

Artículo de Investigación

Movilidad urbana sostenible: Intención de uso y percepción del metro de Quito entre estudiantes universitarios

Sustainable urban mobility: Intention to use and perception of the Quito metro among university students

Mariela Macías-Párraga¹, Nicoletta González-Cancelas², Alberto Camarero-Orive²,
Javier Vaca-Cabrero², Karen Romero-Maldonado¹

¹Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, 170402;

²Departamento de Ingeniería del Transporte, Territorio y Urbanismo, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 28030; nicoleta.gcancelas@upm.es; alberto.camarero@upm.es; j.vaca@upm.es; karomerom@uce.edu.ec

*Correspondencia: mjmaciasp@uce.edu.ec

Citación: Macías-Párraga, M.; González-Cancelas, N.; Camarero-Orive, A.; Vaca-Cabrero, J. & Romero-Maldonado, K., (2026). Movilidad urbana sostenible: Intención de uso y percepción del metro de Quito entre estudiantes universitarios. *Novasinerгия*. 9(2). 55-77.

<https://doi.org/10.37135/ns.01.18.04>

Recibido: 08 octubre 2025

Aceptado: 25 marzo 2026

Publicado: 08 julio 2026

Novasinerгия
ISSN: 2631-2654

Resumen: El acelerado crecimiento urbano y la congestión vehicular en Quito han generado una crisis de movilidad que afecta la calidad de vida de sus habitantes. El Metro de Quito surge como una solución prometedora; sin embargo, existe escaso conocimiento sobre su aceptación entre los estudiantes universitarios. Este estudio constituye uno de los primeros análisis específicos sobre la percepción e intención de uso del Metro de Quito, un sistema de transporte masivo implementado en diciembre del 2023, y que responde a la crisis de movilidad urbana de la ciudad. Mediante una encuesta aplicada a 413 estudiantes de la Universidad Central del Ecuador. Se complementa el análisis con un modelo Logit binario que permite identificar y cuantificar los principales factores que influyen en la adopción del Metro. Los resultados arrojan evidencias de un alto potencial de uso, condicionado por la intermodalidad y la política tarifaria. La aceptación de la tarifa y la integración con otros modos de transporte presentan odds ratios mayores a uno, incrementando significativamente la probabilidad de uso del sistema. Estos resultados aportan evidencia para políticas públicas de movilidad.

Palabras clave: Educación superior, Metro de Quito, Modelo Logit binario, Movilidad urbana, Políticas públicas.

Abstract: Rapid urban growth and traffic congestion in Quito have created a mobility crisis that is affecting the quality of life of its residents. The Quito Metro emerges as a promising solution; however, little is known about its acceptance among college students. This study is among the first specific analyses of perceptions and intentions to use the Quito Metro, a mass transit system implemented in December 2023 that addresses the city's urban mobility crisis. The analysis is based on a survey administered to 413 students at the Central University of Ecuador and is complemented by a binary Logit model that identifies and quantifies the main factors influencing Metro adoption. The results provide evidence of high potential for use, contingent on intermodality and fare policy. Fare acceptance and integration with other modes of transport have odds ratios greater than one, significantly increasing the probability of using the system. These results provide evidence for public mobility policies.

Keywords: Higher education, Quito Metro, Binary Logit Model, Urban mobility, Public policy.



Copyright: 2026 derechos otorgados por los autores a Novasinerгия. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia de Creative Commons Attribution (CC BY NC). (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

1. Introducción

La movilidad urbana y la congestión vehicular son desafíos críticos que enfrentan las grandes ciudades a nivel mundial. El crecimiento acelerado de la población urbana y la expansión del parque automotor han generado un aumento significativo en los niveles de tráfico, afectando la calidad de vida de los habitantes y la eficiencia económica de las metrópolis. Según un informe del Banco Mundial, la congestión en las ciudades puede reducir la productividad urbana en un 2% al 5% del PIB, debido a las pérdidas de tiempo y al incremento de los costos operativos [1]. Además, la Organización Mundial de la Salud destaca que la contaminación del aire, exacerbada por el tráfico vehicular, es responsable de aproximadamente 4,2 millones de muertes prematuras al año, subrayando la necesidad urgente de soluciones sostenibles en el transporte urbano [2]. Estas problemáticas evidencian la importancia de implementar sistemas de transporte público eficientes y sostenibles que mitiguen los efectos negativos de la congestión en las grandes urbes [3]. La ciudad de Quito enfrenta un problema crítico de movilidad urbana debido a su acelerado crecimiento poblacional y una infraestructura vial que no ha evolucionado al mismo ritmo. La congestión vehicular es una de las principales preocupaciones de los quiteños, generando tiempos de desplazamiento prolongados, altos niveles de contaminación y un impacto negativo en la calidad de vida de sus habitantes [4]. A esto se suma la dependencia de sistemas de transporte público tradicionales, como autobuses, trolebuses y ecovías, los cuales operan con frecuencia limitada y suelen estar saturados en horas pico. [5] En este contexto, el Metro de Quito surge como una solución estratégica para aliviar la congestión vehicular, reducir los tiempos de traslado y fomentar un modelo de movilidad sostenible [1]. Este proyecto, el primero de su tipo en la ciudad, transforma la manera en que los ciudadanos se movilizan, conectando de manera más eficiente los diferentes puntos de la capital y complementando los sistemas de transporte existentes. El Metro de Quito tiene como meta principal ofrecer un sistema de transporte eficiente, rápido y confiable, capaz de atender la creciente demanda de movilidad en una ciudad en expansión. Entre sus objetivos específicos destacan: eficiencia en la movilidad urbana, sostenibilidad ambiental, accesibilidad e inclusión, e impacto económico positivo [6] A pesar del impacto potencial del Metro de Quito, la implementación de un sistema de transporte de esta magnitud enfrenta retos importantes en términos de aceptación, accesibilidad y adaptación de los usuarios. Este trabajo presenta uno de los primeros estudios enfocados en la aceptación y percepción del Metro en Quito, con un enfoque diferenciado centrado en estudiantes universitarios de la Universidad Central del Ecuador. Más allá del levantamiento de encuestas, el análisis incorpora un modelo Logit binario y pruebas estadísticas que permiten cuantificar el impacto de variables claves, como ahorro de tiempo, conexión directa con otros sistemas y percepción tarifaria, brindando una perspectiva integral y metodológicamente sólida para comprender la adopción del Metro.

La movilidad urbana es un desafío global que afecta tanto a las grandes metrópolis como a las ciudades en desarrollo. Según la Organización Mundial de la Salud, la congestión vehicular no solo aumenta los tiempos de traslado, sino que también contribuye significativamente a la contaminación ambiental y a la pérdida de productividad urbana [2]. Esta problemática es especialmente crítica en América Latina, donde las ciudades han

experimentado un crecimiento acelerado sin un desarrollo proporcional de infraestructura de transporte [4]. Los sistemas de transporte público masivo, como los metros, han demostrado ser soluciones eficaces para mitigar los efectos de la congestión vehicular y mejorar la calidad de vida en las ciudades. De acuerdo con estudios realizados por el Banco Mundial [1] los sistemas de metro en ciudades como Santiago de Chile y Ciudad de México han logrado reducir los tiempos de traslado hasta en un 30%, promoviendo la inclusión social y fomentando un modelo de movilidad sostenible [7]. La congestión vehicular y los desafíos de movilidad urbana son problemáticas comunes en las grandes ciudades a nivel mundial. Un estudio analizó el impacto del sistema de metro en la Ciudad de México, encontrando que su implementación redujo la congestión vehicular en un 15% y disminuyó los tiempos de viaje en un 20% [8; 9]. Asimismo, otras investigaciones han evidenciado que la adopción de sistemas de metro en ciudades ha mejorado la calidad del aire y promovido un desarrollo urbano más sostenible.[7],[8],[10],[11],[12],[13],[14],[15],[16]. El Metro de Medellín operativo desde 1995 es frecuentemente citado como un caso exitoso de transporte integrado, que facilita el acceso a zonas anteriormente aisladas, promoviendo la inclusión social y dinamizando la economía local; de esta manera se ha transformado la movilidad en una ciudad con características similares a Quito [6], [7]. Por su parte, el TransMilenio de Bogotá, aunque no es un sistema de metro, ha sido un ejemplo destacado de cómo el transporte público puede reorganizar flujos de movilidad y reducir el uso de vehículos privados. El Metro de Lima, Perú, cuya primera línea se inauguró en 2011, ha mejorado la conectividad en una ciudad caracterizada por altos niveles de congestión vehicular. Estudios indican que su operación ha reducido los tiempos de desplazamiento y ha aliviado la saturación del transporte público tradicional, beneficiando a miles de usuarios diariamente.[4] El Metro de Buenos Aires, Argentina, conocido como "Subte", es el más antiguo de América Latina, inaugurado en 1913. A lo largo de los años, ha jugado un papel crucial en la movilidad urbana, facilitando el desplazamiento de millones de porteños y contribuyendo a la descongestión de las arterias principales de la ciudad [17] Estos ejemplos evidencian cómo la implementación de sistemas de metro en ciudades latinoamericanas ha sido efectiva para mejorar la movilidad urbana, reducir la congestión vehicular y promover un desarrollo urbano más sostenible. La experiencia de estas ciudades ofrece valiosas lecciones para otras urbes de la región que buscan soluciones eficientes a sus desafíos de transporte. Quito enfrenta una problemática de movilidad caracterizada por altos niveles de congestión vehicular y una dependencia significativa de sistemas de transporte público saturados. En este contexto, el Metro de Quito se presenta como una solución innovadora para transformar la movilidad urbana, al ofrecer un sistema eficiente, sostenible y de alta capacidad. Sin embargo, su éxito dependerá de factores clave como la aceptación por parte de los usuarios, la integración con otros sistemas de transporte y la percepción sobre su costo-beneficio [1]. A pesar de los beneficios potenciales, existen barreras importantes para la adopción del Metro de Quito. La conectividad con otros sistemas de transporte, como autobuses y trolebuses, sigue siendo limitada, lo que podría dificultar su integración como un sistema de movilidad verdaderamente masivo. Además, la percepción sobre las tarifas y el acceso a estaciones podría influir significativamente en la aceptación del metro por parte de los ciudadanos [6]. Aunque los sistemas de metro han demostrado su eficacia en otras

ciudades de América Latina, el caso de Quito presenta desafíos únicos que requieren una planificación integral y estrategias de implementación bien fundamentadas.

En este aspecto, se busca analizar la aceptación y percepción del Metro de Quito como medio de transporte urbano, desde la perspectiva de sus usuarios, como los estudiantes de la Universidad Central del Ecuador. Bajo este enfoque, la investigación se orienta a identificar los factores que influyen en la decisión del uso del metro, tales como el ahorro de tiempo, la integración con los distintos sistemas de transporte en Quito y la percepción tarifaria, así como también cuantificar el impacto de dichas variables mediante la aplicación de un modelo Logit binario y generar evidencia cuantitativa que permita evaluar, con base al comportamiento y percepción de los usuarios, el potencial del Metro de Quito para consolidarse como un eje fundamental del sistema de movilidad urbana sostenible. Cabe recalcar que el presente estudio constituye uno de los primeros estudios empíricos orientados a analizar la aceptación y percepción del Metro de Quito a partir de las respuestas recolectadas directamente de los estudiantes. En este sentido, los resultados obtenidos aportan evidencia relevante para el diseño y evaluación de políticas públicas orientadas a fortalecer la movilidad urbana sostenible en el Distrito Metropolitano de Quito.

2. Metodología

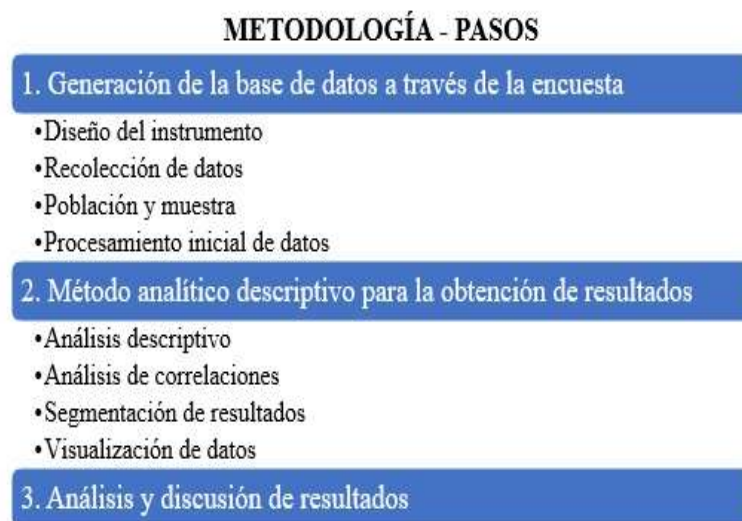


Figura 1. Esquema de metodología de investigación

A continuación, se estructura el proceso metodológico seguido para la obtención del objetivo del estudio que es explorar la aceptación del Metro de Quito, identificar barreras y beneficios potenciales y analizar las implicaciones económicas y de movilidad:

2.1. Paso 1. Generación de la base de datos a través de la encuesta

a) Diseño del instrumento:

- Se elaboró una encuesta estructurada con preguntas cerradas y abiertas, dirigida a estudiantes de la Universidad Central del Ecuador.
- Las preguntas abarcaban temas como la percepción sobre la utilidad del Metro de Quito, intención de uso, tiempos de viaje actuales y esperados, aceptación de tarifas, y barreras percibidas.

Tabla 1. Objetivos de las preguntas de la encuesta

Preguntas de la encuesta	Objetivo
1. ¿Cree que el Metro de Quito solucionará los problemas de atascos de tráfico que se dan a diario en Distrito Metropolitano de Quito?	Evaluar la percepción general de los usuarios (estudiantes universitarios) respecto al impacto potencial del Metro de Quito en la reducción de la congestión vehicular, con el propósito de identificar el nivel de confianza social en la eficiencia del sistema.
2. ¿Hará uso del sistema de transporte Metro de Quito para movilizarse desde su hogar o trabajo hasta la Universidad Central?	Determinar la intención de uso del Metro de Quito entre los estudiantes, a fin de estimar la demanda potencial del sistema en desplazamientos cotidianos hacia la Universidad Central.
3. ¿Cuenta con conexión de autobús, Trole o Ecovía desde su hogar o lugar trabajo hasta la estación más cercana de Metro de Quito para dirigirse hasta la Estación de la Universidad Central?	Identificar el nivel de accesibilidad e intermodalidad disponible para los encuestados, evaluando si la existencia o ausencia de conectividad influye en la probabilidad de adopción del Metro.
4. ¿Cuál es el nombre de la estación más cercana del Metro de Quito que tomaría para dirigirse hasta la Universidad Central?	Georreferenciar la estación de origen más frecuente entre los usuarios potenciales para analizar patrones espaciales de movilidad y evaluar la distribución de accesibilidad al sistema.
5. ¿Cuánto tarda actualmente para llegar desde su hogar o lugar de trabajo a la Universidad Central?	Cuantificar los tiempos actuales de desplazamiento de los usuarios, con el fin de establecer una línea base que permita estimar el beneficio temporal asociado al uso del Metro.
6. De hacer uso del sistema de transporte Metro de Quito ¿Cuánto tiempo de viaje espera ahorrar?	Medir la expectativa de ahorro temporal percibida por los usuarios, para analizar su influencia en la intención de uso y evaluar la percepción del metro como una alternativa eficiente.
7. ¿Está de acuerdo con la tarifa propuesta por las Autoridades Municipales de USD 45 centavos, el viaje solo en el Metro de Quito, y hasta USD 60 centavos, si utiliza otros sistemas de transporte municipal en la superficie?	Evaluar el nivel de aceptación social de la tarifa propuesta, con el fin de determinar si la política tarifaria constituye un facilitador o una barrera para la adopción del sistema.
8. La tarifa de USD 45 centavos, el viaje solo en el Metro de Quito, y hasta USD 60 centavos, si utiliza otros sistemas de transporte municipal en la superficie. ¿Le representará un ahorro de dinero diario en transporte?	Analizar la percepción de beneficio económico asociado al uso del Metro, identificando si los usuarios consideran que la estructura tarifaria reduce sus costos de transporte diario.

b) Recolección de datos

- La encuesta fue aplicada mediante plataformas digitales (Google Forms), garantizando un acceso amplio y sencillo para los encuestados.
- El periodo de recolección de datos se extendió durante dos semanas, permitiendo recopilar un total de 413 respuestas válidas.

c) Población y muestra

- La población objetivo consistió en estudiantes de diversas carreras de la Universidad Central, con un enfoque en aquellos que podrían beneficiarse del uso del Metro de Quito.
- Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando la accesibilidad y disposición de los estudiantes para participar.

d) Procesamiento inicial de datos

- Los datos fueron exportados a Microsoft Excel para su limpieza y análisis.

- Se eliminaron respuestas incompletas y se codificaron las preguntas abiertas para su análisis temático.

2.2. Paso 2. Método analítico descriptivo para la obtención de resultados

a) Análisis descriptivo

- Se calcularon frecuencias absolutas y relativas para las preguntas cerradas, destacando tendencias generales en la percepción e intención de uso del metro.
- Variables clave como “Intención de uso del metro” y “Percepción de ahorro de tiempo” fueron representadas mediante gráficos de barras y tablas.

b) Análisis de correlaciones

- Se emplearon análisis de correlación para identificar relaciones entre variables como la aceptación de tarifas y la percepción de accesibilidad al metro.
- Se utilizaron pruebas Chi-cuadrado para variables categóricas (tipo de bondad) y variables independientes.
- Además del análisis descriptivo, se estimó un modelo Logit binario para explicar la intención de uso del Metro de Quito (1 = sí planea usarlo, 0 = no). Las variables independientes incluyeron: tiempo actual de viaje, ahorro de tiempo esperado, existencia de conexión directa y percepción de tarifa.

Tabla 2. Tipo de análisis estadístico

Preguntas de la encuesta	Tipo de análisis estadístico
1. ¿Cree que el Metro de Quito solucionará los problemas de atascos de tráfico que se dan a diario en Distrito Metropolitano de Quito?	Modelo Logit binario
2. ¿Hará uso del sistema de transporte Metro de Quito para movilizarse desde su hogar o trabajo hasta la Universidad Central?	Modelo Logit binario
3. ¿Cuenta con conexión de autobús, Trole o Ecovía desde su hogar o lugar trabajo hasta la estación más cercana de Metro de Quito para dirigirse hasta la Estación de la Universidad Central?	Modelo Logit binario
4. ¿Cuál es el nombre de la estación más cercana del Metro de Quito que tomaría para dirigirse hasta la Universidad Central?	Chi-cuadrado variables categóricas (tipo de bondad)
5. ¿Cuánto tarda actualmente para llegar desde su hogar o lugar de trabajo a la Universidad Central?	Chi-cuadrado variables categóricas (tipo de bondad)
6. De hacer uso del sistema de transporte Metro de Quito ¿Cuánto tiempo de viaje espera ahorrar?	Chi-cuadrado variables categóricas (tipo de bondad) Chi-cuadrado variables independientes
7. ¿Está de acuerdo con la tarifa propuesta por las Autoridades Municipales de USD 45 centavos, el viaje solo en el Metro de Quito, y hasta USD 60 centavos, si utiliza otros sistemas de transporte municipal en la superficie?	Modelo Logit binario
8. La tarifa de USD 45 centavos, el viaje solo en el Metro de Quito, y hasta USD 60 centavos, si utiliza otros sistemas de transporte municipal en la superficie. ¿Le representará un ahorro de dinero diario en transporte?	Chi-cuadrado variables categóricas (tipo de bondad) Chi-cuadrado variables independientes

El método estadístico del Chi-cuadrado es un método estadístico que permite comparar datos y resultados obtenidos (observados) con datos esperados (calculados) para determinar si existe correlación entre ellas o a su vez si se tiene una distribución uniforme o equilibrada en los datos obtenidos.

A través de la prueba de Chi-cuadrado, se pueden inferir si los patrones encontrados en una muestra representan realmente al comportamiento de toda la población o si simplemente ocurrieron por azar. Gracias a esto, el método de chi-cuadrado se convierte en una herramienta estadística para validar hipótesis, analizar asociaciones entre variables y apoyar conclusiones confiables en estudios sociales, de salud, transporte, educación y muchas otras áreas; como es el caso del Metro de Quito donde se evaluarán variables de ahorro tanto en tiempo como dinero.

El modelo Logit binario es una herramienta estadística ampliamente utilizada en estudios de transporte para analizar decisiones binarias, como la elección de usar o no un medio de transporte público. Este modelo estima la probabilidad de que un individuo adopte una determinada opción (por ejemplo, usar el Metro de Quito) en función de diversas variables explicativas, como el ahorro de tiempo esperado, la conexión directa con otros sistemas de transporte y la percepción de la tarifa.

A diferencia de modelos de regresión lineal, el modelo Logit binario se ajusta mejor a variables dependientes dicotómicas (0 o 1), asegurando que las probabilidades estimadas estén entre 0 y 1. Su aplicación proporciona coeficientes interpretables en términos de razones de momios (odds ratios), que cuantifican el impacto relativo de cada variable en la probabilidad de adopción.

En este estudio, el uso de este modelo permite ir más allá del análisis descriptivo de las encuestas, entregando un análisis cuantitativo robusto y sólido que identifica los factores claves que influyen en la intención de uso del Metro de Quito entre estudiantes universitarios.

c) *Visualización de datos*

- Se generaron gráficos y diagramas para facilitar la comprensión de los resultados, utilizando herramientas digitales.

2.3. *Paso 3. Análisis y discusión de resultados*

Se procesaron las respuestas de los encuestados para identificar tendencias clave, como la percepción del impacto del Metro de Quito en la movilidad urbana, las barreras percibidas y los beneficios esperados. Las correlaciones entre variables, como la intención de uso del metro y la aceptación de tarifas, se analizaron utilizando coeficientes estadísticos para evaluar relaciones significativas.

La interpretación de los datos permitió plantear hipótesis sobre las principales barreras para el uso del metro. Estas tendencias se compararon con estudios previos sobre sistemas de metro en otras ciudades de América Latina para contextualizar los hallazgos en un marco regional y evaluar su aplicabilidad al caso de Quito.

Además, los resultados se organizaron para facilitar su visualización mediante gráficos y tablas que representaron los datos clave. Esto permitió identificar patrones y relaciones significativas, que sirvieron como base para elaborar una discusión enfocada en las implicaciones prácticas de los hallazgos, sin generar inferencias fuera del marco de los datos obtenidos.

3. Resultados

3.1. Respuestas de conformidad y usos simples

Se realizó una encuesta con múltiples preguntas a un grupo de estudiantes universitarios de las cuales la pregunta 1, 2 y 3 reflejan respuestas de conformidad y usos simples, variables que permiten analizar la posible resolución de la congestión vehicular en Quito y el escepticismo causado por la implementación del metro. Después, de la aplicación del modelo Logit Binario, se obtuvieron los resultados en la Figura 2, mostrando una aceptación del más del 50% en cada pregunta.

Por otra parte, sobre el uso del Metro para trasladarse a la Universidad Central, el 51% de los encuestados planea utilizarlo para trasladarse desde sus hogares o lugares de trabajo a la Universidad Central, mientras que el 49% restante no considera el Metro como una opción viable para este propósito.

Si se analiza la conectividad con otros sistemas de transporte, el 56% de los encuestados indica que no cuenta con conexión directa mediante bus, trolebús o Ecovía para llegar a la estación de metro más cercana, tan solo el 44% tiene acceso a una conexión directa.

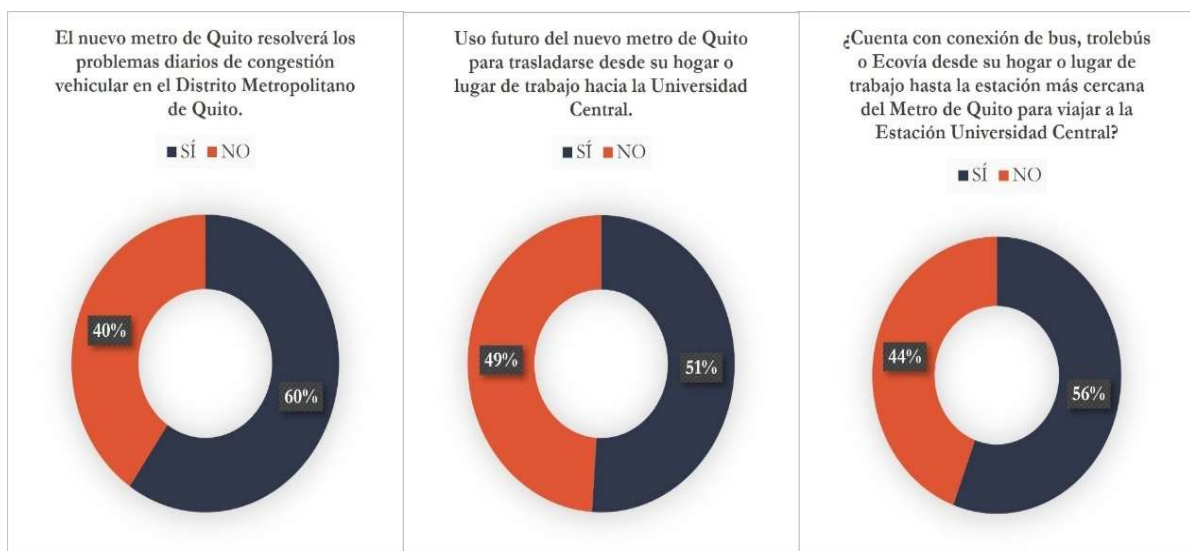


Figura 2. Respuestas de conformidad y usos simples [18]

3.2. Respuestas temporales simples de distribución de tiempo y ahorro

Los datos revelaron una diferencia notable entre los tiempos actuales de traslado y el tiempo estimado utilizando el Metro de Quito. En promedio, los participantes reportaron que sus desplazamientos actuales hacia destinos clave, como la Universidad Central, oscilan entre 40 y 60 minutos. Sin embargo, más del 70% de los encuestados estimaron que podrían

ahorrar entre 10 y 30 minutos en cada viaje al usar el metro. Este ahorro fue percibido como un incentivo significativo, especialmente entre los usuarios que actualmente dependen de sistemas de transporte saturados, como los autobuses y el trolebús.

Con respecto a la Figura 3 y la distribución en porcentaje del tiempo de la ruta (hogar/trabajo - Universidad Central) los datos muestran que el 31% de los encuestados tarda entre 1 y 1.5 horas en llegar desde su hogar o lugar de trabajo a la Universidad Central, seguido por un 23% que tarda 40 a 60 minutos. Por otro lado, un 14% tiene desplazamientos significativamente más cortos (10 a 20 minutos) o más largos (1.5 a 2.5 horas).

La distribución en porcentaje del tiempo de ahorro con el nuevo metro representa para un 26% de los encuestados espera ahorrar entre 1 a 10 minutos, mientras que un porcentaje similar (26%) prevé un ahorro entre 10 a 20 minutos. Un grupo significativo (21%) proyecta ahorros aún mayores, de 30 a 40 minutos.

El uso del metro según acceso actual concluye que un 70% de los encuestados que planean usar el metro tienen acceso actual al sistema, mientras que un 30% no lo utilizará a pesar de contar con acceso. En el caso de quienes no planean usar el metro, un 60% no tiene acceso actual, y solo un 40% podría considerarlo si se mejorara la conectividad.

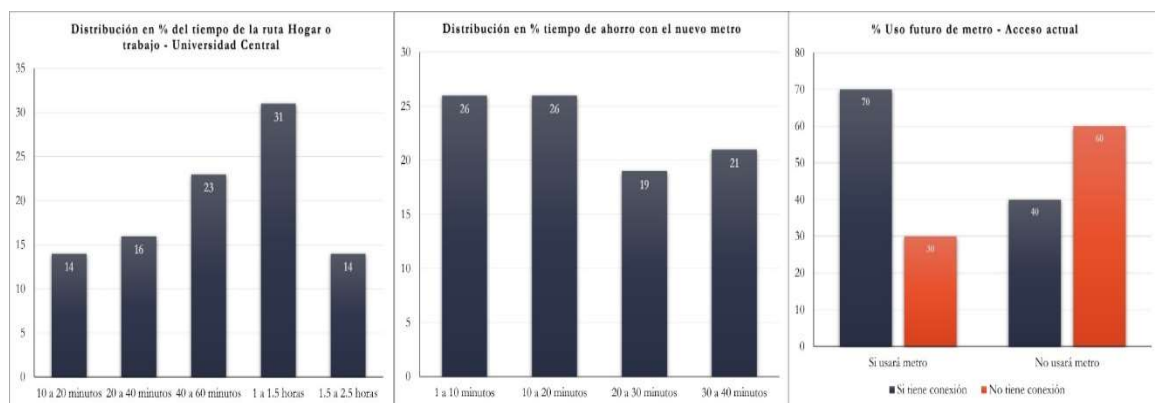


Figura 3. Respuestas temporales simples de distribución de tiempo y ahorro

3.3. *Tiempos estimados y percepción de tarifas*

En la Estación Quitumbe (sur) los usuarios reportan que el 61.8% del tiempo total de su desplazamiento se dedica a llegar a la estación, mientras que solo un 38.2% corresponde al tiempo de viaje dentro del metro. Respecto a la aceptación de tarifas: Un 51% de los encuestados está de acuerdo con la tarifa, mientras que un 49% no la considera adecuada.

En el caso de la Estación La Carolina (centro-norte), aquí se observa un balance más favorable, con el 74% del tiempo total invertido en el metro y solo un 26% dedicado a llegar a la estación. Un 73% de los usuarios acepta las tarifas, lo que demuestra una correlación positiva entre la accesibilidad y la percepción del valor del servicio.



Figura 4. Mapa de la trama con evidencia visual: tiempo estimados y percepción de tarifas

Los resultados del análisis de la encuesta y las visualizaciones reflejan tanto el potencial del Metro de Quito para transformar la movilidad urbana como los desafíos que podrían limitar su adopción inicial.

a) *Intención de uso y tiempos de viaje:*

- Una mayoría significativa de los encuestados reporta tiempos de desplazamiento prolongados (más de 1 hora en promedio).
- Sin embargo, la intención de uso dividida (51% usaría el metro, mientras que el 49% no lo considera) ver Figura 2, indica que existen barreras importantes, como la conectividad limitada con otros sistemas de transporte y la percepción de las tarifas.

b) *Aceptación de tarifas:*

- Mientras que el 54% de los usuarios considera que las tarifas propuestas son razonables, una proporción significativa (46%) las percibe como elevadas, especialmente en áreas periféricas.

c) *Propensión al uso del Metro en ausencia de conexión y con desacuerdo tarifario:*

- Se obtuvo un porcentaje del 30% que usara el metro sin estar de acuerdo con la tarifa y tener ausencia de conexión, mientras que más de la mitad prefiere no usarlo (70%).

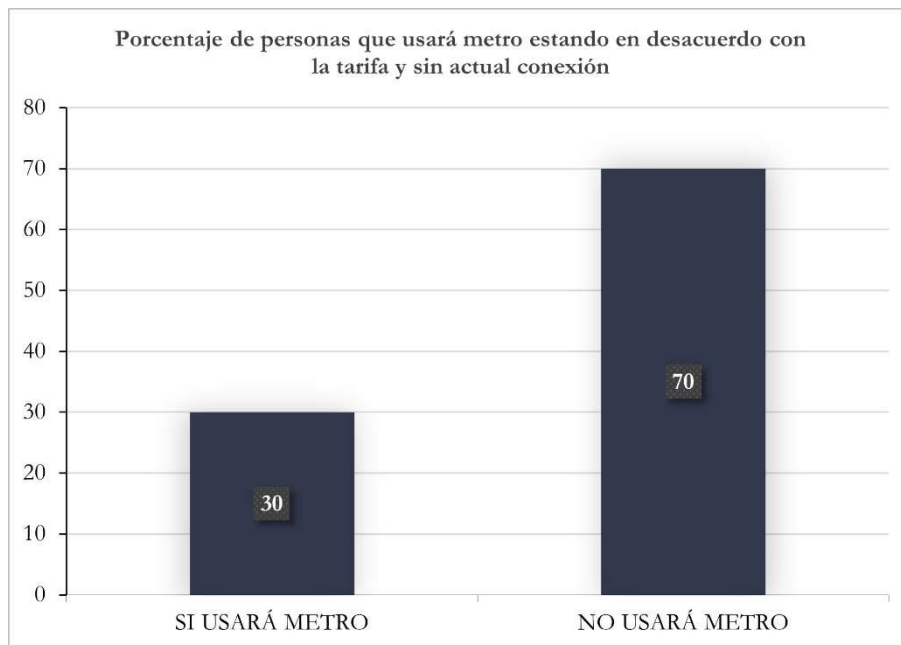


Figura 5. Porcentaje de personas que usará metro estando en desacuerdo con la tarifa y sin actual conexión

Por otro lado, la Figura 6 muestra los resultados para el caso de estudiantes, quienes ven en el costo del servicio un obstáculo para su uso regular, por lo que se constató que habrá una mayor aceptación de usuarios reales que harán el uso del metro en la Estación Quitumbe (64), y una menor aceptación en la Estación La Pradera (2).



Figura 6. Distribución de futuros usuarios reales

Al evaluar los tiempos estimados se pudo obtener datos de dos variables, tiempo de viaje para llegar al metro y tiempo de viaje en el metro, obteniendo los siguientes resultados que se visualiza en la Figura 7, de manera que la Estación La Pradera muestra que los usuarios tardan más en llegar a dicha parada (88.9%) que en el viaje en el metro (11.1%), por lo que no es una estación muy utilizada; sin embargo existen paradas como Cardenal de la Torre

y Moran Valverde que ocurre lo contrario, por ejemplo, en la Estación Cardenal de la Torre el 28% de usuarios tardan más en llegar a la parada que el viaje en metro (72%).

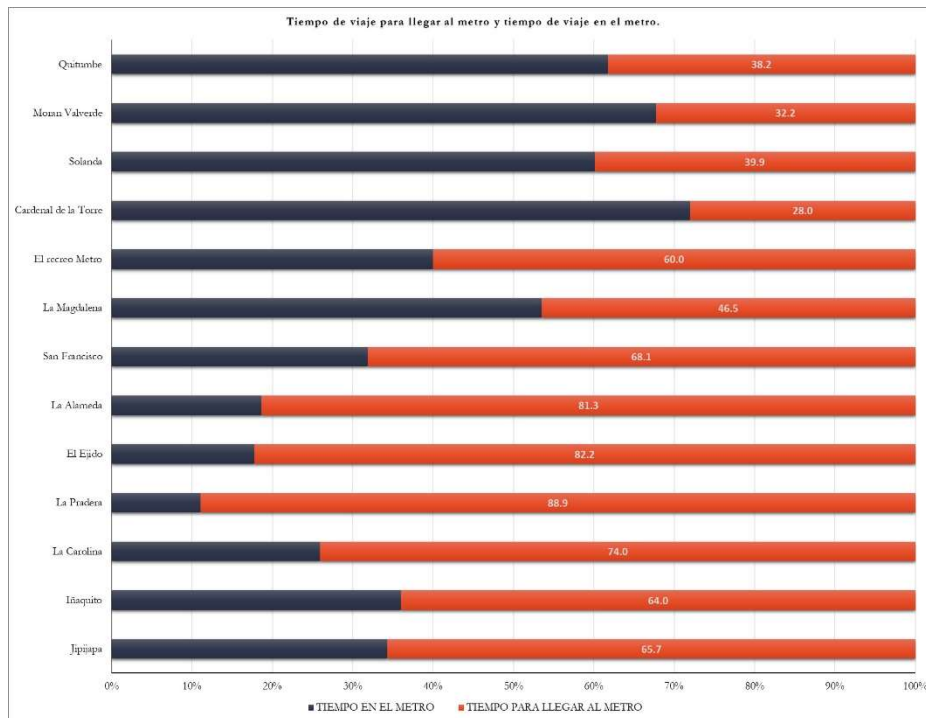


Figura 7. Tiempo de viaje para llegar al metro y tiempo de viaje en el metro [18]

La elección del modelo Logit binario se da porque la variable central: Uso del Metro de Quito, es dicotómica, es decir, solo puede tomar dos valores mutuamente excluyentes (si/no), por lo que es pertinente la utilización de este modelo, ya que utiliza la estimación dos probabilidades [0,1], integrando con solvencia los factores a analizar como edad, tiempo, costos y seguridad; a diferencia de utilizar otros modelos como la regresión lineal donde existe un rango de error y de esta manera se podrían generar predicciones fuera del rango 0 – 1. Por lo tanto, el modelo Logit binario va a permitir predecir la demanda potencial y orientar la toma de decisiones de estudios de transporte urbano incrementando la fiabilidad del estudio.

En lo referente al modelo logit, mostró un ajuste global significativo ($\chi^2 = 30.2$, $p < 0.001$; pseudo- $R^2 = 0.114$). Los resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de aplicación de modelo logit

Variable	Coef. (β)	OR (e^{β})	p-valor	Interpretación
Tiempo actual de viaje	-0.002	0.998	0.577	No significativo; el tiempo actual no determina la intención de uso.
Ahorro de tiempo esperado	0.051	1.65	<0.001	Cada 10 min de ahorro esperado aumenta un 65% la probabilidad de uso.
Conexión directa	1.151	3.16	<0.001	Tener conexión más que triplica la probabilidad de adopción.
Tarifa aceptada	0.590	1.80	0.009	Aceptar la tarifa casi duplica la probabilidad de uso.

En la Tabla 3 se presentan los resultados del modelo Logit aplicado para analizar la intención de uso del Metro de Quito. A continuación, se explica el significado de los principales parámetros reportados:

- Coeficiente (β): Representa el efecto estimado de cada variable independiente sobre el logaritmo de las probabilidades de que ocurra el evento estudiado (en este caso, la intención de usar el metro). Un valor positivo indica que un incremento en la variable aumenta la probabilidad de uso, mientras que un valor negativo la disminuye. Este coeficiente refleja la dirección y magnitud del impacto en la escala logarítmica.
- OR (Odds Ratio, e^{β}): Es la exponencial del coeficiente β y expresa cuántas veces se multiplican las probabilidades de que ocurra el evento por cada unidad adicional en la variable explicativa. Por ejemplo, un OR superior a 1 indica que la variable incrementa la probabilidad de uso, siendo el valor de OR el factor multiplicador. Así, un OR de 3.16 significa que la conexión directa triplica la probabilidad de intención de uso del metro.
- p-valor: Indica la significancia estadística del coeficiente. Un p-valor menor a 0.05 sugiere que el impacto de la variable es estadísticamente significativo, es decir, es poco probable que el efecto observado se deba al azar. Por el contrario, un p-valor mayor indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de no efecto.

En conjunto, estos parámetros permiten identificar qué variables influyen significativamente en la intención de uso del Metro de Quito, la dirección de su efecto y la magnitud en términos de probabilidad. Este análisis estadístico proporciona un soporte robusto para las conclusiones del estudio y fortalece la calidad metodológica del trabajo.

3.4. Ahorro de tiempos estimados y de tarifas

Dentro de las respuestas obtenidas a lo largo de la investigación, el método Chi-cuadrado resultó ser eficaz para determinar y evaluar la uniformidad de las respuestas por categoría y pregunta según Tipo: Bondad de Ajuste, teniendo como resultado lo mostrado en la Tabla 4.:

Tabla 4. Valores del χ^2 de las preguntas 4, 5, 6 y 8

N°	PREGUNTA	$\Sigma(O-E)^2/E$	$\chi^2_{CRÍTICO}$
		$\chi^2_{CALCULADO}$	
4	¿Cuál es el nombre de la estación más cercana del Metro de Quito que tomaría para dirigirse hasta la Universidad Central?	1147.21	24.996
5	¿Cuánto tarda actualmente para llegar desde su hogar o lugar de trabajo a la Universidad Central?	133.61	11.07
6	De hacer uso del sistema de transporte Metro de Quito ¿Cuánto tiempo de viaje espera ahorrar?	57.98	9.488
8	La tarifa de USD 45 centavos, el viaje solo en el Metro de Quito, y hasta USD 60 centavos, si utiliza otros sistemas de transporte municipal en la superficie. ¿Le representará un ahorro de dinero diario en transporte?	3567.49	12.592

En la Tabla 4, se observan la sumatoria de final del Chi-cuadrado de cada pregunta, la cual se calculó mediante el siguiente procedimiento: se determina la frecuencia esperada (E) dividiendo el número total de respuestas obtenidas (es decir, el número total de frecuencia observadas (O)) entre el número total de categorías; posteriormente se aplica la fórmula del Chi-cuadrado y se obtiene los resultados del mismo por categorías, por último, se suma todas las categorías y se obtiene la sumatoria del $\chi^2_{\text{CALCULADO}}$ de cada pregunta.

En cambio, para el $\chi^2_{\text{CRÍTICO}}$ se procede a calcular los grados de libertad (Número de categorías-1) y elegir el nivel de significancia (normalmente 0.05); por último, se lo obtiene mediante la tabla estandarizada del Chi-cuadrado [19].

Al finalizar tenemos como resultado que todos los $\chi^2_{\text{CALCULADOS}}$ son mayores a los $\chi^2_{\text{CRÍTICOS}}$.

Por otro lado, mediante el Tipo: Variables Independientes se pudo analizar dos variables importantes Ahorro de tiempo esperado y percepción de tarifas, obteniendo como resultado:

Tabla 5. Valores del χ^2 , variables independientes

AHORRO						
TIEMPO/DINERO	No me representará ahorro	Ahorro menor a 25 centavos de dólar	Ahorro de 25 centavos a 1 dólar	Ahorro de más de 1 dólar	VACÍAS	TOTAL
1 a 10 minutos	0.506	1.265	0.869	0.641	1.613	4.894
10 a 20 minutos	0.046	1.237	0.189	0.057	1.569	3.098
20 a 30 minutos	0.036	0.022	1.315	0.489	0.031	1.893
30 a 40 minutos	0.031	0.302	0.997	0.581	1.264	3.175
VACIAS	0.142	1.520	1.150	0.257	59.197	62.266
					TOTAL (χ^2)	75.326

En la Tabla 5, se observa el mismo cálculo del chi-cuadrado, pero con diferente proceso, en el cual se obtuvo un valor de $\chi^2_{\text{CALCULADO}}=75.326$ mientras que un $\chi^2_{\text{CRÍTICO}}=28.845$, sin embargo, sigue siendo mayor, por lo cual se obtiene como resultado que las variables son analizadas tienen dependencias entre sí. En el Metro de Quito, indica que el tiempo de ahorro esperado influye directamente en la percepción del uso del transporte por tarifa.

4. Discusión

4.1. Respuestas de conformidad y usos simples

Si se analiza la Figura 2, respecto a la solución a la congestión vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito, el 60% de los encuestados considera que el nuevo sistema de metro resolverá los problemas diarios de congestión vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito. Pero un 40% expresa escepticismo, lo que podría deberse a la percepción de barreras estructurales y operativos, como la limitada integración con otros sistemas de transporte, la necesidad de hacer transbordos, la percepción del costo de servicio, así como también la saturación generalizada de la infraestructura urbana. Esto evidencia que la percepción de la congestión vehicular no depende solamente si existe o no un sistema de metro en la ciudad,

sino de un grupo de factores que afectan en su nivel de aceptación y efectividad como solución a la movilidad urbana.

En Bogotá, Colombia existe un patrón parecido, ya que, llegaron a la capital los seis vagones del primer tren de este sistema de transporte [20]. A pesar de que la mayoría tiene una opinión optimista, existe escepticismo entre los ciudadanos. El 55,5% considera que el Metro mejorará la movilidad, pero solo en ciertas áreas; en cambio, el 31,4% opina que el efecto será considerablemente más amplio [21]. De esta manera se puede analizar que la existencia del escepticismo depende de la información proporcionada del servicio en este caso un medio de transporte (metro), a medida que los usuarios perciban y prueben este servicio y den resultados favorables, la confianza aumentará y el escepticismo disminuirá.

Para este estudio, la mayoría tiene expectativas positivas respecto al impacto del metro en la movilidad urbana. Sin embargo, el escepticismo de una minoría resalta la necesidad de estrategias complementarias para maximizar su eficacia, como mejoras en la conectividad y campañas informativas para aumentar la confianza en el sistema. La intención de uso está casi dividida. Factores como la proximidad a estaciones, el costo de las tarifas y la percepción de comodidad y eficiencia podrían influir en la decisión. Este resultado sugiere que el metro tiene el potencial de captar una gran proporción de usuarios, pero requiere abordar las barreras actuales que limitan su adopción. La falta de conectividad es un desafío importante que podría limitar el uso del metro. Este dato subraya la necesidad de fortalecer la integración entre el metro y otros sistemas de transporte público para maximizar su accesibilidad y atraer más usuarios.

4.2. *Respuestas temporales simples de distribución de tiempo y ahorro*

La mayoría de los encuestados tiene tiempos de viaje prolongados (mayores a 40 minutos), lo que refuerza la necesidad de soluciones que reduzcan estos tiempos de traslado. Este patrón destaca el potencial del metro para captar usuarios que actualmente enfrentan largos desplazamientos.

Los usuarios anticipan ahorros considerables en tiempo con el uso del Metro de Quito. Este ahorro puede ser un factor motivador clave para la adopción del sistema, especialmente para aquellos con tiempos de viaje actuales más largos. Sin embargo, es importante gestionar estas expectativas para evitar posibles desilusiones si el ahorro real no se alinea con las percepciones iniciales.

La accesibilidad es un factor determinante en la decisión de utilizar el metro. Mientras que un alto porcentaje de usuarios con acceso planea utilizar el sistema, aquellos sin acceso directo tienen menos probabilidades de adoptarlo. Esto subraya la necesidad de una integración eficiente con otros sistemas de transporte público para ampliar la red de usuarios potenciales.

4.3. *Tiempos estimados y percepción de tarifas*

El mapa sirve como una herramienta clave (ver Figura 4) para identificar patrones específicos en cuanto al tiempo de viaje y la aceptación de tarifas en las diferentes estaciones del Metro de Quito, análisis obtenidos con los resultados de los estudiantes de la Universidad Central del Ecuador Estaciones como Quitumbe y La Carolina destacan por su

relevancia tanto en la proporción de tiempo dedicado al metro como en las percepciones sobre las tarifas propuestas.

Por ejemplo, en la Estación Quitumbe (sur) debido a la ubicación periférica de la estación y a la falta de conexiones eficientes con otros sistemas de transporte en el sur de la ciudad, los estudiantes invierten más tiempo en llegar a la estación que en el trayecto dentro del metro, lo que podría influir negativamente en la percepción del costo-beneficio.

La Carolina es una zona céntrica con alta densidad de actividad económica y educativa, por lo que, la Estación La Carolina (centro-norte) tiene una ubicación estratégica y la conectividad con otros medios de transporte la hacen más accesible, favoreciendo tanto la intención de uso como la aceptación de tarifas.

El análisis de las estaciones revela diferencias significativas que destacan la importancia de la accesibilidad y la conexión intermodal:

- Estaciones periféricas (Quitumbe, Morán Valverde): Los usuarios de la Universidad Central en estas estaciones enfrentan tiempos prolongados para llegar al metro, lo que afecta directamente su percepción del sistema. Además, las tarifas son menos aceptadas en estas áreas debido a la menor densidad de servicios complementarios y la mayor dependencia de transporte adicional.
- Estaciones céntricas (La Carolina, Ñaquito y Jipijapa): Estas estaciones tienen patrones más favorables, con tiempos de llegada relativamente cortos y una aceptación de tarifas superior al promedio. Esto refleja el impacto positivo de una ubicación estratégica y una mejor integración con la red urbana existente.

La accesibilidad directa, la conectividad con otros sistemas de transporte y la proximidad a zonas de alta actividad económica parecen ser factores determinantes en la percepción de los estudiantes encuestados. Las estaciones céntricas, como La Carolina e Ñaquito, tienen una aceptación más alta debido a su ubicación y a la percepción de valor generado por el sistema.

Los datos sugieren que los usuarios que dedican más tiempo a llegar a las estaciones (por ejemplo, en Quitumbe) tienden a tener una percepción más negativa del costo-beneficio del metro dentro del subconjunto estudiantil considerado. Esto resalta la importancia de mejorar las conexiones intermodales para aumentar la adopción del sistema en estas zonas.

El mapa evidencia visualmente cómo la ubicación y la accesibilidad de las estaciones impactan tanto en los patrones de uso como en la aceptación de las tarifas. Mientras que las estaciones periféricas enfrentan desafíos significativos en términos de conectividad y percepción de valor, las estaciones céntricas presentan una mayor aceptación y uso potencial. Estos hallazgos subrayan la necesidad de priorizar la integración intermodal y estrategias diferenciadas para abordar las barreras en zonas periféricas.

Por otro lado, al tener un reporte de más de 1 hora en promedio en tiempo de desplazamiento para poderse trasladar a diferentes lugares, refuerza el potencial del metro para convertirse en una alternativa atractiva al reducir los tiempos de viaje y proporcionar un medio de transporte confiable.

Mediante la encuesta se constató que, aunque se obtuvo un porcentaje mayor al del 50% en la aceptación de tarifas, existe un porcentaje significativo de estudiantes que consideran a la tarifa elevada, limitando su uso, esto subraya la importancia de diseñar políticas tarifarias inclusivas, como descuentos para estudiantes o integración con otros sistemas de transporte.

Con respecto a la conectividad y accesibilidad, se llega al análisis de que el tiempo significativo dedicado a llegar a las estaciones, especialmente en zonas como Quitumbe, revela la necesidad de mejorar la integración del metro con otros sistemas de transporte público, como autobuses alimentadores y Ecovía.

La implementación exitosa del Metro de Quito (ver Figura 5) requerirá un enfoque integral que aborde tanto las barreras de accesibilidad como las percepciones económicas de los usuarios. No obstante, lo expuesto se basa en las respuestas obtenidas por los estudiantes universitarios, por lo que la inclusión de otros sectores como empleados públicos o privados, personas de tercera edad, entre otros, permitiría ampliar y complementar los resultados en futuras investigaciones. Además, será crucial gestionar las expectativas respecto al ahorro de tiempo proyectado para evitar desilusiones y fomentar la confianza en el sistema.

4.4. *Comparativa con casos reales en Latinoamérica*

Al analizar casos como el Metro de Medellín (Colombia), el Metro de Santiago (Chile) y el Metro de Ciudad de México (México), emergen similitudes clave que pueden proporcionar lecciones para el Metro de Quito:

- **Metro de Medellín:** la integración del metro con el Metrocable y los autobuses alimentadores resultó fundamental para garantizar su adopción en áreas periféricas [22]. Esto destaca la necesidad de que el Metro de Quito implemente un sistema de transporte alimentador que conecte eficientemente las estaciones periféricas, como Quitumbe y Morán Valverde, con zonas residenciales.
- **Metro de Santiago:** implementó políticas tarifarias integradas que permiten el uso de diferentes modos de transporte con un solo boleto [23]. Esto facilitó la adopción del sistema y aumentó su accesibilidad económica. Quito podría adoptar un modelo similar para mejorar la percepción del costo-beneficio entre los usuarios.
- **Metro de Ciudad de México:** este sistema, uno de los más grandes de la región, mostró cómo la ubicación estratégica de estaciones en zonas de alta densidad poblacional y económica puede maximizar su uso [24]. Estaciones céntricas como La Carolina, Ñaquito y Jipijapa en Quito podrían priorizarse para ofrecer frecuencias más altas y una mejor experiencia al usuario.

4.5. *Limitaciones*

La limitada integración con otros sistemas de transporte público, como autobuses y trolebuses, representa una barrera significativa para el uso del metro. En áreas como Quitumbe, los usuarios reportan que el tiempo dedicado a llegar a la estación excede el

tiempo de viaje en el metro, lo que afecta negativamente su percepción y desincentiva su adopción como una opción viable para la movilidad diaria.

La percepción de las tarifas como elevadas en ciertos segmentos, especialmente en áreas periféricas, constituye otra barrera importante. Esto afecta particularmente a estudiantes, quienes ven en el costo del servicio un obstáculo para su uso regular, pese a los beneficios potenciales que el sistema podría ofrecerles (ver Figura 6).

Además, la falta de información adecuada sobre los beneficios del metro y cómo utilizarlo podría representar un desafío durante sus primeras etapas de implementación. La desinformación puede generar dudas o resistencia entre los usuarios potenciales, limitando el impacto positivo esperado del sistema.

Sin embargo, también se identifican importantes oportunidades para superar estas barreras y maximizar la adopción del metro. La integración intermodal, a través de la implementación de rutas alimentadoras eficientes y sincronizadas con el horario del metro, podría mejorar significativamente la accesibilidad, especialmente en áreas periféricas como Quitumbe. Esto garantizaría un acceso más rápido y fluido a las estaciones.

Por otro lado, políticas tarifarias inclusivas, como la oferta de tarifas integradas o subsidios para grupos específicos, podrían mejorar la percepción del valor del sistema y aumentar su uso entre estudiantes, trabajadores y otros sectores vulnerables. Esto ayudaría a abordar la barrera económica que actualmente limita la intención de uso en algunos segmentos de la población.

Las campañas de comunicación y concienciación representan otra oportunidad crucial. Difundir los beneficios del metro, como el ahorro de tiempo y su contribución a la reducción de la congestión vehicular, podría fomentar su adopción al crear una percepción más positiva y confiable del sistema entre los usuarios potenciales.

En consecuencia, estaciones céntricas como La Carolina, Ñaquito y Jipijapa, que ya muestran una mayor intención de uso y aceptación de tarifas, se destacan como puntos estratégicos. Estas estaciones podrían priorizarse en términos de frecuencia y calidad del servicio, consolidándolas como referentes positivos que impulsen la percepción general del sistema y fomenten su uso en otras áreas de la ciudad.

El análisis de las percepciones e intenciones de uso del Metro de Quito revela un panorama mixto, pero con un gran potencial para transformar la movilidad urbana de la ciudad. Por un lado, la mayoría de los encuestados confía en que el metro reducirá la congestión vehicular, y una proporción significativa anticipa ahorros de tiempo importantes en sus desplazamientos diarios (ver Figura 7). Estos resultados posicionan al metro como una solución prometedora frente a los desafíos de movilidad, especialmente para los usuarios que actualmente enfrentan tiempos de viaje prolongados y condiciones de transporte ineficientes. Sin embargo, el sistema también enfrenta barreras significativas que deben abordarse para maximizar su impacto.

4.6. *Modelo Logit*

Los factores que más influyen en la intención de uso son: (i) el ahorro de tiempo esperado, que aumenta hasta 65% la probabilidad de uso por cada 10 minutos de ahorro;

(ii) la accesibilidad mediante conexión directa, que triplica la probabilidad de adopción; y (iii) la aceptación de la tarifa, que la casi duplica. El tiempo actual de viaje no fue estadísticamente significativo.

Los resultados evidencian que la decisión de los estudiantes no depende tanto de su tiempo actual de viaje, sino de la percepción de que el metro representa una mejora tangible en tiempo y costo. Esto confirma hallazgos en otros casos latinoamericanos (Medellín, Santiago, Ciudad de México), donde la integración intermodal y las tarifas accesibles fueron determinantes en la adopción.

La percepción y la intención de uso del Metro de Quito entre estudiantes universitarios evidencian un alto potencial para transformar la movilidad urbana en la ciudad, especialmente dado el contexto de congestión vehicular y tiempos prolongados de desplazamiento. Los resultados del modelo Logit binario confirman que factores clave como la existencia de conexión directa con otros sistemas de transporte, la percepción de tarifas adecuadas y el ahorro de tiempo estimado son determinantes significativos en la probabilidad de adopción del sistema. Estos hallazgos no solo subrayan la importancia de fortalecer la integración intermodal y diseñar políticas tarifarias inclusivas, sino que también validan estadísticamente el aporte del Metro como una opción viable y eficiente frente a los sistemas tradicionales. Sin embargo, se identifican barreras relevantes, como la limitada conectividad en zonas periféricas y la percepción negativa de las tarifas entre ciertos sectores, que deberán abordarse con estrategias complementarias. En este sentido, la investigación aporta una contribución original al estudiar el Metro de Quito con un sólido enfoque metodológico que combina encuestas con análisis estadísticos avanzados, generando evidencia valiosa para la planificación urbana y el diseño de políticas públicas. Su éxito futuro dependerá de la capacidad para superar estas barreras, maximizando los beneficios sociales y ambientales de un transporte sostenible.

4.7. *Método estadístico Chi-cuadrado*

Se evidencia que por el método de Chi-cuadrado: Tipo Bondad de Ajuste enfocadas en las preguntas 4, 5, 6 y 8, existe una diferencia notoria entre el $X^2_{CRÍTICO}$ y el $X^2_{CALCULADO}$ en cada pregunta, lo que nos quiere decir que las personas encuestadas no respondieron de manera uniforme, es decir que, en estas cuatro preguntas, la gente no se distribuye igual entre categorías, sino que hay tendencias claras, es decir, que siempre hay una categoría que más resalta entre todas. Además, como el $X^2_{CALCULADO}$ es mayor que 0.05 (nivel de error aceptado) es aceptable. Por otro lado, al hablar sobre el Tipo Variables independientes los resultados muestran que existe una relación estadísticamente significativa entre el tiempo que los usuarios esperan ahorrar mediante el uso del Metro de Quito y su percepción de ahorro económico diario. El análisis demuestra que quienes esperan ahorrar más tiempo con el uso del Metro de Quito tienden también a percibir un mayor ahorro económico. El estadístico de Chi-cuadrado calculado (75.33) es sustancialmente superior al valor crítico (28.845), lo que indica que la relación entre ambas variables no es producto del azar. Esto significa que la percepción económica del servicio está estrechamente ligada a las expectativas de eficiencia temporal. En términos prácticos, si el Metro reduce de forma efectiva los tiempos de viaje en comparación a las otras metodologías de transporte

existentes en Quito, es más probable que los usuarios lo consideren una alternativa económicamente ventajosa.

5. Conclusiones

Entre las principales barreras identificadas se encuentra la falta de conectividad con otros sistemas de transporte público, lo que afecta particularmente a los usuarios de zonas periféricas como Quitumbe. Los tiempos dedicados a llegar a las estaciones representan una gran proporción del viaje total, lo que disminuye el atractivo del sistema en estas áreas. Además, la percepción de las tarifas como elevadas, especialmente en segmentos de menores ingresos, podría limitar la adopción del metro, a pesar de los beneficios en tiempo y comodidad que ofrece. Estas barreras resaltan la necesidad de diseñar estrategias específicas, como la implementación de rutas alimentadoras eficientes y la introducción de tarifas integradas y diferenciadas.

Por otro lado, las estaciones céntricas como La Carolina y Jipijapa emergen como puntos estratégicos con una mayor intención de uso y aceptación de tarifas. Estas áreas presentan una combinación de accesibilidad, conectividad y proximidad a zonas de alta actividad económica y educativa, lo que las convierte en candidatos ideales para priorizar la inversión y el desarrollo operativo. Aprovechar estas fortalezas podría generar un efecto positivo en la percepción general del sistema y aumentar su adopción en otras áreas. En conclusión, el éxito del Metro de Quito dependerá de su capacidad para abordar las barreras estructurales y de percepción, mientras capitaliza las oportunidades en zonas estratégicas, adoptando un enfoque integral que combine accesibilidad, políticas tarifarias inclusivas y una comunicación efectiva con los usuarios.

La intención de uso del Metro de Quito depende de tres factores claves: intermodalidad, tarifa percibida como justa y ahorro esperado de tiempo. Este análisis confirma que políticas tarifarias inclusivas y la implementación de alimentadores son esenciales para garantizar la adopción del sistema en la comunidad universitaria. Este enfoque no solo garantizará su viabilidad operativa, sino que también lo consolidará como un eje transformador de la movilidad en Quito.

Tabla 6. Recomendaciones estratégicas

Recomendación Estratégica	Desarrollo
Recomendación A: Infraestructura e intermodalidad	Se recomienda fortalecer la integración del Metro de Quito con el transporte público existente, especialmente en estaciones periféricas como Quitumbe y Morán Valverde, donde los usuarios dedican más tiempo en llegar a la estación que al viaje en metro. La prueba Chi-cuadrado confirmó diferencias significativas en los tiempos de acceso reportados, lo que evidencia problemas reales de conectividad. Para ello, es necesario implementar rutas alimentadoras eficientes, con frecuencias sincronizadas y cobertura ampliada en barrios donde se evidenció falta de conexión directa. Esta mejora busca reducir la barrera de accesibilidad identificada y aumentar la probabilidad de adopción del sistema.

Recomendación B: Políticas tarifarias	Se sugiere establecer un sistema tarifario integrado que permita combinar en un solo pago los diferentes modos de transporte municipal (bus, Trole, Ecovía y Metro). Los resultados del modelo Logit binario muestran que la aceptación de la tarifa incrementa significativamente la probabilidad de uso; por tanto, una política de tarifa integrada reduciría la percepción de costo elevado. Adicionalmente, se recomienda implementar tarifas preferenciales para estudiantes, diseñadas bajo un esquema de compensación financiera para preservar la sostenibilidad del sistema. Considerando que este grupo percibe mayor sensibilidad económica, contar con una tarifa diferenciada puede incrementar la demanda y mejorar la eficiencia social del sistema.
Recomendación C: Campañas de sensibilización e información	Se propone desarrollar campañas informativas dirigidas a mejorar la percepción del sistema y disminuir el escepticismo identificado en la encuesta. Estas campañas deben comunicar de manera clara el ahorro de tiempo real, las ventajas de la intermodalidad, la ubicación estratégica de estaciones céntricas y el funcionamiento de las tarifas, como muestran los resultados del método estadístico Chi-cuadrado, si el Metro reduce de forma efectiva los tiempos de viaje, es más probable que los usuarios lo consideren una alternativa económicamente ventajosa. Además, se recomienda realizar jornadas de socialización y orientación dentro de instituciones educativas, como la Universidad Central, para fortalecer la confianza en el sistema e incentivar su adopción.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, A.C.-O. y N.G.-C.; metodología, J.V.-C. y M.M.-P.; software, M.M.-P.; validación, resultados, discusión, J.V.-C., M.M.-P. y K.R.-M.; recursos, M.M.-P.; redacción—preparación del borrador original, M.M.-P.; redacción—revisión y edición, A.C.-O., N.G.-C., J.V.-C., M.M.-P. y K.R.-M.; administración del proyecto, M.M.-P. Todos los autores han leído y aprobado la versión publicada del manuscrito.

Agradecimientos

Los autores extienden su agradecimiento al Centro I+D+i en Infraestructuras Civiles Inteligentes y Sostenibles (CIVILis) de la Universidad Politécnica de Madrid y a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Central del Ecuador por el apoyo institucional brindado durante el desarrollo de esta investigación. Asimismo, se reconoce la valiosa colaboración de los estudiantes participantes en las encuestas, cuyo aporte fue fundamental para el análisis presentado. Finalmente, se agradece a los equipos académicos y administrativos de ambas instituciones por facilitar los recursos, el intercambio de conocimientos y el acompañamiento científico necesario para llevar a cabo este trabajo.

Conflicto de Interés

Los autores no reportan conflictos de interés relacionados con esta investigación.

Declaración sobre el uso de Inteligencia Artificial Generativa

En la preparación de este artículo, se utilizó [ChatGPT (OpenAI)] exclusivamente para orientar la elección del modelo (Logit Binario), comparando alternativas metodológicas estadísticas (Chi-cuadrado, codificación de datos, etc). La IA no intervino en la redacción del manuscrito ni en el análisis o interpretación de resultados. Todo el contenido fue revisado y aprobado por los autores.

Referencias

- [1] A. Hoyos Guerrero, "Metro de Quito: un megaproyecto para transformar la movilidad," *World Bank Blogs*, dic. 6, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/metro-de-quito-un-megaproyecto-para-transformar-la-movilidad>.
- [2] World Health Organization, "How air pollution is destroying our health." [En línea]. Available: <https://www.who.int/news-room/spotlight/how-air-pollution-is-destroying-our-health>.
- [3] X. Fageda and R. Flores-Fillol, "Atascos y contaminación en grandes ciudades: análisis y soluciones," *FEDEA Policy Papers*, no. 2018/04, may. 2018. [En línea]. Disponible en: <https://fedea.net/atascos-y-contaminacion-en-grandes-ciudades-analisis-y-soluciones/>.
- [4] J. Clemente, "Situación actual de los metros y ferrocarriles de América Latina", *Boletín FAL - CEPAL*, vol. 326 (10), pp. 1–16, 2013.
- [5] Quito Cómo Vamos, "Información sobre movilidad. Quito Cómo Vamos 2022. Informe de Calidad de Vida," 2022. [En línea]. Available: https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2022/12/07Factsheet_Movilidad2022.pdf.
- [6] J. P. Armijos y L. Campos, "Un sueño hecho realidad: El Metro de Quito," *Banco Interamericano de Desarrollo*, nov. 28, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.iadb.org/es/blog/transporte/un-sueno-hecho-realidad-el-metro-de-quito>.
- [7] C. Gago García, y U. Martínez Sierra, "Grandes proyectos urbanos en metrópolis latinoamericanas: estudios de caso en el contexto de las prácticas neoliberales," *Investigaciones Geográficas*, no. 106, 2021, doi: <https://doi.org/10.14350/rig.60464>.
- [8] K. Jackson, "Do land use regulations stifle residential development? Evidence from California cities," *J. Urban Econ.*, vol. 91, pp. 45–56, 2016, doi: 10.1016/j.jue.2015.11.004.
- [9] U. Jilani *et al*, "A Systematic Review on Urban Road Traffic Congestion," *Wireless Personal Communications*, 2023, vol. 140, no. 1, pp. 81–109, 2025, doi: 10.1007/s11277-023-10700-0.
- [10] M. Sreelekha y J. Midhunchakkaravarthy, "Intelligent Transportation System for Sustainable and Efficient Urban Mobility Traffic Flow Prediction Using Optimized Deep Learning Approach," *2024 5th International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks (ICICV)*, Tirunelveli, India, 2024, pp. 106-113, doi: 10.1109/ICICV62344.2024.00024.
- [11] O. Aderibigbe y T. Gumbo, "Smart cities and their impact on urban transportation systems and development," in *Emerging Technologies for Smart Cities: Sustainable Transport Planning in the Global North and Global South*, O. Aderibigbe, T. Gumbo y S. O. Fadare, Eds. Cham: Springer, 2024, pp. 105–129, doi: 10.1007/978-3-031-66943-9_5.
- [12] G. Durantón y M. A. Turner, "The Fundamental Law of Road Congestion: Evidence from US Cities," *Amer. Econ. Rev.*, vol. 101, no. 6, pp. 2616–2652, 2011, doi: 10.1257/aer.101.6.2616.
- [13] R. Cervero y J. Murakami, "Rail and Property Development in Hong Kong: Experiences and Extensions," *Urban Stud.*, vol. 46, no. 10, pp. 2019–2043, 2009, doi: 10.1177/0042098009339431.
- [14] World Bank, "An upgraded rail line focuses on passengers and climate in metropolitan Buenos Aires," Oct. 5, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2022/10/05/an-upgraded-rail-line-focuses-on-passengers-and-climate-in-metropolitan-buenos-aires>.
- [15] M. Iacono, K. J. Krizek y A. El-Geneidy, "Measuring non-motorized accessibility: issues, alternatives, and execution," *J. Transp. Geogr.*, vol. 18, no. 1, pp. 133–140, 2010, doi : 10.1016/j.jtrangeo.2009.02.002.

- [16] T. Chen y R. Jou, "Using HLM to investigate the relationship between traffic accident risk of private vehicles and public transportation," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 119, pp. 148–161, 2019, doi: 10.1016/j.tra.2018.11.005.
- [17] M. Beramendi, "An analysis of the normative (non) compliance and the interactions among passengers in the Buenos Aires subway," *Cuadernos De Vivienda Y Urbanismo*, vol. 14, 2021, doi: 10.11144/Javeriana.cvu14.annc.
- [18] N. González-Cancelas, J. Vaca-Cabrero, A. Camarero-Orive y M. Macías-Párraga "Time efficiency gains from bike-metro integration: Improving accessibility and urban mobility in Quito," *Future Transp.*, vol. 6, no. 1, 2026, doi: 10.3390/futuretransp6010016.
- [19] LABRAD, Facultad de Física, Universidad de la República. "Tabla chi-cuadrado." [En línea]. Disponible en: http://labrad.fisica.edu.uy/docs/tabla_chi_cuadrado.pdf
- [20] A. Agamez Lombana, "Ciudadanos salieron a las calles para ver la llegada de los vagones del metro de Bogotá," *Publím metro Colombia*, Sep. 11, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.publimetro.co/bogota/2025/09/11/ciudadanos-salieron-a-las-calles-para-ver-la-llegada-de-los-vagones-del-metro-de-bogota/>
- [21] C. E. Castro Cetina, "¿El metro es una solución definitiva para la movilidad en Bogotá?", *Semana*, Sep. 16, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.semana.com/vehiculos/articulo/cual-sera-el-aporte-del-metro-a-la-movilidad-de-bogota-se-acabaran-los-trancones-y-la-congestion/202545/>
- [22] Metro de Medellín, "Sistema integrado." [En línea]. Disponible en: <https://www.metrodemedellin.gov.co/usuarios/sistema-integrado/>
- [23] Red Metropolitana de Movilidad, "¿Qué es Red?", [En línea]. Disponible en: <https://www.red.cl/acerca-de-red/que-es-red/>
- [24] O. González Gómez y B. Navarro Benítez, "El metro de la Ciudad de México: desarrollo y perspectiva," *Momento Económico*, no. 49, pp. 4-9, 1990. [En línea]. Disponible en: http://ru.iiec.unam.mx/2027/1/num49-articulo2_Gonzalez-Navarro.pdf