

ACEPTABILIDAD DE USUARIOS DE AUTOMÓVIL ANTE UN COBRO POR CONGESTIÓN EN BOGOTÁ

Clinton Rodríguez, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC).

clinton.rodriguez@uptc.edu.co

Luis Márquez, luis.marquez@uptc.edu.co

Luis Vega, luis.vega@uptc.edu.co

RESUMEN

Esta investigación evalúa el nivel de aceptabilidad de usuarios de automóvil frente a la implementación de un cobro por congestión en Bogotá D.C. Se basa en el análisis de un modelo híbrido de elección obtenido a partir de un logit ordenado estimado con datos recolectados producto de la aplicación de una encuesta de preferencias declaradas. Se proporcionan unas recomendaciones para incrementar el nivel de aceptabilidad de la medida en los usuarios de automóvil, obtenidas a partir del análisis de la influencia de las variables latentes incluidas en la modelación.

Palabras claves: aceptabilidad, cobros por congestión, modelo híbrido de elección.

ABSTRACT

This research evaluates the acceptability level of car users regarding the implementation of congestion charging in Bogotá D.C. We estimated a hybrid choice model, which is based on an ordered logit. The model was estimated with data from a stated preference survey. Some recommendations are provided to improve the acceptability level. These recommendations were obtained considering the influence of latent variables on acceptability.

Keywords: acceptability, congestion charging, hybrid choice model.

1. INTRODUCCIÓN

La congestión vial es un problema que enfrentan las ciudades de cierto tamaño y que no siempre se aborda de manera adecuada, como en el caso de la ciudad de Bogotá, donde se han adoptado medidas de restricción vehicular como el “pico y placa”, que se basa en prohibir la circulación de vehículos particulares algunos días a la semana según el último dígito de su matrícula. Esta medida resulta ineficiente en el largo plazo porque algunos individuos pueden adquirir más vehículos para eludirla (Cantillo y Ortúzar, 2014), conduciendo a un círculo vicioso, intensificando la problemática: Bogotá está dentro de las 10 ciudades más congestionadas del mundo según algunos ránquines (INRIX, 2023; TomTom, 2023).

Teóricamente, una estrategia más eficaz para enfrentar la congestión consiste en implementar cobros por congestión, acompañados de un sistema de transporte público de calidad (Ortúzar, 2015). No obstante, pocas ciudades en el mundo han aplicado el cobro por congestión, principalmente por su difícil implementación y por la baja aceptabilidad pública (Grisolía et al., 2015). Por esto, algunos autores como Ortúzar et al. (2021) recomiendan que, incluso antes del diseño de un sistema de cobros, es clave estudiar su aceptabilidad y evaluar cuáles podrían ser sus atributos más importantes.

La ciudad de Bogotá, buscando mitigar la congestión, ha formulado algunas propuestas técnicas para la implementación de alternativas de cobros por congestión; sin embargo, aún no se conocen estudios específicos sobre el nivel de aceptabilidad de usuarios de automóvil hacia eventuales políticas relacionadas con cobros. En este marco, el objetivo de la presente investigación es evaluar la aceptabilidad de personas que viajan al trabajo en automóvil frente a la implementación de un esquema de cobro por congestión en Bogotá, incluyendo atributos observables y no observables, esto basado en la aplicación de encuestas de preferencias declaradas (PD). A partir de los datos recolectados se estimó un modelo híbrido de elección teniendo como punto de partida un modelo logit ordenado de la aceptabilidad hacia la medida.

Esta investigación aporta en términos académicos, la aplicación de técnicas que permiten comprender el nivel de aceptabilidad de usuarios de automóvil ante un cobro por congestión aplicado en zonas congestionadas en ciudades donde tradicionalmente se han usado medidas de comando y control como el pico y placa; y dará luces a la administración de esta y otras ciudades, sobre la percepción de los usuarios frente a instrumentos económicos como los que se plantean.

Este artículo, tras la presente introducción, contiene un capítulo con la revisión de la literatura sobre la que se fundamenta esta investigación, enseguida, se encuentra un capítulo que describe la metodología y los datos recolectados, posteriormente, se encuentra la presentación de los resultados y finaliza con un capítulo de conclusiones y recomendaciones.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Este capítulo inicia con una descripción de los cobros por congestión, luego, se presenta una síntesis sobre las medidas de gestión de la demanda implementadas en Bogotá, y finaliza con una revisión de la literatura sobre la aceptabilidad de los cobros por congestión.

2.1. El papel de los cobros por congestión en la congestión urbana

De Rus et al. (2003), indican que, una externalidad se produce cuando un agente que emite efectos externos no está obligado a asumir el pago a los afectados o no tiene derecho a recibir retribución por los beneficios producidos. Dentro de las externalidades del transporte, se encuentra la congestión, la cual, según De Rus et al. (2003), se produce cuando como consecuencia de la limitación de capacidad de una infraestructura, la presencia de usuarios adicionales afecta los costos (principalmente, incremento en los tiempos de viaje) que soportan la totalidad de los usuarios de esta. Los viajeros individualmente hacen incurrir retrasos en los otros, no pagan el costo marginal total de sus viajes y, por lo tanto, crean una externalidad negativa (De Palma y Lindsey, 2011). Como lo explica Ortúzar (2019), cada usuario sólo percibe el efecto de su propio viaje, denominado costo privado o medio, pero no el tiempo (costo) que éste causa sobre los demás usuarios, el cual se denomina costo marginal o social.

Frente al manejo de las externalidades, la teoría microeconómica señala la necesidad de internalizar los efectos del transporte privado a través de políticas de gestión de la demanda de transporte. La teoría microeconómica de los cobros por congestión se basa en el análisis de las externalidades de Pigou (1920) donde se recomienda imponer un cobro al productor que genera una externalidad. Según Ortúzar (2015) la propuesta de los especialistas para atacar la congestión de forma eficaz consiste en la necesidad de una política de “garrote y zanahoria”. La tarificación vial, el garrote, consiste en cobrar a los usuarios del vehículo por usar las vías para que perciban el costo marginal (social) de viajar por ellas y tomen decisiones a partir de esto; la zanahoria, por su parte, consiste en proveer un sistema de transporte público de calidad.

2.2. Las medidas de gestión de la demanda de Bogotá

La principal medida para gestionar la demanda que se ejecuta en Bogotá es el pico y placa. Esta medida consiste en restringir la circulación de vehículos basado en la terminación del último dígito de la placa algunos días a la semana, esta medida funciona producto de la aplicación del Decreto 626 de 1998. El pico y placa ha sido objeto de varios estudios en el cual autores como Cantillo y Ortúzar (2014), Camargo (2017), Ramos *et al.* (2017) y Moncada *et al.* (2018) coinciden en el sentido de afirmar que es una medida ineficiente al mediano y largo plazo para solucionar el problema de la congestión, ya que ha tenido efectos no esperados como el crecimiento del parque automotor, pues ha incentivado comportamientos como la adquisición de un segundo o un tercer vehículo como estrategia para eludir la medida.

La medida de pico y placa desde su implementación ha tenido varios cambios en cuanto a los horarios, cantidad de dígitos al día, excepciones, entre otros. Se destaca el ajuste a la medida mediante el Decreto 749 de 2019 cuando implementó el permiso especial de acceso a área con restricción vehicular, conocido como “pico y placa solidario”, mediante el cual personas voluntariamente acuerden con el Distrito Capital un permiso que les permite a los vehículos hacer una excepción del pico y placa a cambio de un pago y una actividad de compensación social (Secretaría Distrital de Movilidad, 2019b).

Frente al desarrollo de medidas más cercanas a los cobros por congestión, la administración de Bogotá ha desarrollado dos propuestas técnicas para su estructuración. La primera, en el año

2012, mediante una consultoría para la estructuración técnica, financiera y legal del proyecto de cobros por congestión para la ciudad de Bogotá (Secretaría Distrital de Movilidad, 2014). Producto de la consultoría se definió una zona de cobro ubicada al nororiente de la ciudad entre la Autopista Norte y la carrera 7 y las calles 116 y 72. La propuesta contempla un esquema de cobro como cordón con puntos internos de cobro, con tarificación por entrar, salir o circular al interior de la zona desde las 6:00 am hasta las 7:30 pm los días de semana, con una tarifa óptima de COP 8140 (aproximadamente USD 2.00); no obstante, por razones de incertidumbre al comportamiento efectivo de la tarifa el estudio recomendó una tarifa para la implementación de COP 6500 (Secretaría Distrital de Movilidad, 2014).

La segunda propuesta se estructuró en el año 2017, en este caso se basa en un sistema de cobro por distancia recorrida por vehículos motorizados privados, el proyecto a diferencia del anterior buscaba cobrar por la distancia recorrida en la zona (Secretaría Distrital de Movilidad, 2020). La consultoría - de acuerdo con los entregables, en el año 2018 - propuso un sistema de cobro entre las 6:00 am a las 7:30 pm basado en la delimitación de una zona por la Avenida Circunvalar al oriente, la Carrera 68 al occidente y la calle 26 al sur y la calle 100 al norte; la tarifa definida fue de COP 300 \$/km (\$ del año 2017) para automóvil y de COP 210 \$/km para las motos (Secretaría Distrital de Movilidad, 2018). Ninguna de las propuestas se ha llevado a la práctica, la primera por rechazo de Concejo de la ciudad en 2014 y la segunda debido a la necesidad de tener validación del Ministerio de Transporte según lo establecía el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, la cual no fue obtenida antes de la entrada de la vigencia del Plan de Desarrollo 2018-2022 (Secretaría Distrital de Movilidad, 2020).

2.3. Revisión de la literatura sobre aceptabilidad a políticas de cobros por congestión

Sobre la aceptabilidad de la política de cobros por congestión, en una recopilación hecha por Grisolia et al. (2015) se destacan algunos resultados como: la oposición a la medida puede basarse en la falta de confianza en los gobiernos sobre la inversión de los recursos obtenidos por la medida (Kim et al. 2013, como se citó en Grisolia *et al.*, 2015), la percepción sobre los impactos negativos del uso del automóvil y sobre los beneficios de una medida de cobros son variables relevantes en la aceptabilidad (Jones, 2003; Schade y Schlag, 2000; 2003; Steg, 2003, como se citó en Grisolia et al., 2015); la equidad se considera como una de las principales objeciones de los cobros por congestión (Levinson, 2010, como se citó en Grisolia et al., 2015), ya que, los sistemas pueden ser interpretados como regresivos en términos de distribución de los ingresos (Teubel, 2000, como se citó en Grisolia et al., 2015); finalmente, se destaca que, algunos atributos del esquema de cobro, como la tarifa, el periodo de tiempo y el área del cobro influyen en la aceptabilidad (Kockelman y Kal manje, 2005, como se citó en Grisolia et al., 2015), así como, el nivel de la complejidad del esquema (Li y Henser, 2013, como se citó en Grisolia et al., 2015).

Para el desarrollo del presente trabajo fueron consultadas algunas investigaciones de los últimos 10 años en los que se abordan el estudio de la aceptabilidad mediante el uso de modelos econométricos, haciendo énfasis, en las que se incorporaron atributos no observables o variables latentes, las cuales en orden cronológico se sintetizan a continuación:

Di Ciommo et al. (2013) analizan un experimento de preferencias declaradas aplicado a partes interesadas (operadores de transporte de mercancías y pasajeros por carretera, concesionarios de carreteras y asociaciones de automovilistas) ante un hipotético caso de tarificación de la red vial de alta capacidad del territorio español. Los autores desarrollaron un modelo híbrido de elección donde encontraron que la variable latente equidad es relevante para explicar la aceptación al pago de la tarificación vial; es decir, cuando la parte interesada percibe que el cobro es justo es más fácil aceptar pagar éste.

Hess y Börjesson (2017) estudiaron las actitudes hacia los cobros por congestión. El estudio se basó en el análisis de datos de encuestas de unos estudios previos aplicados en cuatro ciudades europeas: Estocolmo, Lyon, Helsinki y Gotemburgo. En las encuestas se había preguntado cómo votarían en un referendo (hipotético) sobre los cobros por congestión en la ciudad. Los autores modelaron el efecto de algunas actitudes latentes, encontrando que, las actitudes están influenciadas por características socioeconómicas relacionadas con el interés propio, el nivel educativo y el género. Los autores concluyeron que hubo actitudes positivas frente a las tasas de cobro debido a que las opiniones fueron tomadas basadas en variables latentes que coincidían con el interés propio de los ciudadanos.

Balbontin et al. (2017) estudiaron el efecto de la familiaridad con el debate sobre la tarificación vial y el conocimiento de lo que significa la misma, sobre las preferencias a los esquemas de tarificación por cordón y tarificación por distancia recorrida, en contraste con el estatus quo. El estudio se realizó con base en una muestra de 200 encuestas realizadas en la ciudad de Sydney en 2012. Se encontró que, la inclusión de las actitudes de riesgo y el condicionamiento perceptivo a través de creencias influye en el apoyo a los esquemas dados los diferentes escenarios de asignación de ingresos. Dentro de los hallazgos se resalta que, cuando las personas son más conscientes de lo que es la tarificación vial están más dispuestas a apoyar nuevos esquemas de cobro.

Milenković et al., (2019) analizaron las actitudes y preferencias de los usuarios hacia las diferentes políticas de precios de congestión en la zona central (CZ) de la ciudad de Belgrado, así como hacia la disposición a pagar y la máxima disposición a pagar. Dentro de los resultados se encontró que las características socioeconómicas son significativas con la disposición a aceptar un cobro en la zona central, así como variables de percepción a la congestión como el problema de la contaminación del aire fueron significativas para la aceptabilidad de la zona de cobro. Así mismo, son determinantes la familiaridad con la CZ y los efectos positivos del cobro por congestión.

Sunitiyoso et al. (2020) realizaron un estudio para analizar la influencia de algunas variables sobre la aceptación pública de la tarificación vial (ERP). La muestra del estudio correspondió a 356 usuarios de vehículos privado de la ciudad de Yakarta. Los resultados mostraron que, la variable modo de viaje es significativa, pues los usuarios de motocicleta tienen más probabilidades de aceptar ERP. También encontraron que, todas las alternativas de asignación de los fondos son significativas, en especial si se asignan al transporte público, protección del medio ambiente y conectividad vial.

Shatanawi *et al.* (2020), aplicaron una encuesta en cinco ciudades capitales, a saber: Budapest, Túnez, Ammán, Ulán Bator y Damasco, para definir los factores que afectan la aceptabilidad del cobro por congestión. La encuesta aplicada se basa en una serie de preguntas con formato de respuesta tipo Likert sobre una estrategia de esquema de cobros por congestión. Dentro de los resultados, se destaca que, el factor “conocimiento previo del esquema” tiene un efecto directo significativo en el nivel de aceptabilidad en tres de las ciudades analizadas (Damasco, Túnez y Ulán Bator). Los resultados de las relaciones entre los factores estudiados y la aceptación del esquema de tarifas por congestión muestran un patrón irregular en cada ciudad. Lo anterior, indica que las circunstancias personales y las de cada ciudad influyen en la aceptabilidad, por tanto, concluyen que, para tener éxito en la implementación cada esquema debe adoptarse como único dependiendo de la ciudad de estudio.

Ortúzar *et al.* (2021) usando modelos de elección discreta evaluaron la aceptabilidad hacia diferentes esquemas para Santiago, encontrando que, el esquema preferido difiere del recomendado técnicamente. Los autores desarrollaron un modelo híbrido de elección que incorpora una variable latente relacionada con la percepción a priori de la tarificación vial como política eficaz para reducir la congestión.

Wang *et al.* (2021) desarrollaron un estudio aplicado a 11 ciudades de Latinoamérica entre ellas Bogotá con el fin de comparar el apoyo público a políticas de control de la congestión, por un lado, las basadas en el mercado, típicamente el cobro por congestión, por otro, a las medidas basadas en restricciones para conducir o el apoyo a al menos una de las dos. Los autores utilizaron datos de una encuesta del año 2016 realizada por el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF); sin embargo, el estudio no establece relaciones casuales para la explicación de la aceptabilidad. En el caso de la ciudad de Bogotá D.C., el 43% de los encuestados usan el BRT como modo de viaje, 16% utiliza el auto privado y un 24% usan bus/taxi/transporte informal; así mismo, los resultados muestran un apoyo general a cualquiera de las políticas en un 59,7%, a la medida de restricciones para conducir un 54,1% y a la tarificación vial un 33,4%.

En la ciudad de Teherán, Mehdizadeh y Shariat-Mohaymany (2021) evaluaron el apoyo a una medida de Zona de Cobro de Bajas Emisiones con base en un referendo hipotético, para lo cual encuestaron a 595 personas usuarios de automóviles. El estudio se desarrolló aplicando un modelo de elección híbrida incorporando la influencia de variables latentes como las actitudes hacia la medida propuesta y constructos psicológicos relacionados con la adopción de vehículos híbridos. Dentro de los resultados obtenidos, se destaca que, la variable latente desconfianza en el gobierno respecto al destino de los fondos es fundamental para explicar el apoyo de la medida.

Baranzini *et al.* (2021) estudiaron el diseño de diferentes esquemas para la potencial aplicación de un cobro de congestión para la ciudad de Ginebra, y a partir de estos, medir la aceptabilidad del público. Los autores hicieron uso de encuestas de preferencias declaradas junto con una técnica de tratamientos de información aleatorizada (casos y control). Entre los resultados obtenidos, el tratamiento en el cual se proporciona información sobre la reducción esperada en la contaminación es el que más apoyo público obtiene. Las personas prefieren una modulación de la tarifa del cobro constante y predecible. Las personas no están a favor de exenciones para vehículos que causan menos contaminación o congestión, como los vehículos eléctricos o las motos (excepto los motociclistas). Además, los investigadores encontraron que hombres de

mayor edad opinaron que la medida no es eficaz por lo que recomendaron mayores esfuerzos en la concientización de este segmento poblacional.

En Hyderabad, India, Marazi et al. (2022) investigaron sobre la aceptabilidad de la tarificación por congestión usando modelos logit binarios y probit ordenados. Entre los hallazgos se destaca que las personas de mayores ingresos o educación tienen mayor probabilidad de aceptar y pagar un cobro, así como la edad tiene una asociación positiva con la aceptabilidad. La propiedad de vehículo y la duración del viaje tienen una relación negativa con aceptar y pagar el cobro. La reducción del tiempo de viaje, la mejora en el transporte público producto de estos fondos son los principales beneficios percibidos como motivadores; así como, la reducción de la congestión y la mejora del medio ambiente.

3. METODOLOGÍA Y DATOS RECOLECTADOS

3.1. Diseño de la encuesta

La encuesta de preferencias declaradas se basó en la obtención de una respuesta ordenada sobre el nivel de aceptabilidad que consideraron otorgar los encuestados en el marco de un contexto hipotético de la implementación de un esquema cobro por congestión frente a distintos escenarios de elección que incorporaran algunos atributos de dicho esquema. La encuesta constó de tres partes fundamentales, la primera comprende los escenarios de elección que determinarán la aceptabilidad de los usuarios ante la situación hipotética de la implementación de un cobro por congestión; la segunda, recopila indicadores para posterior construcción de variables latentes. La última parte recopila características del viaje de referencia e información socioeconómica de cada individuo.

El contexto de elección hipotético se basa en la suposición de que las Autoridades Locales implementan un sistema de cobro por congestión para los automóviles particulares, eliminando la medida de pico y placa, en el que se cobra una tarifa por cada viaje que circule en la zona que se presenta en la Figura 1, en el horario de 6:00 am – 9:00 pm. La zona del cobro tiene los mismos límites de la zona propuesta para Bogotá para la aplicación de cobros por distancia recorrida (Secretaría Distrital de Movilidad, 2018).

Los atributos experimentales fueron la tarifa del cobro por congestión, el ahorro de tiempo de viaje y el destino de los fondos, lo anterior, ya que se encontró que, en varios estudios revisados como en Baranzini *et al.* (2021) y Ortúzar *et al.* (2021), estas variables fueron relevantes. La tarifa del cobro por congestión por viaje se dividió en dos rangos, unos niveles para la franja entre las 6:00 y las 9:30 am y otros para después de las 9:30 am. Los valores de los niveles de la tarifa del experimento se definieron a partir del valor subjetivo del tiempo de viaje para usuarios de automóvil en Bogotá encontrado en algunos estudios previos como los reportados por Márquez *et al.* (2016) y Castro (2019). La encuesta se diseñó con un número limitado de atributos, ya que como recomiendan en la literatura, el diseño no debería ser muy extenso para evitar cansancio en los encuestados (Carson et al., 1994 como se citó en Ibeas et al., 2015). En la Tabla 1 se presenta el resumen de atributos, niveles de variación y alternativas del experimento PD de aceptabilidad al cobro por congestión en Bogotá.

3.2. Metodología utilizada para la recolección de datos

Se empleó un muestreo por conveniencia de tal manera que la muestra reflejara aceptablemente las principales distribuciones de la población, teniendo como referencia la Encuesta de Movilidad de Bogotá del año 2019 (Secretaría Distrital de Movilidad, 2019a). La toma de la información incluyó encuestas presenciales (con apoyo para la captura de respuestas en dispositivos tecnológicos) y encuestas virtuales distribuidas por internet, aprovechando las ventajas de cada método y permitiendo llegar de forma adecuada a obtener respuestas de distintos segmentos poblacionales. La encuesta virtual fue adaptada a partir del formulario de encuesta presencial, con las mismas preguntas. La encuesta se aplicó entre noviembre y diciembre de 2022, y entre febrero y marzo de 2023. La encuesta se aplicó de forma presencial en lugares de trabajo de las personas ubicados dentro de la zona definida para el esquema del cobro. Por otro lado, el formulario virtual fue distribuido por medio de correos electrónicos, medios y redes sociales. De esta forma, el estudio completó un total general de 578 encuestas: 487 presenciales y 91 tomadas de modo virtual.

3.3. Datos

El perfil socioeconómico de la muestra se segmentó por algunas variables socioeconómicas recopiladas en la encuesta y se presenta en Tabla 2, que además contiene la distribución de la población de referencia de este estudio tomada de la Encuesta de Movilidad de Bogotá del año 2019 (Secretaría Distrital de Movilidad, 2019a). Se encuentra que en cada una de las categorías de las variables género y edad la muestra es similar a la población de referencia.

En el caso del nivel educativo algunas categorías difieren ostensiblemente; sin embargo, al agregar el nivel educativo en dos categorías como nivel educativo alto (universitario y posgrado) y nivel educativo bajo (primaria, secundaria y técnico/tecnológico) se encuentra que la muestra refleja aceptablemente la distribución, del mismo modo que ocurre con la variable estrato al dividirla en estrato bajo (1, 2 y 3) y alto (4, 5 y 6). Es importante mencionar que la encuesta virtual en su mayoría fue respondida por personas de edad menor o igual a 40 años, así mismo, con nivel educativo posgrado y del segmento poblacional de estratos más alto (estratos 5 y 6).

Aparte de las variables relacionadas en la tabla del perfil de los encuestados, en cuanto a la posesión de autos por hogar se tiene que el 68% de los encuestados cuentan con un vehículo, el 25% tienen dos vehículos y un 5% tres o más autos y el 2% no tienen vehículo en el hogar. En cuanto a la distribución de posesión de motocicleta de la muestra estudiada, el 74% no tienen motocicleta en el hogar, seguido por el 21% que cuentan con una moto y un 5% que tienen 2 o más motos en el hogar. Con relación al trabajo se destaca que, el 34% de los encuestados manifestó contar con posibilidad de teletrabajo frente a un 66% que no la tienen; así mismo, el 41% de los encuestados manifestaron que tienen horario rígido (deben cumplir horario) frente al 59% que tienen horario flexible (no deben cumplir horario).

En cuanto a las características del viaje de referencia de los encuestados, se tiene que el 83% de los encuestados inician su viaje al trabajo en auto entre las 6:00 am y las 9:00 am. Con respecto al tiempo de viaje en auto de los encuestados, se tiene que el 25% de los viajes tienen una duración menor o igual a 30 minutos, el 41% de los viajes tienen una duración mayor de 30 minutos y

menor o igual a 60 minutos; de esta forma se puede decir que el 66% de los viajes experimentan una duración menor o igual a 1 hora. El 23% de los encuestados experimentan un tiempo de viaje mayor a 1 hora y menor o igual a hora y media. De esta forma solamente un 11% manifestaron tiempos de viaje superiores a 90 minutos.

Tabla 2. Perfil socioeconómico de los encuestados

Variable	Categoría	Muestra		Población de referencia	
		Cantidad	%	Cantidad	%
Género	Masculino	381	65.9%	205023	64.3%
	Femenino	197	34.1%	113949	35.7%
Edad	18 -25	39	6.7%	17799	5.6%
	26 -40	226	39.1%	119391	37.4%
	41 -60	266	46.0%	150523	47.2%
	Más de 60	47	8.1%	31259	9.8%
	Primaria	33	5.7%	22041	6.9%
Nivel Educativo	Secundaria	104	18.0%	74352	23.3%
	Técnico/tecnológico	95	16.4%	31227	9.8%
	Universitario	158	27.3%	112501	35.3%
	Posgrado	188	32.5%	78850	24.7%
Estrato	1	13	2.2%	10717	3.4%
	2	80	13.8%	59074	18.5%
	3	264	45.7%	118083	37.0%
	4	138	23.9%	78052	24.5%
	5	59	10.2%	33683	10.6%
	6	24	4.2%	19362	6.1%

Fuente: Elaboración propia a partir de Secretaría Distrital de Movilidad (2019a).

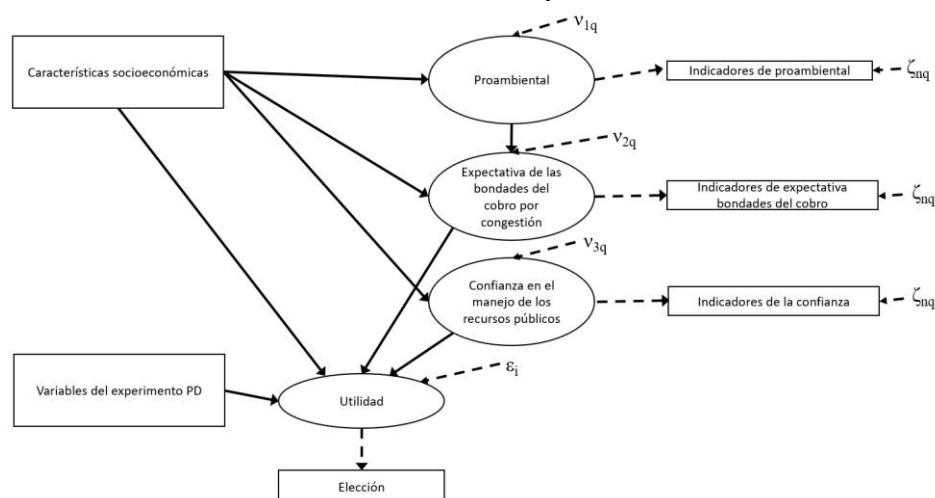
3.3. Especificación del modelo

La utilidad del modelo logit ordenado (Train 2009a) se especificó con las variables del experimento de preferencias declaradas y con algunas variables socioeconómicas. Para modelar la aceptabilidad se tuvo en cuenta la naturaleza de las respuestas recopiladas en la encuesta de preferencias declaradas, donde se tenía como opciones de respuesta 5 categorías ordinales desde el totalmente inaceptable hasta el totalmente aceptable.

Para incorporar las variables latentes al modelo, primero, se realizó un Análisis Factorial Exploratorio (AFE) (Méndez Martínez y Rondón Sepúlveda, 2012), a partir de los indicadores recopilados en la encuesta. Mediante el AFE se identificaron algunos factores como la expectativa de las bondades del cobro por congestión, actitud proambiental y la confianza en el manejo de los recursos públicos. Con estos factores especificó un modelo de múltiples indicadores y múltiples causas (MIMIC) (Bollen, 1989). Teniendo en cuenta los resultados del modelo MIMIC se especificó el modelo híbrido al incorporar variables latentes (Ben-Akiva et al., 2002). La estructura del modelo híbrido se muestra en la Figura 3.

El modelo fue estimado utilizando el programa Apollo (Hess y Palma, 2019), el cual corre sobre el entorno integrado de desarrollo RStudio. El modelo fue estimado generando 2000 números aleatorios mediante el método MLHS (Hess et al., 2006) por cada individuo para simular las distribuciones de los componentes de error.

Figura 3. Estructura del modelo híbrido de elección especificado



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del modelo híbrido se presentan en la Tabla 3. En cuanto a las variables del experimento PD, se encontró que, el ahorro de tiempo es estadísticamente significativo con un nivel de confiabilidad del 99%. La variable tarifa de cobro por congestión en la franja horaria de 6:00 am a 9:30 am es significativa con un nivel de confianza de 99%, igualmente presenta el signo esperado, negativo, que indica que entre más alta es la tarifa disminuye el nivel de aceptabilidad que las personas percibe del cobro. La variable tarifa del cobro por congestión por viaje en la zona del cobro entre las 9:30 am hasta las 9:00 pm, no es significativa con un nivel de confianza del 95%, esto podría explicarse por dos razones: a). los valores de la tarifa para esta franja horaria son bajos varían entre los COP \$500 y COP \$2500, valores que se encuentran por debajo de la tarifa de transporte público Transmilenio, que se encuentra en COP \$2950; b). es probable que las personas no le hayan dado mucha importancia a la tarifa del cobro en esta franja horaria ya que el 96% de los encuestados inician su viaje al trabajo antes de las 9:00 am. Frente a la variable de destino de inversión de los fondos, la categoría mejoramiento del sistema de transporte público y la inversión en mantenimiento de vías vehiculares presentan diferencias significativas frente a la inversión en la red de ciclorrutas, indicando que estos dos destinos de fondos son más preferidos por los usuarios de auto comparado con la inversión en ciclorrutas.

Se encontró que, la interacción entre la variable ahorro de tiempo y el nivel de formación educativa alta es significativa, indicando que las personas que tienen una formación universitaria o con posgrado valoran de forma más positiva el atributo ahorro de tiempo, comparado con los demás niveles educativos. Las personas que tienen una edad igual o menor de 40 años presentan un mayor nivel de aceptabilidad comparado con los mayores de 40 años; así mismo, los usuarios de estrato alto (5 o 6) que alguna vez han pagado por excluirse del pico y placa (pago solidario) presentan un nivel de aceptabilidad ante este tipo de medidas superior comparado con el resto de los usuarios de automóvil.

Tabla 3. Resultados de la estimación del modelo híbrido de elección

Parámetro estimado	Coefficiente	Test t - robusto	Parámetro estimado	Coefficiente	Test t - robusto
Beta_AhorroTiempoViaje	0.03836	5.028	Sigma_Ind_amb1	0.59698	14.879
Beta_TarifaCobro (6:00-9:30am)	-2.99E-04	-9.101	Sigma_Ind_amb2	1.05135	30.775
Beta_TarifaCobro (9:30am-9:00pm)	-6.81E-05	-1.55	Sigma_Ind_amb3	0.58703	15.194
Beta_DestinoFondosTransportePúblico	0.24353	2.638	Sigma_Ind_amb4	0.80598	22.761
Beta_DestinoFondosMantenimientoVial	0.93377	8.652	Zeta_Ind_bond1	1	NA
Beta_AhorroTiempoViajeEducacionAlta	0.02985	2.751	Zeta_Ind_bond2	1.01577	75.341
Beta_Menores40años	1.02589	4.143	Zeta_Ind_bond3	0.98171	53.129
Beta_PagosolidarioEstratoalto	0.96667	3.151	Zeta_Ind_bond4	1.04718	57.081
Tau_Aceptabilidad_1	3.86606	4.951	Zeta_Ind_bond5	1.06239	62.178
Tau_Aceptabilidad_2	6.08601	7.667	Sigma_Ind_bond1	0.79877	24.366
Tau_Aceptabilidad_3	7.5998	9.541	Sigma_Ind_bond2	0.77639	21.937
Tau_Aceptabilidad_4	10.3132	12.654	Sigma_Ind_bond3	0.95473	27.95
sigma_panel	2.66272	19.167	Sigma_Ind_bond4	0.99243	26.605
Beta_Percpbondcxc	1.55292	9.658	Sigma_Ind_bond5	0.86016	26.515
Beta_Percpconf	0.78934	5.065	Zeta_Ind_conf1	1	NA
CTE_Concamb	4.50705	134.712	Zeta_Ind_conf2	1.18405	53.996
CTE_Percpbondcxc	-0.60937	-1.291	Zeta_Ind_conf3	1.05987	50.962
CTE_Percpconf	1.64709	28.531	Sigma_Ind_conf1	0.63407	16.966
sigma_Concamb	0.44957	13.148	Sigma_Ind_conf2	0.62045	16.066
sigma_Percpbondcxc	0.80734	24.627	Sigma_Ind_conf3	0.57017	19.453
sigma_Percpconf	0.73612	26.948	gAMB_viajerofrecuente	-0.16563	-2.978
Zeta_Ind_amb1	1	NA	gBONDCCX_conocimientoprevio	-0.34255	-4.522
Zeta_Ind_amb2	0.88724	81.523	gBONDCCX_concienciaambiental	0.82416	7.76
Zeta_Ind_amb3	0.9995	131.007	gCONF_EducacionAlta	0.4697	6.751
Zeta_Ind_amb4	0.91948	103.56	gCONF_mayor_1auto	-0.22768	-3.212

Es importante mencionar que, en el proceso de estimación del modelo se realizaron pruebas para establecer cuáles otras variables eran significativas, encontrando, con una confianza del 95%, que no existen diferencias significativas entre la valoración del nivel de aceptabilidad por género, número de autos por hogar, disponibilidad de moto en el hogar y tiempo de viaje manifestado para el viaje de referencia.

La variable latente “expectativa de las bondades del cobro por congestión” (Percpbondcxc) incrementa el nivel de aceptabilidad del cobro por congestión, es decir, las personas que creen que el sistema traería beneficios para la movilidad tienden a expresar un nivel de aceptabilidad mayor. En esta variable se encontraron diferencias significativas entre las expectativas que tienen las personas con conocimiento previo sobre esquemas de cobros por congestión frente a los que no poseen ningún conocimiento; el conocimiento previo disminuye las expectativas de las bondades del cobro. Se encontró que la variable latente “proambiental” incrementa las expectativas de las bondades del cobro, así mismo, se encontró que los viajeros frecuentes en auto al trabajo exhiben menor actitud proambiental que el resto de los usuarios. A diferencia de estudios reportados en la literatura, el conocimiento previo interpretado en el presente estudio a la pregunta ¿antes de esta encuesta había escuchado algo sobre los cobros por congestión?, la respuesta afirmativa influye negativamente en la expectativa de las bondades que tiene el cobro y por tanto, disminuye el nivel de aceptabilidad a la medida; caso contrario a estudios reportados por Balbotin (2017), Milenković *et al.* (2019) y Shatanawi *et al.* (2020), donde variables relacionadas con el conocimiento previo incrementan el apoyo o el nivel de aceptabilidad hacia este tipo de medidas.

El resultado de la variable latente “expectativa de las bondades del cobro” es consistente con resultados de estudios de autores como Schuitema *et al.* (2010), quienes encontraron que, cuando

las personas tienen la expectativa de que los cobros traen beneficios en términos de reducción de la congestión y reducción de la contaminación presentan mayor aceptabilidad comparado con quienes no están convencidos que este tipo de medidas puede lograr estos objetivos. Los hallazgos están en línea con lo encontrado por Mehdizadeh y Shariat-Mohaymany (2021) en el sentido de que quienes desconocen los efectos negativos de los vehículos automotores sobre el medio ambiente están menos propensos a aceptar una medida de esta naturaleza.

Se encontró que la variable latente “confianza en el manejo de los recursos públicos” (Percepconf) incrementa el nivel de aceptabilidad de la medida, a su vez, se encontró que, las personas con un nivel educativo alto (universitario o posgrado) tienen mayor confianza en el manejo de los recursos públicos por parte de la administración de la ciudad en comparación con las personas de niveles educativos inferiores. El modelo mostró que las personas con dos o más autos en el hogar tienen menor confianza en el manejo de los recursos públicos por parte de la administración. La confianza en el manejo de los recursos públicos es una variable significativa para mejorar la aceptabilidad del cobro por congestión en la ciudad de Bogotá, este resultado es equiparable al encontrado por Mehdizadeh y Shariat-Mohaymany (2021) en Teherán donde se encontró que la desconfianza en el gobierno sobre el uso de los ingresos de una política similar incrementa el voto por el no, ante un eventual referendo para la aprobación de la medida.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La encuesta virtual permitió llegar a segmentos poblacionales como los estratos altos, en los cuales es más difícil la aplicación de encuestas presenciales; en las encuestas presenciales se llegó a segmentos en los que es más difícil responder un formulario virtual como población de tercera edad o personas con los niveles educativos más bajos, encontrando así que, la encuesta virtual es una herramienta útil en el sentido de complementar de forma adecuada a los datos tomados mediante encuestas presenciales.

El destino de inversión de los fondos en mantenimiento de vías vehiculares genera un mayor incremento en el nivel de aceptabilidad que la inversión en mejoramiento del sistema de transporte público; sin embargo, estos dos destinos de inversión de fondos son más preferidos que si se invirtieran los recursos de la medida en el fortalecimiento de la red de ciclorrutas de la ciudad.

A partir de los hallazgos de la modelación, se recomienda que la administración de la ciudad antes de la implementación de una medida de cobros por congestión difunda información a través de campañas publicitarias sobre los beneficios que tiene el cobro como contraprestación del pago de la tarifa; pues posiblemente y según lo encontrado en este estudio, la información que tienen los usuarios frente a los cobros es negativa, y por tanto, refleja una predisposición a creer que el cobro no tiene bondades para reducir los niveles de tránsito y disminuir la contaminación. Por su parte, como la variable latente “confianza en el manejo de los recursos públicos” es significativa, se recomienda la realización de campañas o dar a conocer de modo óptimo la información sobre la inversión de los recursos públicos, ya que la mayoría de los encuestados manifestaron percibir algún grado de desconfianza en el manejo de los recursos públicos.

Se recomienda la realización de un futuro estudio de aceptabilidad que incluya en el escenario hipotético cobro por congestión tanto para automóviles como para motocicletas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó por el Grupo de Investigación GIDPOT de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) en marco de la ejecución del proyecto de investigación SGI 3319 financiado mediante la Convocatoria VIE 02 de 2022 por la Universidad UPTC.

REFERENCIAS

- Balbontin, C., Hensher, D. A. y Collins, A. T. (2017). Do familiarity and awareness influence voting intention: The case of road pricing reform? **Journal of Choice Modelling**, 25, 11–27.
- Baranzini, A., Carattini, S. y Tesauro, L. (2021). Designing Effective and Acceptable Road Pricing Schemes: Evidence from the Geneva Congestion Charge. **Environmental and Resource Economics**, 79(3), 417–482.
- Ben-Akiva, M., McFadden, D., Train, K., Walker, J., Bhat, C., Bierlaire, M., Bolduc, D., Boersch-Supan, A., Brownstone, D., Bunch, D. S., Daly, A., De Palma, A., Gopinath, D., Karlstrom, A. y Munizaga, M. A. (2002). Hybrid Choice Models: Progress and Challenges, **Marketing Letters**, 13(3), 163–175.
- Bollen, K. A. (1989). **Structural equations with latent variables**. John Wiley & Sons.
- Cantillo, V. y Ortúzar, J. de D. (2014). Restricting the use of cars by license plate numbers: A misguided urban transport policy. **Dyna**, 81(188), 75–82.
- Castillo, M. P. (2014). **Modelación y evaluación de un peaje por congestión en Bogotá**. Tesis de grado maestría en economía, Universidad de los Andes.
- Choice Metrics. (2018). **User Manual and Reference Guide**.
- De Palma, A. y Lindsey, R. (2011). Traffic congestion pricing methodologies and technologies. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, 19(6), 1377–1399.
- De Rus, G., Campos, J. y Nombela, G. (2003). **Economía del Transporte**. Antoni Bosch editor.
- Di Ciommo, F., Monzón, A. y Fernandez-Heredia, A. (2013). Improving the analysis of road pricing acceptability surveys by using hybrid models. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, 49, 302–316.
- Grisolía, J. M., López, F. y Ortúzar, J. de D. (2015). Increasing the acceptability of a congestion charging scheme. **Transport Policy**, 39, 37–47.
- Hess, S., y Börjesson, M. (2017). Understanding attitudes towards congestion pricing: a latent variable investigation with data from four cities. **Transportation Letters**, 11(2), 63–77.
- Hess, S., y Palma, D. (2019). Apollo: A flexible, powerful and customisable freeware package for choice model estimation and application. **Journal of Choice Modelling**, 32, 100170.
- Hess, S., Train, K. E. y Polak, J. W. (2006). On the use of a Modified Latin Hypercube Sampling (MLHS) method in the estimation of a Mixed Logit Model for vehicle choice. **Transportation Research Part B: Methodological**, 40(2), 147–163.
- Ibeas, A., González, F., Dell’Olio, L. y Moura, J. (2015). **Manual de Encuestas de Movilidad: Preferencias Declaradas**.
- INRIX. (2023). **2022 INRIX Global Traffic Scorecard** (Issue January).

- Marazi, N. F., Majumdar, B. B., Sahu, P. K. y Potoglou, D. (2022). Congestion pricing acceptability among commuters: An Indian perspective. **Research in Transportation Economics**, 101180.
- Mehdizadeh, M. y Shariat-Mohaymany, A. (2021). Who are less likely to vote for a low emission charging zone? Attitudes and adoption of hybrid and electric vehicles. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, 146, 29–43.
- Méndez Martínez, C. y Rondón Sepúlveda, M. A. (2012). Introduccion al Analisis factorial exploratorio. **Revista Colombiana de Psiquiatría**, 41(1), 197–207.
- Milenković, M., Glavić, D. y Maričić, M. (2019). Determining factors affecting congestion pricing acceptability. **Transport Policy**, 82, 58–74.
- Ortúzar, J. de D. (2015). **Modelos de demanda de transporte**. 2nd ed. Editorial Alfaomega - Ediciones Universidad Católica de Chile, Bogotá.
- Ortúzar, J. de D. (2019). Entendiendo la congestión y cómo dejarla. En M. González (Ed.), **Retos para una movilidad sostenible**. Universidad de La Laguna. 10–23.
- Ortúzar, J. de D., Bascuñán, R., Rizzi, L. I. y Salata, A. (2021). Assessing the potential acceptability of road pricing in Santiago. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, 144, 153–169.
- Pigou, A. C. (1920). **The Economics of Welfare**. Macmillan, London.
- Schuitema, G., Steg, L. y Rothengatter, J. A. (2010). The acceptability, personal outcome expectations, and expected effects of transport pricing policies. **Journal of Environmental Psychology**, 30(4), 587–593.
- Secretaría Distrital de Movilidad. (2014). **Elaboración de los estudios, diseños y estructuración técnica, financiera y legal del proyecto Cobros por Congestión para la Ciudad de Bogotá D.C.** Elaborado por Unión Temporal Steer Davies Gleave – Pose Herrera Ruiz – Akiris.
- Secretaría Distrital de Movilidad. (2018). **Estructuración técnica del sistema de cobro por distancia recorrida para vehículos motorizados privados que circulan en Bogotá**. Elaborado por Unión Temporal Steer Davies Gleave – GSD Plus – Pose Herrera Ruiz.
- Secretaría Distrital de Movilidad. (2019a). **Encuesta de Movilidad de Bogotá 2019**. Elaborado por Steer Davies Gleave – Centro Nacional de Consultoría.
- Secretaría Distrital de Movilidad. (2019b). **Permiso Especial de Acceso a Zona con Restricción vehicular STPr-T-003-2019**.
- Secretaría Distrital de Movilidad. (2020). **Términos de Referencia “Gestión Inteligente del Transporte G.I.T. 2020”**.
- Shatanawi, M., Abdelkhalek, F. y Mészáros, F. (2020). Urban congestion charging acceptability: An international comparative study. **Sustainability**, 12(12).
- Sunitiyoso, Y., Nuraeni, S., Inayati, T., Hadiansyah, F., Nurdayat, I. F. y Pambudi, N. F. (2020). Road Pricing in Indonesia: How Will Public Respond? **Transportation Research Procedia**, 47, 123–130.
- TomTom. (2023). **TomTom Index ranking 2022**. <https://www.tomtom.com/traffic-index/ranking/>
- Train, K. E. (2009). **Discrete choice methods with simulation**. Cambridge University Press.
- Wang, X., Rodríguez, D. A. y Mahendra, A. (2021). Support for market-based and command-and-control congestion relief policies in Latin American cities: Effects of mobility, environmental health, and city-level factors. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, 146, 91–108.