143	.077	1.86	.163	-.008	.294	
11	.735	.079	9.28	0	.58	.89	***
12	.802	.112	7.17	0	.583	1.022	***
13	.36	.103	3.51	0	.159	.561	***
14	.696	.112	6.24	0	.477	.915	***
15	.716	.128	9.10	0	.915	1.417	***
16	.058	.109	0.54	.124	-.155	.271	
17	.719	.156	4.61	0	.414	1.025	***
18	.489	.078	6.23	0	.335	.642	***
19	.148	.074	2.00	.046	.003	.294	**
INGRESO	2.10e-08	0	1.69	.091	0	0	*
TESPERA	.002	0	4.55	0	.001	.002	***
IMPPEAJE	-2.23e-07	0	-3.36	.001	0	0	***
Constant	-.225	.077	-2.92	.003	-.375	-.074	***

*** $p < .01$, ** $p < .05$, * $p < .1$

Por consiguiente, se presentan los resultados de la predicción de los usuarios del SITP

como medio de transporte.

Tabla 3: Predicción usuarios SITP:**Multinomial logistic regression**

TRANSPORTE SITP	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf	Interval]	Sig
EDAD	.005	.001	4.34	0	.003	.008	***
EDUCACION2	-.0003	.001	-0.52	.112	-.301	.028	
SEXO	.178	.032	5.49	0	.115	.242	***
LOCALIDAD 1	.21	.12	1.52	.067	-.01	.484	*
2	1.227	.101	12.17	0	1.03	1.425	***
3	.002	.108	9.04	0	1.1	1.214	***
4	-.605	.093	-6.53	0	-.787	-.423	***
5	-.09	.087	-1.03	.303	-.261	.081	
6	.262	.14	1.87	.061	-.012	.536	*
7	.606	.098	6.19	0	.414	.798	***
8	.42	.078	5.41	0	.268	.572	***
9	.042	.296	-2.44	.061	-.723	-.046	**
10	.23	.085	2.70	.007	.063	.398	***
11	.079	.199	-0.80	.071	-.014	.372	**
12	.083	.141	0.59	.557	-.193	.359	
13	-.539	.146	-3.70	0	-.824	-.253	***
14	-.167	.147	-1.14	.256	-.455	.121	
15	-.332	.198	-1.68	.093	-.72	.056	*
16	.944	.102	9.27	0	.744	1.143	***
17	-.473	.233	-2.03	.042	-.929	-.016	**
18	-.151	.096	-1.57	.116	-.338	.037	
19	.423	.081	5.20	0	.264	.583	***
INGRESO	-5.81e-08	0	-3.68	0	0	0	***
TESPERA	-.004	0	-7.87	0	-.005	-.003	***
IMPPEAJE	-1.11e-06	0	-10.89	0	0	0	***
Constant	-.799	.088	-9.05	0	-.972	-.626	***

*** $p < .01$, ** $p < .05$, * $p < .1$

Realizando el análisis correspondiente, se evidencia que la variable “EDUCACIÓN2” es significativa alrededor del 90%, y así mismo, indica que al incrementar su experiencia en educación el ciudadano, dejaría de elegir el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) como medio de transporte, teniendo en cuenta el costo adicional que se tendría por el uso de la infraestructura vial, así mismo, las variables “INGRESO” e “IMPPEAJE” tienen signo positivo, pues, esto se traduce en que, ante un aumento en el ingreso y frente a la tarificación adicional, elegirán como medio de transporte al SITP, así mismo, como se mencionó anteriormente, la variable de la localidad 20 no fue significativa por lo que se elimina del modelo, y la variable de la localidad 12 (Barrios Unidos) presenta el mismo inconveniente, sin embargo, se tendrá en cuenta para los demás medios de transporte.

Para la elección de los usuarios del bus zonal en algunas localidades de la ciudad donde aún son representativos como medios de transporte entre localidades o barrios, se identifica que en la mayoría de variables su interacción con el estudio son positivas, lo que sugiere que, ante una posible tarificación por el uso de la vía, el ciudadano seguirá eligiendo como medio de transporte el bus zonal, así mismo, se identifican dos localidades, localidad de Teusaquillo y La Candelaria, donde su coeficiente no se ajusta al modelo, pues la explicación de ello es que, en la localidad de Teusaquillo se presenta preferencia por el uso del Transmilenio, pues cuenta con tres líneas de este medio de transporte las cuales son representativas por el poco tiempo que se debe esperar y el tiempo que se debe transportar hacia el punto de recogida (Av. Caracas, Av. NQS y Av. El Dorado), así mismo, para la localidad de La Candelaria, al ser una zona turística no compete el uso del bus zonal como medio de transporte en esta localidad.

Tabla 4: Predicción usuarios bus (zonal):

Multinomial logistic regression

TRANSPORTE BUS	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf	Interval]	Sig
EDAD	.01	.002	6.11	0	.007	.014	***
EDUCACION2	-.002	.001	-2.06	.04	-.003	0	**
SEXO	.106	.045	2.35	.019	.017	.194	**
LOCALIDAD 1	.152	.212	0.75	.391	-.231	.591	**
2	.442	.218	2.03	.042	.015	.869	**
3	.895	.171	5.23	0	.56	1.23	***
4	.892	.147	6.05	0	.603	1.181	***
5	.461	.157	2.93	.003	.153	.769	***
6	1.894	.179	10.58	0	1.543	2.245	***
7	1.433	.162	8.86	0	1.116	1.75	***
8	.471	.15	3.14	.002	.177	.765	***
9	2.026	.144	14.08	0	1.744	2.308	***
10	.314	.164	1.91	.056	-.007	.636	*
11	1.579	.152	10.42	0	1.282	1.876	***
12	.487	.236	2.06	.039	.024	.949	**
13	.186	.232	0.80	.422	-.268	.641	
14	.049	.264	2.19	.052	-.008	.566	**
15	1.673	.207	8.08	0	1.267	2.078	***
16	1.278	.173	7.38	0	.938	1.617	***
17	.33	.335	0.99	.324	-.326	.986	
18	.634	.162	3.92	0	.317	.951	***
19	.98	.148	6.62	0	.69	1.27	***
20	2.718	.585	4.65	0	1.572	3.864	***
INGRESO	-1.22e-07	0	-5.06	0	0	0	***
TESPERA	-.007	.001	-10.04	0	-.009	-.006	***

IMPPEAJE	-1.36e-06	0	-8.73	0	0	0	***
Constant	-2.281	.154	-14.86	0	-2.582	-1.981	***

*** $p < .01$, ** $p < .05$, * $p < .1$

A continuación, se presenta la predicción de los ciudadanos frente a la elección del vehículo particular donde se identifican factores relevantes para el modelo, principalmente con respecto a la edad, donde el coeficiente predictor sostiene que el ciudadano seguirá eligiendo como medio de transporte el carro particular aún así se tenga un costo adicional por el uso de este, así mismo, para las localidades de Antonio Nariño, Puente Aranda y Fontibón, su coeficiente estadístico no se ajusta al modelo a tratar puesto que, si bien se conectan directamente con el centro de la ciudad, el medio más común por su zona es el Transmilenio, así mismo se identifica que el coeficiente tanto de la edad, la experiencia educativa y el ingreso tienen coeficiente positivo, lo que se traduce en que a partir de una tarificación, la elección de los ciudadanos usuarios del vehículo particular seguirá siendo la misma teniendo en cuenta las variables anteriormente mencionadas que se ampliará posteriormente en el siguiente capítulo donde se hablará acerca del análisis de estos resultados, con el fin de identificar factores socioeconómicos clave para la interpretación de estos resultados.

Tabla 5: Predicción usuarios vehículo particular:

Multinomial logistic regression

TRANSPORTE VEHÍCULO PARTICULAR	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf	Interval]	Sig
EDAD	.029	.001	21.24	0	.027	.032	***
EDUCACION2	.011	.001	22.61	0	.01	.012	***
SEXO	-.783	.037	-21.27	0	-.855	-.711	***
LOCALIDAD 1	.284	.92	2.67	.07	.078	.421	**
2	.495	.099	4.99	0	.3	.689	***
3	-.724	.113	-6.42	0	-.945	-.503	***
4	-1.303	.101	-12.87	0	-1.502	-1.105	***
5	-1.438	.119	-12.13	0	-1.67	-1.205	***
6	-.567	.163	-3.48	.001	-.887	-.248	***
7	-.345	.117	-2.95	.003	-.574	-.116	***
8	-.588	.077	-7.60	0	-.74	-.437	***
9	-.057	.08	-0.72	.471	-.214	.099	
10	-.532	.081	-6.56	0	-.69	-.373	***
11	.62	.078	7.95	0	.467	.773	***

12	-.272	.127	-2.14	.033	-.522	-.023	**
13	.275	.095	2.89	.004	.089	.462	***
14	-.754	.15	-5.04	0	-1.047	-.461	***
15	.109	.149	0.73	.465	-.183	.4	
16	.073	.104	0.70	.485	-.132	.277	
17	-.778	.216	-3.61	0	-1.2	-.355	***
18	-1.102	.109	-10.13	0	-1.315	-.888	***
19	-1.007	.098	-10.23	0	-1.2	-.814	***
INGRESO	1.18e-07	0	11.13	0	0	0	***
TESPERA	-.014	.001	-22.36	0	-.015	-.013	***
IMPPEAJE	1.41e-06	0	26.83	0	0	0	***
Constant	-1.33	.089	-14.97	0	-1.504	-1.156	***

*** $p < .01$, ** $p < .05$, * $p < .1$

Finalmente, en la tabla 6 se presenta la predicción de la elección del usuario frente al taxi como medio de transporte, las variables menos significativas van ligadas directamente a cuatro localidades, localidad de San Cristobal, Tunjuelito, Kennedy y Ciudad Bolivar, en el análisis de resultados se explicará el motivo de dicha variación en el modelo, así mismo, se identifican factores como en sexo y el tiempo de espera, los cuales son factores sociodemográficos relevantes, donde explican que las mujeres elegirían en menor proporción el uso del taxi como medio de transporte, esto se relaciona con problemas de género y la percepción de inseguridad que se tiene frente a este medio de transporte, así como el largo tiempo de espera en algunos casos por baja demanda de conductores de taxis que a su vez se podría traducir a una alta demanda de los conductores de plataformas móviles (Uber, Didi, Cabify, etc.)

Tabla 6: Predicción usuarios de taxi:**Multinomial logistic regression**

TRANSPORTE TAXI	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf	Interval]	Sig
EDAD	.019	.003	7.46	0	.014	.024	***
EDUCACION2	.005	.001	5.96	0	.004	.007	***
SEXO	-.455	.067	-6.78	.0	-.586	-.323	***
LOCALIDAD 1	.44	.136	2.75	.006	.175	.734	**
2	.768	.206	3.74	0	.365	1.171	***
3	.577	.187	3.09	.002	.211	.943	***
4	.251	.182	1.38	.167	-.105	.608	
5	-.781	.289	-2.70	.007	-1.347	-.214	***
6	.359	.306	1.17	.241	-.241	.958	
7	.79	.229	3.46	.001	.342	1.238	***
8	.254	.169	1.51	.132	-.076	.584	
9	.557	.168	3.31	.001	.227	.887	***
10	.131	.177	3.24	.007	-.245	.477	**
11	.914	.169	5.41	0	.583	1.245	***
12	.513	.227	2.26	.024	.068	.959	**
13	.995	.171	5.82	0	.66	1.33	***
14	.742	.22	3.37	.001	.31	1.174	***
15	1.099	.236	4.67	0	.638	1.561	***
16	.693	.197	3.51	0	.306	1.08	***
17	.355	.135	3.06	.002	.301	.811	***
18	.144	.199	0.72	.007	-.246	.434	**
19	.041	.201	1.15	.137	-.152	.635	
INGRESO	1.11e-07	0	6.92	0	0	0	***
TESPERA	-.054	.002	-29.58	0	-.058	-.051	***
IMPPEAJE	5.29e-07	0	5.57	0	0	0	***
Constant	-1.502	.183	-8.20	0	-1.862	-1.143	***

*** $p < .01$, ** $p < .05$, * $p < .1$

Por consiguiente en la tabla 7 se presentan las pruebas de calidad del modelo, el factor relevante es la prueba de chi-cuadrado, donde la hipótesis nula de la prueba corresponde a que no existe asociación entre las variables independientes con la variable dependiente, por ende, a partir del resultado de esta prueba se rechaza la hipótesis nula, lo que corresponde a que las variables tratadas en el modelo son dependientes. Existen diferentes discusiones frente al uso del Pseudo r-cuadrado para definir la efectividad de un modelo logit, en aspectos comportamentales como en el campo de la economía y de la psicología, Salas (2009) menciona que esta prueba de calidad se encuentra ligada al comportamiento del individuo lo que compete aclarar que es complejo predecir el

comportamiento del ser humano, por lo que se sugiere no tener presente esta prueba para afirmar que el modelo trabajado sea eficiente para explicar este acontecimiento.

Tabla 7: Pruebas de calidad del modelo:

Model quality test			
Mean dependent var	3.884	SD dependent var	2.381
Pseudo r-squared	0.135	Number of obs	37450
Chi-square	16243.007	Prob > chi2	0.000
Akaike crit. (AIC)	104106.644	Bayesian crit. (BIC)	105215.643

Efectos marginales

La interpretación de los efectos marginales del modelo logit multinomial es una herramienta fundamental para la presentación de los resultados, ya que a partir de estos efectos se resalta el porcentaje de probabilidad de ocurrencia de un acontecimiento en específico, por ende, inicialmente y a partir del software estadístico se estima la correspondiente probabilidad para el presente trabajo, la probabilidad de ocurrencia para el uso del vehículo particular en la tabla 8.

Tabla 8: Efectos marginales frente al uso del Vehículo particular:

	dy/dx	std.	err.	z	P>z	[95%conf. interval]
USAQUEN	0.016	0.012	1.370	0.172	-0.007	0.040
CHAPINERO	-0.113	0.011	-10.530	0.000	-0.134	-0.092
SANTA FE	-0.134	0.010	-13.930	0.000	-0.153	-0.116
SAN CRISTOBAL	-0.144	0.010	-14.100	0.000	-0.164	-0.124
USME	-0.115	0.014	-8.200	0.000	-0.143	-0.088
TUNJUELITO	-0.097	0.012	-8.250	0.000	-0.120	-0.074
BOSA	-0.087	0.009	-9.980	0.000	-0.104	-0.070
KENNEDY	-0.039	0.009	-4.230	0.000	-0.058	-0.021
FONTIBON	-0.079	0.009	-8.680	0.000	-0.096	-0.061
ENGATIVÁ	0.030	0.010	3.110	0.002	0.011	0.049
SUBA	-0.075	0.013	-5.870	0.000	-0.100	-0.050
BARRIOS UNIDOS	0.023	0.012	1.950	0.051	-0.000	0.047
TEUSAQUILLO	-0.116	0.013	-8.710	0.000	-0.142	-0.090
LOS MÁRTIRES	-0.061	0.015	-4.080	0.000	-0.090	-0.031
ANTONIO NARIÑO	-0.040	0.012	-3.470	0.001	-0.063	-0.018
PUENTE ARANDA	-0.114	0.018	-6.200	0.000	-0.150	-0.078
LA CANDELARIA	-0.136	0.010	-13.770	0.000	-0.155	-0.117
RAFAEL U. U	-0.129	0.009	-13.670	0.000	-0.148	-0.111
CIUDAD BOLIVAR	-0.035	0.088	3.990	0.000	0.179	0.525

Las localidades más representativas en la tabla, y que se analizarán posteriormente, son las localidades con un signo positivo en su coeficiente, pues a pesar del incremento por el uso de la infraestructura vial, siguen preservando el uso del vehículo como medio de transporte, pero se caracteriza por ser en una proporción mínima, así mismo, con respecto a la efectividad del modelo, todas las variables independientes estiman correctamente la posible elección del ciudadano bogotano.

A continuación, se presentan los efectos marginales del uso del taxi como medio de transporte frente a una posible implementación de peajes urbanos en Bogotá, observando así que, en general, los ciudadanos seguirán eligiendo el taxi para transportarse, se igual manera, las localidades que no se ajustan al modelo son las localidades de Usme y Rafael Uribe Uribe, sin embargo, indeterminadamente estos efectos marginales pueden predecir el comportamiento del individuo frente a este cobro adicional.

Tabla 9: Efectos marginales frente al uso del taxi:

	dy/dx	std.	err.	z	P>z	[95%conf. interval]
USAQUEN	0.008	0.005	1.650	0.099	-0.001	0.017
CHAPINERO	0.017	0.005	3.450	0.001	0.008	0.027
SANTA FE	0.020	0.005	3.760	0.000	0.009	0.030
SAN CRISTOBAL	-0.006	0.005	-1.330	0.184	-0.015	0.003
USME	0.005	0.007	0.660	0.510	-0.009	0.018
TUNJUELITO	0.016	0.007	2.360	0.018	0.003	0.029
BOSA	0.008	0.004	2.220	0.027	0.001	0.016
KENNEDY	0.010	0.004	2.600	0.009	0.002	0.018
FONTIBON	0.005	0.004	1.400	0.162	-0.002	0.013
ENGATIVÁ	0.011	0.004	2.720	0.006	0.003	0.018
SUBA	0.010	0.006	1.730	0.083	-0.001	0.021
BARRIOS UNIDOS	0.026	0.005	5.380	0.000	0.017	0.036
TEUSAQUILLO	0.025	0.007	3.420	0.001	0.011	0.039
LOS MÁRTIRES	0.020	0.007	2.840	0.005	0.006	0.034
ANTONIO NARIÑO	0.010	0.005	2.130	0.033	0.001	0.019
PUENTE ARANDA	0.012	0.009	1.280	0.199	-0.006	0.030
LA CANDELARIA	0.009	0.005	1.800	0.072	-0.001	0.018
RAFAEL U. U	0.004	0.004	1.010	0.311	-0.004	0.013
CIUDAD BOLIVAR	-0.021	0.003	-8.300	0.000	-0.026	-0.016

Análisis de resultados

Dando continuidad a la identificación de los resultados relevantes que caracterizan a la presente investigación, principalmente se abordará el comportamiento de los ciudadanos frente a una implementación de un cobro adicional por el uso de la infraestructura vial para taxis y vehículos particulares.

Preferencias al taxi

En primera instancia se identifica que, para el uso del taxi, la proporción de disminución o incremento de la elección de este, para el ciudadano, en general se obtienen efectos positivos, lo que se traduce en que, a pesar de que existe un incremento por el uso de la infraestructura vial, en las localidades de Bogotá (exceptuando la localidad de Sumapaz), el uso del taxi únicamente disminuirá en 0.7 veces en la localidad de Usme. La distribución de la población de esta localidad se encuentra muy ligada a la desigualdad, pues a pesar de que tiene un gran número de población y es una combinación de entorno urbano con entorno rural, a partir de información de catastro de Bogotá se identifica que el estrato predominante en esta localidad es el estrato 2, lo que lleva a concluir y a partir del coeficiente de ingreso, que esta localidad, si presenta un incremento de ingresos en una mayor proporción, posiblemente incrementará el uso del taxi como medio de transporte, por consiguiente, se deberá para posibles investigaciones posteriores, validar si existe causalidad entre estas dos variables, es decir, si la variable de ingreso de un ciudadano es causal de las preferencias que se tiene en las localidades, para este caso, esta prueba se podría realizar a partir de un test de causalidad de granger.

A partir de lo anteriormente comentado, sin embargo, en una menor proporción se obtiene que el incremento del ingreso, tendrá un efecto positivo frente a la elección del individuo, así

mismo, ante un incremento en el tiempo de espera, si se incrementa el costo de este medio de transporte a partir de la tarificación urbana, el uso del taxi tendrá efectos negativos frente a la elección de los ciudadanos, puesto que el coeficiente está dado a que, si se incrementa en una unidad el tiempo de espera (en este caso un minuto adicional), la preferencia de elección de los ciudadanos frente al taxi disminuirá 0.054 veces, se observa que es en menor proporción, sin embargo, se debe tener presente que a medida que el tiempo pase, este coeficiente tendrá una tendencia a incrementar.

Tomando como referencia los coeficientes de la variable “Localidad”, se identifica que existen localidades que seguirán utilizando este medio de transporte en mayor proporción, las localidades más representativas y que incrementarán el uso ante una posible implementación de peajes urbanos, son las localidades de Antonio Nariño, pues ante este incremento, aumentará el uso del medio de transporte en 1,1 unidades, le sigue la localidad de Teusaquillo, donde incrementará aproximadamente en una unidad, y la localidad de Suba donde incrementará 0.91 veces. Esto se explica que en la localidad de Antonio Nariño, al ser una localidad muy comercial a partir de barrios significativos para esta actividad económica como “El Restrepo” y por conexiones cercanas al centro de Bogotá, su tendencia de transporte será el incremento del uso de este medio, por consiguiente, en la localidad de Teusaquillo se encuentra instituciones educativas como la Universidad Nacional de Colombia, hospitales principales como el hospital militar, es estado Nemecio Camacho El Campin, y una zona relevante para este incremento en el uso del taxi, el “Park Way”, partiendo de que existen lugares importantes para el transporte, se debe recalcar que la localidad de Teusaquillo posee un nivel de ingresos alto, lo que representa así una disposición a pagar mayor a la de otras localidades.

Observando los efectos marginales frente al uso del taxi, se observa que estos efectos tienen una proporción muy menor, lo que significará que, en promedio las localidades de Bogotá (exceptuando localidad de Sumapaz), tienen un efecto marginal positivo frente al uso de este medio de transporte pero en menor proporción, como en el presente estudio nuestro objetivo es disminuir el uso del vehículo particular y el taxi para transportarse, por medio de una tarificación urbana, se observa que es necesario recopilar más variables con el fin de identificar así el sesgo de los resultados, así como identificar posibles cambios de la valoración del tiempo o del costo marginal por el uso del taxi lo que traduce en la tarifa que se le cobraría, puesto que si se incrementa el precio por este uso, la tendencia de la elección del individuo tendría una pendiente negativa.

Preferencias al vehículo particular

El problema que se presenta en la ciudad de Bogotá en términos de movilidad y calidad de vida se ha centrado principalmente en la alta demanda de vehículos en la ciudad y la infraestructura débil que se tiene en las principales vías, sin embargo, la presente investigación se centra en identificar las posibles preferencias y elecciones que tendrían los ciudadanos frente a un peaje urbano, en el caso de la preferencia del uso del carro particular, en primera instancia, se observa que a medida que el ciudadano bogotano incrementa su edad, teniendo presente que tendrá un incremento en el costo por el uso del vehículo, preferirá elegir el uso del carro, esto se interpreta a partir de que, a medida que incrementa la edad, el individuo querrá más confort para transportarse, sentirse cómodo y evitar la multitud en los medios de transporte público. Por consiguiente, e identificando la relación que tiene la experiencia en educación y el ingreso de los individuos, se observa así que incrementando estas dos variables, el uso del vehículo será la preferencia de los ciudadanos, ya que el costo

adicional por el uso de la infraestructura, teniendo una “estabilidad económica” no será un problema individual.

Realizando la validación de la variable “Sexo” se puede observar que, al tener una posible implementación de peajes urbanos en la ciudad de Bogotá, las mujeres dejarán de usar el vehículo 0.8 veces, así mismo, para otras posibles investigaciones se puede realizar la validación de la preferencia de la mujer en este aspecto, puesto que puede ser por temas relacionados con desigualdad de género el cual es un fenómeno social que llevaría a una toma de decisión diferente a la real o se estaría omitiendo algunas variables que influirían a esta elección.

Realizando la validación en el aspecto zonal, se observa que la mayoría de los individuos de las diferentes localidades de la ciudad tienen una preferencia negativa frente al uso del vehículo si se le aumenta el costo por el uso de este, se observa así que la principal es la localidad de Usme, pues si existe un peaje urbano, los individuos de esta localidad dejarán de usar el vehículo 1,4 veces, le sigue la localidad de San Cristóbal con 1,3 veces de omitir el uso del vehículo, así como las localidades de Rafael Uribe Uribe y Ciudad Bolívar con una disminución alrededor de 1 vez, las demás localidades tendrán una disminución promedio entre 0.56 veces, por consiguiente, se observa que las variables con coeficiente positivo son las localidades con más ingresos en la ciudad, entre ellas, Usaquén y Chapinero, observando así una distribución de las preferencias muy equidistante a la desigualdad en los ingresos de la ciudad, donde, aún así teniendo un cobro de más por el uso del carro, las personas con mayores ingresos, les será poco relevante este costo adicional, esto también se ve reflejado en los efectos marginales pero en menor proporción, y en este aspecto cabe resaltar la probabilidad de disminución del uso del vehículo en promedio de un 5% y un 12%, es un

porcentaje bajo, sin embargo, y como se comentó anteriormente, debido a la alta demanda y así mismo los vehículos en circulación, para el caso de Bogotá, siendo una ciudad capital, tendría impactos positivos en aspectos de movilidad, observando así una mejoría en la productividad del ciudadano y por consiguiente una mejor calidad de vida.

Conclusiones

La teoría multidisciplinar de la tarificación urbana comprende aspectos económicos, urbanos y de movilidad, por un lado, el coste adicional por el uso del vehículo privado por medio de un peaje urbano llevaría al incentivo del uso del medio de transporte público o medios de transporte alternativos, por consiguiente aporta a la productividad individual debido al incremento del tiempo, por otro lado, el orden público y urbano llevaría a una mejor calidad de vida gracias a la reinversión de los ingresos de la política pública, identificando las localidades que se requiere mayor inversión en la infraestructura y mantener en orden las localidades que permanecen en resultados positivos, lo que se traduce en mayor eficiencia en actividades tanto laborales como personales, sin embargo, a partir de los resultados, se observa que únicamente alrededor el 9% de los ciudadanos optarían por elegir otro medio de transporte, es una cifra baja debido a la alta población que se tiene en la ciudad de Bogotá, pero se tendrían resultados positivos en incentivos de cultura ciudadana. Según la teoría tratada se indica que ante este incremento por el uso del vehículo, disminuirá la demanda del uso de este medio de transporte, en este caso, es posible que al incrementar este coste adicional por el uso, la demanda disminuiría aún más, lo que compete mencionar es que factiblemente se omitió variables socioeconómicas que explican o predicen el

comportamiento del individuo ante este costo añadido, el autor deja a disposición la presente investigación para indagar junto a diferentes variables una predicción más personalizada.

El proceso de implementación de un peaje urbano en una vía principal de la ciudad podría ser un desafío en diferentes aspectos, en primera instancia a la recolección de información necesaria para la ejecución de una política social, así como la cooperación entre varias disciplinas como la economía, la psicología y la ingeniería civil, junto al gobierno con el fin de llegar a unos mejores objetivos que beneficien el ámbito social y personal de los individuos, así mismo, se debe tener presente que el enfoque de un incremento del costo por el uso del vehículo no es la única solución para este problema de movilidad, lo que se podría traducir en otras investigaciones relacionadas al presente trabajo es generar conciencia a los ciudadanos a través de proyectos sociales que acarreen costos adicionales desde un incremento en el impuesto por compra o venta de vehículos así como de una tarificación por la cantidad de flujo en una infraestructura vial determinada y la cantidad de viajes a realizar por el ciudadano.

La complejidad de realizar estudios basados en ámbitos comportamentales se caracteriza por la dificultad de recopilar la información correspondiente a través de las variables a utilizar y del modelo que se analiza, en este caso, para los coeficientes de un modelo logit multinomial se identifica la simplificación de los resultados de las correspondientes preferencias de los individuos, a lo que compete decir que no se traduce en que los datos son exactos pero si relevantes para la implementación de políticas públicas que beneficien a la ciudad y a las localidades que requieren efectivamente un proceso más individual por la diferencia económica que se tiene en varias zonas de la capital.

La problemática del cobro o no cobro del peaje urbano para el taxi puede ser un desafío moral, pues al ser un transporte público, el gobierno debería aportar los recursos necesarios para el funcionamiento adecuado de este medio de transporte, sin embargo, como se mencionó anteriormente, la complicación de la congestión en la ciudad está muy relacionada con el uso de este medio de transporte, sin embargo, es posible que a partir de una investigación donde se tarifique por medio de la cantidad de flujo tanto de vehículos como de taxis, incremente más el precio por el uso de este medio de transporte, por lo que a su vez el usuario del mismo optará por elegir otra opción.

En ámbitos económicos, la disminución en el tiempo de transporte de una persona, como se comentó anteriormente se traduce en más tiempo de productividad en el empleo y en más tiempo dedicado al ocio, esto a su vez se convierte en un incremento social en el aspecto del bienestar, pues la disminución en un 9% del vehículo particular se podría concluir a que las personas que decidan no utilizar este medio de transporte buscarán otra preferencia de transporte como el público o el transporte de energías renovables el cual es amigable para el ambiente con el fin de llegar al punto en el que encuentren este bienestar social para que a su vez estimule el crecimiento económico tanto de la ciudad como del país con el fin de generar inversión a los entes responsables del mantenimiento y construcción de infraestructuras viales y mejoramiento del transporte público para finalmente recibir la calidad de vida que cada ciudadano requiere.

Referencias bibliográficas

Alonso, W. (1964). Location and Land Use. Toward a General Theory of Land Rent.

Cambridge: Harvard University Press.

Muñoz Miguel, J. P., & Anguita Rodríguez, F. (2014). Los sistemas de peaje urbano y su efecto en el cambio de las pautas de movilidad en el transporte urbano: un estudio empírico aplicado a Madrid. *Urban Public Economics Review*, (20), 38-61.

Fernández Aguilera Rodrigo Eduardo & Dextre Quijandría Juan Carlos. (2011). Elementos de la teoría del tráfico vehicular. PUCP. Fondo Editorial.

Samuelson, P. A. (1954). The Pure Theory of Public Expenditure. *The Review of Economics and Statistics*, 36(4), 387–389. <https://doi.org/10.2307/1925895>

Nicholson Walter, 1985 Microeconomic Theory.

Silva R. José. (2013). La educación superior desde la teoría de los bienes públicos: ¿con o sin ánimo de lucro?. *Sophia*, Vol. (9), 123-140.

Downs, A. (1957). *An Economic Theory of Democracy*. Harper & Row.

Mills, E. S. (1972). Segregation, Housing, and Residential Location. En A. M. Isserman (Ed.), *Location and Land Use: Toward a General Theory of Land Rent* (pp. 169-211). The Free Press.

Voorhees, A.M., *A general theory of traffic movement*. Ed. Institute of Traffic Engineers, New Haven, 1955.

De Rus, Ginés, Campos, Javier y Nombela, Gustavo (2003) *Economía del Transporte*, Antoni Bosch.

Samuelson, P. A. (1954). The Pure Theory of Public Expenditure. The Review of Economics and Statistics, 36(4), 387–389. <https://doi.org/10.2307/1925895>

Cuellar, P. (2023). ¿Los cambios en los límites de velocidad que propone el MinTransporte empeorarían el tráfico de Bogotá? Valora Analitik.

López-Cuesta, J., & González-López, M. A. (2018). Un modelo del tiempo de espera de viajeros en paradas de autobús. Revista de Ingeniería Civil, 181, 145-154.

Cárdenas, A., Gutiérrez, M., & López, J. (2023). Costos de revelación de preferencias para la provisión de bienes públicos. *Revista de Economía Pública, 13(2), 1-23.

Urruaga, R., Hiraoka, T., & Risso, A. (2020). Fundamentos de economía pública. Apuntes de estudio, 43, 1-211.

Torres, S. (2006). Estudio de la sensibilidad bogotana a peajes urbanos. Universidad de los Andes, 1-56

Salas, M. (2009). Peajes urbanos: una solución al problema de movilidad. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/8081>.

Villarreal Pacheco, R. (2004). Tarifación urbana por congestión en la ciudad de Bogotá. Uniandes.

Pigou, A. (1951). Some Aspects of Welfare Economics, The American Economic Review, 41 (3), 1-97.

NASH, C. et al. Marginal cost and other pricing principles for user charging in transport: a comment. Transport Policy 10. 2003, p. 345-348.

Muñoz Miguel, J. P., & Anguita Rodríguez, F. (2014). Los sistemas de peaje urbano y su efecto en el cambio de las pautas de movilidad en el transporte urbano: un estudio empírico aplicado a Madrid. *Urban Public Economics Review*, (20), 38-61.

Anexos

Anexo 1:

Variable	Tipo	Descripción
Medio de transporte	Multinomial	Variable dependiente que representa la elección del individuo, donde 1, representa la elección del Transmilenio como medio de transporte, 2 el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), 3 representa el bus zonal en algunas localidades, 4 representa vehículo privado y 5 Taxi como medio de transporte.
Edad	Numérica	Variable la cual representa la edad que posee el ciudadano al momento de la encuesta
Sexo	Binomial	Variable categórica, donde 0 representa el sexo femenino al nacer y 1 el sexo masculino al nacer
Educación	Multinomial	1 Ninguno
		2 Preescolar
		3 Básica primaria (1° -5°)
		4 Básica secundaria (6° -9°)
		5 Media (10° - 13°)
		6 Técnico
		7 Tecnológico
		8 Universitaria incompleta (sin título)
		9 Universitaria completa (con título)
		10 Especialización incompleta (sin título)
		11 Especialización completa (con título)
		12 Maestría incompleta (sin título)
		13 Maestría completa (con título)
		14 Doctorado incompleto (sin título)
		15 Doctorado completo (con título)
Educacion2	Categórica	Experiencia del ciudadano con el pasar del tiempo
Localidad	Multinomial	01 Usaquén
		02 Chapinero
		03 Santafé
		04 San Cristóbal
		05 Usme
		06 Tunjuelito
		07 Bosa
		08 Kennedy

09 Fontibón
 10 Engativá
 11 Suba
 12 Barrios Unidos
 13 Teusaquillo
 14 Los Mártires
 15 Antonio Nariño
 16 Puente Aranda
 17 La Candelaria
 18 Rafael Uribe Uribe
 19 Ciudad Bolívar
 20 Sumapaz

Ingreso	Numérica	Ingreso mensual del ciudadano
Tespera	Numérica	Tiempo en minutos de espera del transporte
CantidadC	Numérica	Cantidad de carros que posee el ciudadano
TTCTO	Numérica	Costo total del uso del medio de transporte, incluido el precio del transporte, el valor del tiempo de espera del transporte, el SOAT, impuesto vehicular y gastos mensuales de combustible y de parqueadero.
IMPPEAJE	Numérica	Tarifa adicional por el uso de la infraestructura vial.