

**Elasticidad de la demanda de  
estacionamiento ante variaciones  
sistemáticas del ingreso en  
Montería, Colombia**

Parking demand elasticity with  
income systematic variations in  
Monteria, Colombia

Luis F. Macea\*

*Pontificia Universidad Javeriana de Cali*

Luis Márquez\*\*

*Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*

José J. Soto\*\*\*

*Universidad Tecnológica de Bolívar*

---

\* Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Departamento de Ingeniería Civil e Industrial. Cali, Valle del Cauca. Magister en Ingeniería Civil con énfasis en Vías y Transporte, [luis.macea@javerianacali.edu.co](mailto:luis.macea@javerianacali.edu.co)

\*\* Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías. Tunja, Colombia. Magíster en Ingeniería con énfasis en Transporte, [luis.marquez@uptc.edu.co](mailto:luis.marquez@uptc.edu.co)

\*\*\* Universidad Tecnológica de Bolívar, Facultad de Ingeniería. Cartagena, Colombia. Magister en Ingeniería Civil con énfasis en Vías y Transporte, [jsoto@unitecnologica.edu.co](mailto:jsoto@unitecnologica.edu.co)

**Correspondencia:** Jose J. Soto, Km. 1 Vía Turbaco, Cartagena, Colombia. Tel. (5) 653 5200 Ext. 638, [jsoto@unitecnologica.edu.co](mailto:jsoto@unitecnologica.edu.co)

## Resumen

El presente artículo analiza la elasticidad de la demanda de estacionamiento sobre la vía pública y en parqueadero privado en la zona céntrica de la ciudad de Montería, Colombia, considerando variaciones en la tarifa y en el nivel de ingreso de los usuarios.

Los modelos fueron estimados con base en datos de preferencias declaradas. Las elasticidades fueron analizadas con un modelo de tipo logit multinomial, cuyas variables explicativas fueron el tiempo de viaje, el tiempo de acceso, el costo y el ingreso.

Se encontró que las elasticidades entre la demanda y la tarifa fueron de -0,10 y -0,32 para parqueo sobre la vía pública y en parqueadero privado, respectivamente. Se evidenció además una diferencia del 33,5 % en el valor de dichas elasticidades cuando son consideradas variaciones de ingreso de los individuos. Esto muestra que una política restrictiva de gestión de precios de parqueo afectaría más a grupos con menores ingresos.

**Palabras Clave:** Demanda por parqueo, estacionamientos, modelos de elección.

## Abstract

This article analyzes on-street and private parking lots demand elasticity in the central business district of Monteria, Colombia, when fee and income variations are considered.

Estimated choice models were based on a stated preference survey. Elasticities were analyzed using a multinomial logit model, which explanatory variables were travel time, access time, fee and income.

It was found that demand and income elasticities were -0,10 and -0,32 for on-street and private parking lot, respectively. Those elasticities experienced a 33,5 % change when users' income variations are considered. This shows that a restrictive parking management policy would affect lower income groups.

**Keywords:** Choice models, parking, parking demand.

*Fecha de recepción: 19 de agosto de 2016  
Fecha de aceptación: 6 de marzo de 2017*

## I. INTRODUCCIÓN

Diversos aspectos coyunturales en Colombia, tales como el crecimiento económico, el incremento de los ingresos de la población, los menores precios de los vehículos y las bajas tasas de interés, han posibilitado el crecimiento sostenido del parque automotor durante los últimos años. Además, el bajo nivel de servicio de los sistemas de transporte público de las ciudades, que se manifiesta en sobreocupación, inseguridad y mayores demoras, ha estimulado el uso del vehículo particular, especialmente en los grupos sociales de mayor ingreso. Estas dos situaciones han generado que se demanden mayores espacios de estacionamiento, principalmente en los centros de las ciudades. Por tal razón, son requeridas soluciones asertivas de corto plazo que permitan mitigar los efectos de las externalidades generadas por el uso del transporte privado.

Los estacionamientos constituyen un elemento de gran importancia dentro de la política de transporte de las ciudades. No obstante, la falta de regulación en esta materia genera una mayor afluencia de vehículos particulares hacia las zonas de mayor atracción de demanda, e induce al uso incontrolado del transporte privado [1]. Normalmente, las soluciones planteadas son encaminadas hacia la ampliación de la capacidad física; sin embargo, estudios recientes sugieren que se debería hacer lo contrario para desincentivar el uso desmedido del transporte privado.

La teoría microeconómica indica que es necesario internalizar los efectos del uso del transporte privado a través de políticas de gestión de la demanda, tales como impuestos a la posesión y uso de los vehículos o cobros por congestión y/o parqueo en zonas altamente demandadas. No obstante, este tipo de tratamientos generalmente es inequitativo ya que induce una mayor penalidad para los individuos de menor ingreso, debido a su menor disposición a pagar. Entonces, es indispensable generar políticas de estacionamiento adecuadas que racionalicen el uso del espacio de parqueo, que hagan poco atractivo el uso del transporte privado, reduzcan la demanda de parqueos en las zonas de mayor atracción, e impacten directamente a los individuos de mayor ingreso que decidan hacer uso del auto para ingresar a las zonas mayormente demandadas.

En general, las políticas de estacionamiento son la forma más fácil y rápida de gestionar la demanda. Sus costos de implementación son prácticamente nulos y su potencial de generación de ingresos es significativo, con lo cual es posible subsidiar el transporte público para tratar de mejorar su nivel de servicio. La gestión de estacionamientos supera a las medidas de gestión convencionales, ya que permiten considerar soluciones integradas para la congestión, accidentes, estacionamiento limitado y contaminación. De igual modo su implementación genera efectos a corto, mediano y largo plazo en la movilidad de una ciudad, particularmente en la reducción de la congestión y demás externalidades [1].

En este marco, el presente artículo analiza la elasticidad de la demanda de estacionamiento en la vía pública y fuera de ella considerando diferentes categorías de ingreso. Primero se presenta el contexto en el que se enmarca la investigación, seguido del marco teórico y de antecedentes relacionados con las técnicas de análisis de elasticidades de demanda comúnmente utilizadas en estacionamientos, también se exponen las razones que llevan a proponer un análisis considerando categorías de ingreso. Seguidamente, se presenta la técnica utilizada para el diseño experimental y de los instrumentos de recolección de información. Más adelante se detalla la descripción de la muestra obtenida con base en los instrumentos diseñados y se presenta la especificación de los modelos econométricos junto con los resultados encontrados, análisis y discusión. Al final se muestran las conclusiones más relevantes de la investigación.

## II. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

Montería es una ciudad de 434.960 habitantes, de los cuales 77% vive en la zona urbana. La ciudad, que se encuentra a orillas del río Sinú, cuenta con un significativo centro comercial y universitario. En la actualidad es considerada como una de las ciudades con mayor crecimiento y desarrollo de Colombia, siendo además el mayor productor de algodón y maíz del país.

Según el Banco de la República, Montería ha presentado durante los últimos años una mayor proporción de personas activas para integrar la fuerza de trabajo en comparación con el total de personas en edad de trabajar de las 24 ciudades principales de Colombia; en 2011 registró la mayor tasa global de participación (69,4%) en la región Caribe [2]. En esa medida se cree que

Montería es una de las ciudades con mayor dinamismo comercial, que a nivel del transporte genera importantes demandas de viaje hacia las zonas del centro y norte de la ciudad, que se traducen finalmente en mayores tasas de ocupación del espacio público.

Respecto a la provisión de espacio público, la ciudad de Montería se encuentra en una situación crítica, ya que registra un promedio de 1,66 m<sup>2</sup> por habitante [3], en comparación con los 4 m<sup>2</sup> por habitante que ofrecen Medellín, Bucaramanga, Valledupar y Armenia, o los 6 m<sup>2</sup> por habitante de Bogotá. Esto se debe básicamente a la invasión de las pocas áreas públicas de las zonas centrales, principalmente por parte de vehículos particulares, vendedores ambulantes y estacionarios, y cerramientos de parques.

La recuperación del espacio público constituye un gran reto para la ciudad, si se tiene en cuenta la ocupación generada por los vehículos particulares en las zonas de mayor actividad comercial. Este panorama requiere la intervención oportuna de los tomadores de decisiones, a través de la definición de políticas y estrategias de recuperación del espacio público que permitan desincentivar el uso del transporte privado en las zonas de mayor demanda de los viajeros.

### III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y ANTECEDENTES

La evaluación de demanda en los procesos de planificación de transporte utiliza modelos de elección discreta basados en la teoría de maximización de la utilidad aleatoria, según la cual, el comportamiento de un individuo  $n$  es el de una persona perfectamente racional que siempre opta por aquella alternativa  $i$  que maximiza su utilidad  $U_{ni}$  [4]. De este modo, el individuo  $n$  escogerá la alternativa  $i$  sí y solo sí,

$$U_{ni} > U_{nj} \quad \forall j \neq i \quad (1)$$

No obstante, el analista desconoce de manera absoluta para cada individuo la totalidad de las variables que están influyendo en sus decisiones, por lo que solo podrá identificar su elección, así como algunos atributos tanto del individuo como de las alternativas que enfrenta. En consecuencia, en el análisis microeconómico solo es posible expresar una parte observable de la utilidad como  $V_{ni}$ , mientras que la parte desconocida por el analista se deberá tratar como un error aleatorio ( $\varepsilon_{ni}$ ) con media cero, de modo que,

$$U_{ni} = V_{ni} + \varepsilon_{ni} \quad (2)$$

Donde la utilidad observable o determinística ( $V_{ni}$ ) estará en función de una serie de atributos medibles tanto de las alternativas como del elector, denominados  $x_{nik}$ , tal como se describe en la Ecuación 3, la cual comúnmente se expresa lineal en los parámetros.

$$V_{ni} = \sum_{k=1}^K \beta_{nik} \cdot x_{nik} \quad (3)$$

Donde  $x_{nik}$  representa el valor del atributo  $k$  de la alternativa  $i$  para el individuo  $n$ , y  $\beta_{nik}$  es el vector de parámetros a calibrar, estimados comúnmente mediante el método de máxima verosimilitud.

Los modelos desarrollados con este enfoque son aproximaciones probabilísticas, entre los cuales se destaca el Modelo Logit Multinomial (MNL), bajo el supuesto de que los términos de error siguen una distribución idéntica e independiente Gumbel, con media cero y varianza  $\sigma^2$  [4]. Así, la probabilidad de que el individuo  $n$  escoja la alternativa  $i$ , está dada por:

$$p_{ni} = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_{A_j \in A(n)} e^{V_{nj}}} \quad (4)$$

Se considera que los modelos de elección discreta son la técnica apropiada para los objetivos de la investigación, ya que estos permiten evaluar la probabilidad de que un individuo elija una opción entre un conjunto de alternativas disponibles. Además, permiten evaluar la sensibilidad de la demanda por una alternativa de elección ante cambios en el valor de algún atributo de interés (costo, tiempo de viaje, tiempo de acceso) y la disposición a pagar por cambios en los atributos, tales como la valoración del tiempo, en el cual se determina la disposición a pagar por disminuir el tiempo de viaje.

Los parámetros de las funciones de utilidad ( $\beta_{nik}$ ), los cuales determinan la utilidad marginal de cada uno de los atributos considerados en el modelo (tiempo de viaje, tiempo de acceso, costo, u otros) pueden ser estimados a partir del diseño de encuestas de preferencias declaradas, las cuales per-

miten identificar las decisiones tomadas por distintos individuos frente a situaciones hipotéticas de elección, tales como la implementación de nuevas políticas tarifarias de parqueo o de cobros por congestión. En tal caso, el uso de técnicas de preferencias declaradas, brindan la posibilidad de conocer el comportamiento del mercado ante situaciones que no están presentes en el momento de la encuesta [5].

Diversas investigaciones se han realizado en esta materia en diferentes lugares. En Colombia vale la pena resaltar los trabajos de Márquez et al [6] quienes analizan la elasticidad de la demanda de auto particular en algunas zonas de la ciudad de Bogotá ante la variación de los costos de parqueo utilizando modelos MNL sin considerar el efecto ingreso. Los resultados de su investigación revelaron valores bajos en las elasticidades encontradas, de alrededor de -0,1349. Por su parte, Litman, [7] describe las elasticidades de precios y las elasticidades cruzadas utilizadas en proyectos de planificación del transporte público y muestra las dificultades de utilizarlas en análisis de largo plazo.

Kelly y Clinch [8] estiman la elasticidad en la demanda de parqueo sobre la vía en un área de Dublín, Irlanda, ante un incremento en el 50% del precio de la tarifa, utilizando datos de preferencias reveladas obtenidas con medidores de parqueo. Los resultados mostraron una elasticidad de la demanda respecto al precio de -0,29. Willson y Shoup [9] muestran como los costos de parqueo afectan la elección del modo de viaje, al igual que muestran cómo el subsidio al parqueo público incrementa considerablemente el uso del transporte privado, y cómo su penalización genera una mayor demanda en los sistemas de transporte público.

Shoup [10] presenta un modelo matemático para explicar la elección de los conductores al encontrarse sometidos a dos alternativas: estacionar en parqueadero público a bajo costo con una alta tasa de ocupación o parquear en la vía con una alta tarifa y disponibilidad de espacio. Los resultados del modelo permiten predecir varias situaciones, tales como que es más probable que los usuarios utilicen el parqueadero público si son bajos los costos de combustible, si se desea parquear por un largo periodo de tiempo y si se está solo en el vehículo, esto considerando que se tiene un bajo valor del tiempo.

Varias investigaciones realizadas en esta materia analizan el tema de la elasticidad de la demanda sin considerar la disposición a pagar para diferentes categorías de ingreso de los usuarios, por lo que se obtienen mediciones inequitativas de la demanda, muchas veces desequilibradas de lo que realmente representaría el verdadero comportamiento del sistema. Razón por la cual en este artículo se analiza la sensibilidad de la demanda de estacionamiento en la vía y fuera de la vía ante variaciones sistemáticas en los costos de parqueo considerando diferentes categorías de ingreso de los individuos.

#### IV. METODOLOGÍA

La encuesta diseñada se dirigió a propietarios de autos. El instrumento se estructuró en tres partes: la primera, permitió capturar información socioeconómica de los individuos como: sexo, edad, estrato, nivel de estudios, ocupación e ingreso. La segunda parte, reveló información del último viaje realizado por el encuestado, que involucró preguntas como: modo utilizado para el viaje al centro y/o norte de la ciudad, origen, destino, propósito del viaje, pronóstico del tiempo de permanencia en el centro o norte de la ciudad y costos de estacionamiento, si utilizó su auto particular. La última parte de la encuesta planteó el experimento de preferencias declaradas.

Fue necesario considerar los efectos cruzados entre los atributos de costo, tiempo de viaje y tiempo de acceso de los modos de transporte público respecto a los del auto. Esto se hizo teniendo en cuenta el costo del parqueo, situación muy difícil de conseguir por medio de la observación directa de las elecciones de los individuos, razón por la cual se plantearon diferentes situaciones de preferencias declaradas.

El experimento consideró cuatro alternativas para viajar al centro de la ciudad: bus, taxi, auto particular parqueando sobre la vía y auto particular estacionando en parqueadero privado. Para cada una de ellas se definieron tres atributos principales: tiempo de viaje, tiempo de acceso y costo. La Tabla 1 muestra el diseño definitivo del experimento con los niveles y valores de las variables utilizadas.

**Tabla 1.** Variables y niveles del diseño experimental

| Variables               | Bus                 | Taxi                | Parqueo vía     | Parqueo privado     |
|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| Tiempo de viaje (min.)  | 15, 20, 25          | 5, 10, 15           | 5, 10, 15       | 5, 10, 15           |
| Tiempo de acceso (min.) | 10, 15              | 5, 10               | 5, 10           | 5, 10               |
| Costo (\$/pasajero)     | 1.300, 1.500, 1.700 | 5.000, 6.000, 7.000 | n/a             | n/a                 |
| Costo (\$/hora)         | n/a                 | n/a                 | 400, 700, 1.000 | 1.500, 2.000, 2.500 |

Se utilizaron 36 situaciones de elección divididas en cuatro bloques, por lo que cada individuo fue enfrentado a nueve escenarios de decisión. En cada uno de ellos, el individuo poseedor de auto debía decidir la alternativa que utilizaría para viajar al centro de la ciudad, teniendo en cuenta las variaciones presentadas en los tiempos de viaje, de acceso y de costos en la tarifa de bus, taxi, estacionamiento en vía y fuera de ella.

## V. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Las encuestas definitivas se aplicaron en el centro y norte de la ciudad de Montería en noviembre de 2014 a un total de 172 individuos que poseían auto, para un total de 1.548 observaciones debido al panel de datos. La edad promedio de los encuestados fue de 42 años, siendo el 82% hombres. La ocupación de los individuos encuestados se distribuyó así: 44% empleados, 46% independientes, 8% jubilados, 2% estudiantes y 1% desempleados. La distribución del ingreso indicó que la mayoría devengaban menos de \$2 millones mensuales, tal como se ve en la Fig. 1.

El nivel de estudios de los encuestados fue predominante en personas con estudios universitario (66%), tal como se detalla en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Distribución del nivel de estudios

| Nivel de estudio | (%) |
|------------------|-----|
| Primaria         | 2   |
| Bachillerato     | 21  |
| Universitario    | 66  |
| Posgrado         | 12  |

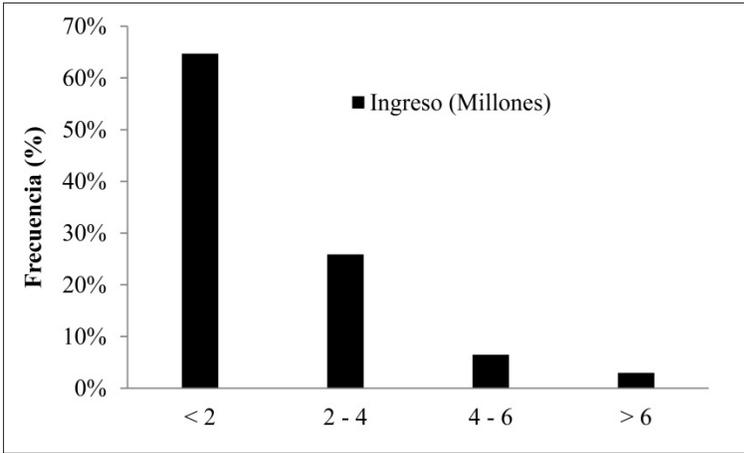
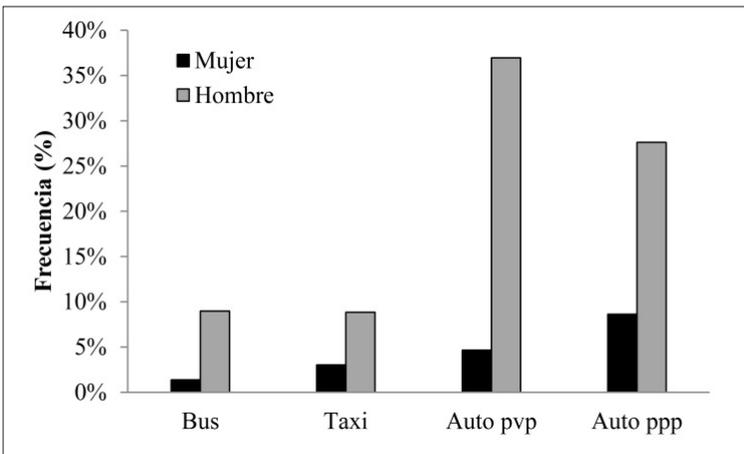
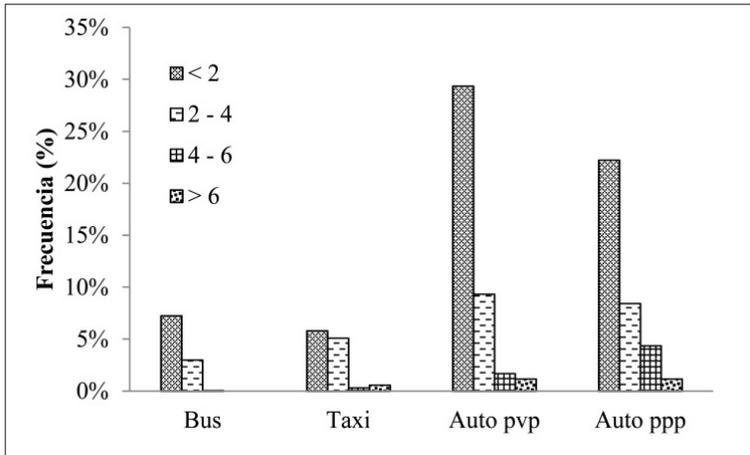


Figura 1. Distribución de la muestra por ingreso.

Fue notable una mayor preferencia hacia la utilización del vehículo particular que se parqueó sobre la vía, tal como se observa en la Fig. 2, que describe la elección por género e ingreso.



a) Elección por género



b) Elección por nivel de ingreso

pvp: parqueado sobre la vía pública, ppp: parqueado en parqueadero privado

Figura 2. Elección de los individuos por género e ingreso.

## VI. ESPECIFICACIÓN DE MODELOS ECONOMÉTRICOS

Después de probar varias especificaciones, se decidió modelar el atributo tiempo como la suma del tiempo de viaje más el tiempo de acceso. Las alternativas fueron identificadas así: 1-Bus, 2-Taxi, 3-Vehículo particular parqueado sobre la vía y 4-Vehículo particular estacionado en parqueadero privado. Fueron considerados dos modelos distintos tal como se indica.

$$\text{Modelo 1: } V_i = ASC_i + \beta_T \cdot T_i + \beta_C \cdot C_i + \beta_{C_{I_o}} \cdot C_i \cdot I_o \quad (5)$$

$$\text{Modelo 2: } V_i = ASC_i + \beta_T \cdot T_i + \beta_C \cdot C_i \quad (6)$$

Donde,

$V_i$ : Es la utilidad sistemática de la alternativa  $i$ .

$ASC_i$ : Es la constante específica del modelo.

$\beta_i$ : Es el parámetro del tiempo de viaje más acceso.

$T_i$ : Es el tiempo de viaje más acceso de la alternativa  $i$ .

$\beta_c$ : Es el parámetro del costo de la tarifa tanto de parqueo como de servicio público

$C_i$ : Es el costo de viaje y/o tarifa de la alternativa  $i$ .

$\beta_{C_{10}}$ : Es el parámetro del costo para los individuos que no poseen un alto nivel de ingreso.

$I_o$ : Es una variable muda asociada al nivel de ingreso del individuo. Toma el valor de 1 si el individuo posee ingresos inferiores a \$2 millones de pesos colombianos y \$0 en otro caso.

Como se observa en la formulación, el modelo 1 considera la interacción con el ingreso en dos categorías, lo que permite obtener una valoración económica del tiempo para distintos tipos de usuario. Del mismo modo, obtener elasticidades asociadas a cada categoría de ingreso, lo cual brinda la posibilidad de establecer políticas tarifarias acordes a la condición socioeconómica de los individuos de la zona.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 3 muestra los resultados de la estimación de modelos. En ella se puede observar que todas las variables consideradas en la estimación son estadísticamente significativas y válidas conceptualmente, ya que la dirección de los signos es consistente con la teoría microeconómica correspondiente.

Se observa que las variables de tiempo y costo son altamente significativas. Su signo negativo indica que un incremento del costo reduce la utilidad y en consecuencia, disminuye la demanda. Lo mismo ocurre con incrementos de los tiempos de viaje pues, al ser mayores, se reduce el uso de la alternativa en consideración. Este comportamiento tiene correspondencia con la teoría microeconómica subyacente.

**Tabla 3.** Resultados de la modelación microeconómica

| Parámetro                              | Notación         | Estimaciones (t-test) |                   |
|--|------------------|-----------------------|-------------------|
|  |                  | MNL 1                 | MNL 2             |
| Constante del bus                      | $ASC_1$          | -1,06 (-3,04)         | -1,03 (-2,99)     |
| Constante del taxi                     | $ASC_2$          | Fijo                  | Fijo              |
| Constante del auto con parqueo en vía  | $ASC_3$          | -0,132 (-0,34)        | -0,0700 (-0,18)   |
| Constante del auto con parqueo privado | $ASC_4$          | 0,0913 (0,31)         | 0,121 (0,41)      |
| Costo                                  | $\beta_C$        | -0,00016 (-2,16)      | -0,000254 (-3,50) |
| Interacción del costo e ingreso        | $\beta_{C_{Lo}}$ | -0,000183 (-5,64)     | n/a               |
| Tiempo                                 | $\beta_T$        | -0,0165 (-2,53)       | -0,0152 (-2,34)   |
| Número de parámetros                   | $k$              | 6                     | 5                 |
| Total observaciones                    | $N$              | 1.529                 | 1.529             |
| Log-verosimilitud inicial              | $L(0)$           | -2.119,644            | -2.119,644        |
| Log-verosimilitud final                | $L(\beta)$       | -1.840,487            | -1.856,442        |
| Test razón de verosimilitud            | $LR$             | 558,315               | 526,404           |

Debido a su mejor comportamiento se prefirió el modelo MNL1, que presenta interacción significativa entre costo e ingreso, una mayor log-verosimilitud en convergencia y significancia estadística de los parámetros estimados [11]. Los resultados obtenidos con el modelo MNL1 permitieron calcular el valor del tiempo para dos categorías de individuos, entendida como la disposición a pagar por reducir el tiempo de viaje [12], [13] tal como se detalla en la ecuación (7).

$$DAP = \frac{\beta_T}{\beta_C} \quad (7)$$

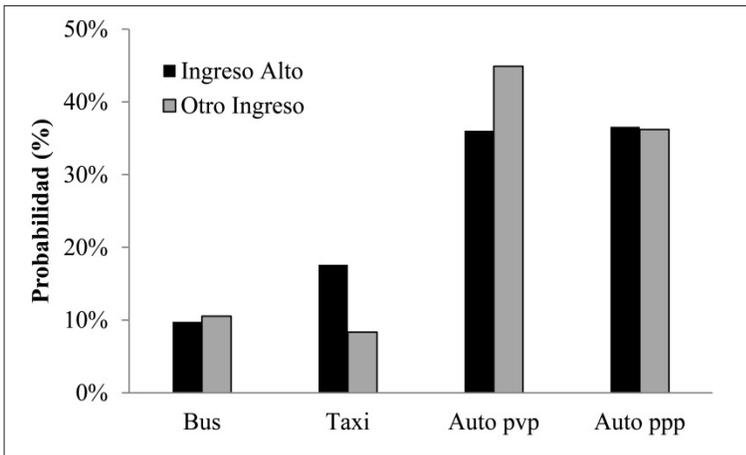
Los resultados se muestran en la Tabla 4. Estos resultados son consistentes con valoraciones económicas del tiempo obtenidas en varios proyectos de transporte urbano de gran importancia realizados en diversos lugares de Colombia, tales como el sistema de servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros en la ciudad de Cali, cuyo valor fue de \$64,8/ min. También en la consultoría para el análisis de la situación actual y futura del transporte colectivo complementario del área metropolitana de Bucaramanga, 2011, que estimó valoraciones del tiempo para diversas clasificaciones del ingreso: ingreso bajo, \$41,67/min; ingreso medio, \$69,59/min; e ingreso alto, \$77,80/min, entre otras estimaciones del valor del tiempo por diversos motivos [14].

**Tabla 4.** Valoración del tiempo por categorías de ingreso

| Categoría de ingreso | Valor del tiempo (\$/min) |
|----------------------|---------------------------|
| Alto                 | 103                       |
| Otro                 | 48                        |

No obstante, es preciso anotar que se encontró una amplia diferencia entre la valoración del tiempo para personas de ingreso alto respecto al resto de individuos de la población, lo que debería ser tenido en cuenta para el establecimiento de políticas tarifarias de parqueo en la ciudad.

Al aplicar el modelo MNL1 con base en los valores medios de las variables contenidas en las funciones de utilidad (ver Fig. 3) se pudo evidenciar que, para viajes al centro de la ciudad de Montería, el modo bus posee aproximadamente la misma probabilidad (10,5%) de ser utilizado tanto por individuos de ingreso alto como de otro tipo de ingreso.



**Figura 3.** Probabilidad de elección considerando valores medios de las variables.

Los resultados también muestran que existe un 9% más de probabilidad de que los individuos de ingreso alto utilicen el taxi para sus viajes al centro de la ciudad. En esa misma proporción es más probable que los individuos con ingreso bajo parqueen sobre la vía respecto a los individuos de ingreso alto, lo cual corresponde con los comportamientos esperados de la teoría microeconómica de la utilidad aleatoria.

También fueron estimadas las elasticidades directas, que permiten medir la sensibilidad de la demanda ante cambios en el valor de algún atributo. Así, la variación porcentual en la probabilidad de utilizar una alternativa  $i$  en cuanto a la variación porcentual del costo se calculó como:

$$E_{iC_{ni}} = -\beta_c(1 - P_{ni}) \cdot C_i \quad (8)$$

Donde  $\beta_c$  es el coeficiente estimado del costo,  $P_{ni}$  es la probabilidad de que el individuo  $n$  decida realizar su viaje en el modo  $i$  y  $C_i$  es el costo medio de la alternativa evaluada.

La Fig. 4 muestra la variación en la demanda de parqueo sobre la vía ante diferentes valores de la tarifa y de ingreso de los usuarios, mientras que la Fig. 5 expresa esta misma relación para el estacionamiento en parqueadero privado.

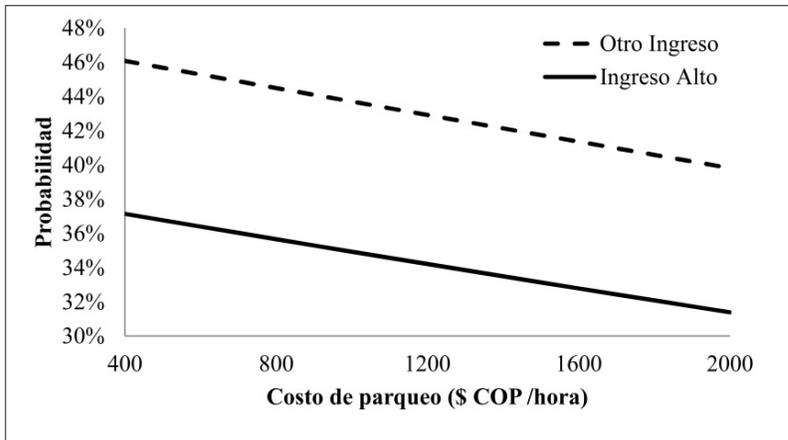
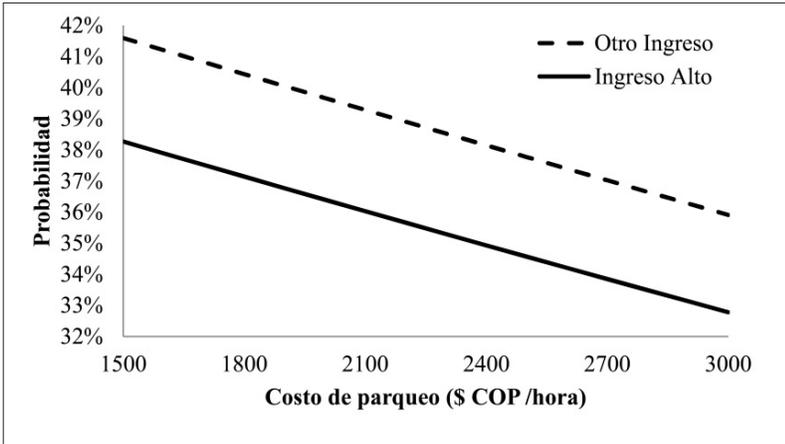


Figura 4. Variación de la demanda para el parqueo sobre la vía.



**Figura 5.** Variación de la demanda para el estacionamiento en parqueadero privado.

La elasticidad entre la tarifa y la demanda de parqueo de vehículos particulares sobre la vía, calculada con base en los valores medios, dieron valores de -0,07 y -0,13 para usuarios de ingreso alto y con otro tipo de ingreso respectivamente, mientras que para el parqueo de vehículos particulares en parqueadero privado, las elasticidades fueron de -0,20 para individuos de ingreso alto y de -0,44 para usuarios con otro tipo de ingreso. Estos valores se consideran razonables si se comparan con estándares internacionales que ubican este tipo de elasticidades entre -0,1 y -0,3 [8], [14]-[17].

Los resultados encontrados muestran que la elasticidad para los usuarios de menor ingreso es casi el doble que para los usuarios de alto ingreso, lo cual es un indicativo de que una política restrictiva de gestión de precios de parqueo afectaría más a grupos con menores ingresos [18]. En las Figs. 6 y 7 se muestran las elasticidades para diferentes niveles de costo, en las dos situaciones de parqueo estudiadas.

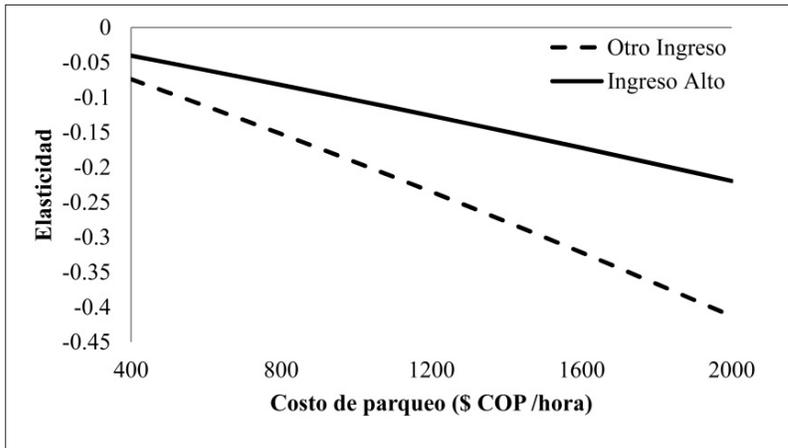


Figura 6. Elasticidad de la demanda de parqueo sobre la vía.

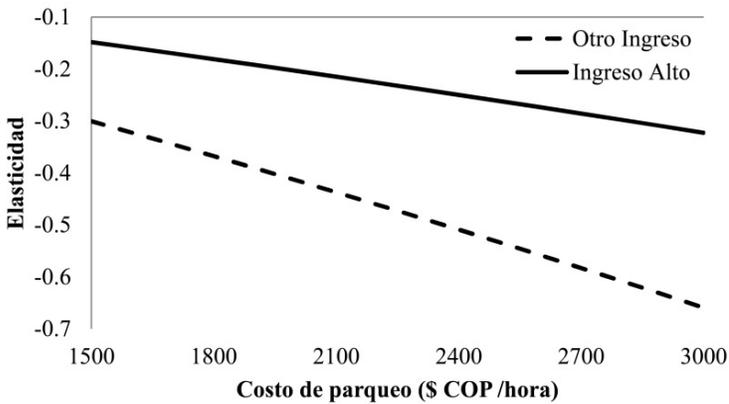


Figura 7. Elasticidad de la demanda de estacionamiento en parqueadero privado.

A partir de esta información es posible predecir cómo se redistribuye la demanda de viajes al centro y norte de la ciudad de Montería entre los diversos modos de transporte disponibles en la ciudad, al afectar los valores de la tarifa tanto para el parqueo sobre la vía como para el parqueo en parqueadero privado.

## VIII. CONCLUSIONES

Se determinó la elasticidad de la demanda de estacionamiento en vía y fuera de ella para el centro y norte de la ciudad de Montería. Adicionalmente, se consideraron variaciones en las tarifas de parqueo por grupo de ingresos de los usuarios, mediante el uso de técnicas de preferencias declaradas y estimación de modelos econométricos de elección discreta, los cuales permitieron analizar los efectos cruzados entre los atributos de costo, tiempo de viaje y tiempo de acceso de los modos de transporte público convencionales respecto a los del auto particular al momento de considerar el atributo costo del estacionamiento.

Se calibraron dos modelos de tipo logit multinomial, y se eligió aquel que permitió estudiar la interacción entre costo e ingreso, debido a su capacidad explicativa, que permite estudiar diversas políticas acordes a las condiciones económicas de la población analizada. La aplicación del modelo arrojó un reparto modal promedio de 77% para auto y de 23% para el transporte público convencional, lo que representó una demanda promedio del 40% para el parqueo sobre la vía y del 36% para el parqueo en parqueadero privado.

En relación con las elasticidades entre la tarifa y la demanda, se encontró un valor de -0,10 para el parqueo sobre la vía y de -0,32 para el estacionamiento en parqueadero privado, las cuales se consideran razonables si se comparan con estándares internacionales que ubican este tipo de elasticidades entre -0,1 y -0,3. Del mismo modo, se pudo establecer que existe una diferencia de 30% en las elasticidades para el parqueo sobre la vía, y de 37% para el parqueo en parqueadero privado, si se consideran las variaciones de ingreso de los individuos.

Finalmente se encontró que el valor del tiempo para los individuos de alto ingreso fue de 103 \$/min, en tanto que para los demás individuos su valoración dio 48 \$/min. Estos resultados apuntan en el mismo sentido de la teoría microeconómica, que puede ser utilizado en evaluación de los proyectos de transporte, particularmente en el análisis beneficio-costo de proyectos de infraestructura y en la modelación de transporte público.

## REFERENCIAS

- [1] C. Pardo, *Gestión de la Demanda de Transporte: Oportunidades para Mitigar sus Externalidades y las de los Vehículos Automotores en América Latina*, Clean Air Institute, 2012.
- [2] ICER, *Informe de Coyuntura Económica Regional*. Bogotá: DANE - Banco de la República, 2011.
- [3] S. D. Montería, *POT de Montería*. Montería: Alcaldía de Montería, 2009.
- [4] K. E. Train, *Logit in Discrete Choice Methods with Simulation*, Second ed. New York, United States of America: University of California, Berkeley, and NERA, 2009, pp. 34-75.
- [5] D. Brownstone, D. S. Bunch, and K. Train, "Joint mixed logit models of stated and revealed preferences for alternative-fuel vehicles", *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 34, no. 5, pp. 315-338, 2000. doi: 10.1016/S0191-2615(99)00031-4
- [6] L. G. Márquez, L. A. Gallo, C. A. Chacón, "Influencia del costo de parqueo en el uso del auto en Bogotá", *Ingeniería y Universidad*, vol. 15, no. 1, pp. 105-124, 2011.
- [7] T. Litman, "Transit price elasticities and cross-elasticities", *Journal of Public Transportation*, vol. 7, no. 2, pp. 37-58, 2011. doi: 10.1007/s11116-011-9369-2
- [8] J. A. Kelly, J. P. Clinch, "Temporal variance of revealed preference on-street parking price elasticity", *Transport Policy*, vol. 16, no. 4, pp. 193-199, 2009. doi: 10.1016/j.tranpol.2009.06.001.
- [9] R. W. Willson, D. C. Shoup, "Parking subsidies and travel choices: Assessing the evidence", *Transportation (Amst)*., vol. 17, no. 2, pp. 141-157, Feb. 1990. doi: 10.1007/BF02125333.
- [10] D. C. Shoup, "Cruising for parking", *Transport Policy*, vol. 13, pp. 479-486, 2006. doi: 10.1016/j.tranpol.2006.05.005
- [11] A. Orro, "Modelos de elección discreta en transportes con coeficientes aleatorios". Ph.D. dissertation. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de A. Coruña, Coruña, 2005.
- [12] D. A. Hensher, W. H. Greene, "The mixed logit model: The state of practice", *Transportation (Amst)*., vol. 30, no. 2, pp. 133-176, 2003. doi: 10.1023/A:1022558715350
- [13] S. Hess, M. Bierlaire, J. W. Polak, "Estimation of value of travel-time savings using mixed logit models", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 39, no. 2, pp. 221-236, 2005. doi: 10.1016/j.tra.2004.09.007.

- [14] L. Márquez, "Disposición a pagar por reducir el tiempo de viaje en Tunja, Colombia: comparación entre estudiantes y trabajadores con un modelo logit mixto", *Lecturas de Economía*, no. 78, pp. 45-72, 2013.
- [15] T. Litman, *Transportation Elasticities - How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior*, s. l., Victoria Transport Policy Institute, p. 76, 2007.
- [16] E. Vaca, J. R. Kuzmyak, "Parking pricing and fees, chapter 13, TCRP Report 95" [En línea]. Transit Cooperative Research Program, Transportation Research Board, Federal Transit Administration, 2005. Disponible en: [http://www.trb.org/publications/tcrp/tcrp\\_rpt\\_95c13.pdf](http://www.trb.org/publications/tcrp/tcrp_rpt_95c13.pdf)
- [17] K. Zwerina, J. Huber, W. E. Kuhfeld, "A General Method for Constructing Efficient Choice Designs", [En línea]. Ludwigshafen, Germany: SAS Institute, 2005. Disponible en: <http://support.sas.com/techsup/technote/mr2010e.pdf>
- [18] A. Ardilla Gómez, "Control de la congestión vehicular en Bogotá con herramientas microeconómicas", *Revista Desarrollo y Sociedad*, no. 35, pp. 7-26, 1995.