

Maestría en Ingeniería Civil con Énfasis en Tránsito y Transporte

El sistema de bicicletas compartidas como modo de acceso al sistema de transporte público. Caso de estudio: Tembici y estaciones de TransMilenio Polo y Carrera 47

**Karen Gabriela Jaimes Martín
Ingeniera Civil**

Bogotá D.C., 9 de julio de 2024



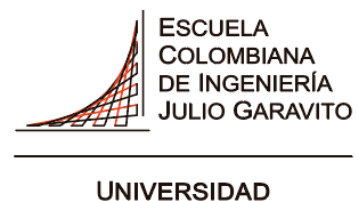
UNIVERSIDAD

El sistema de bicicletas compartidas como modo de acceso al sistema de transporte público. Caso de estudio: Tembici y estaciones de TransMilenio Polo y Carrera 47

Tesis para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte

**Ing. Mónica Marcela Suárez Pradilla, MSc., PhD.
Directora**

Bogotá D.C., 9 de julio de 2024



La tesis de maestría titulada “El sistema de bicicletas compartidas como modo de acceso al sistema de transporte público. Caso de estudio: Tembici y estaciones de TransMilenio Polo y Carrera 47”, presentada por Karen Gabriela Jaimes Martín, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte.



Directora de la tesis
Ing. Mónica Marcela Suárez Pradilla, MSc., PhD.



Jurado
Ing. Rosa Angélica Castro Rodríguez



Jurado
Ing. José Ignacio Nieto García

Bogotá D.C., 9 de julio de 2024

Agradecimientos

A mi familia, por su apoyo incondicional en los momentos que más necesité, sin ustedes esto no sería posible.

A Rodrigo, mi novio, por siempre estar conmigo durante el desarrollo de este trabajo, por su apoyo, comprensión y motivación.

A los ingenieros Roger Cardozo, Juan Nicolás González, Iván Barahona y María Fernanda Ramírez, por su guía en los diferentes temas relacionados con el trabajo, ya que su apoyo fue indispensable para culminar este proceso.

A la ingeniera Mónica Suárez, por ser la directora de este proyecto, por su apoyo y guía durante el desarrollo del trabajo, gracias a sus observaciones porque hicieron de este un mejor proyecto.

A cada una de las personas que hicieron parte de este desarrollo y que con su apoyo contribuyeron a la finalización de este trabajo.

RESUMEN

El crecimiento acelerado de las áreas urbanas ha generado sobrecarga en los servicios urbanos, especialmente en los servicios de movilidad. Es por esto que, modos como la bicicleta se han popularizado, ya que tienen ventaja en recorridos de primera y última milla, y son un complemento para los sistemas de transporte público mejorando su accesibilidad.

Por ello, el objetivo principal del presente trabajo es identificar si se utiliza el sistema de bicicletas compartidas como modo de acceso, en términos de primera y última milla, al sistema de transporte público con el que cuenta la ciudad.

Como caso de estudio se escogieron las estaciones del sistema de transporte público masivo de la ciudad de Bogotá D.C., denominadas Polo y Carrera 47. Para esto, primero se desarrolló la caracterización de la zona de estudio, luego, se diseñó y aplicó una encuesta para realizar la caracterización socioeconómica de los usuarios, además de la información respecto del viaje y los motivos por los que escogería un plan de Tembici o no, para realizar tanto el recorrido de primera o última milla, como el viaje completo. Posteriormente, se desarrolló un modelo de regresión estadístico tipo *logit*, para estimar el peso de las variables que influyen en la decisión de los usuarios.

Finalmente, se encontró que actualmente las personas no utilizan el sistema de bicicletas compartidas como modo para realizar los trayectos de primera y última milla, porque gran parte de la población no lo conoce aún, lo que afecta en gran medida la escogencia del sistema para realizar estos recorridos y el uso del transporte público.

Palabras clave: primera y última milla, transporte público, sistemas de bicicletas compartidas

ABSTRACT

The accelerated growth of urban areas has resulted in overload on urban services, especially mobility services. This is why modes like bicycles have become popular, as they have an advantage in first and last mile journeys and are a complement to public transportation systems and improving their accessibility.

Therefore, the main objective of this work is to determine the use of the bike-sharing system as a mode of access, in terms of the first and last mile, to the public transportation system available in the city.

For this study, the stations of the mass transit system in Bogotá D.C., known as Polo and Carrera 47, were selected. To achieve this, the study area was first characterized, followed by the design and implementation of a survey to gather socio-economic information from users, as well as details about their trips and the reasons for choosing or not choosing a Tembici plan, for both first/last mile trips and complete journeys. Subsequently, a statistical logit regression model was developed to estimate which variables influence users' decisions more or less.

Finally, it was found that people do not use the bike-sharing system as a mode for first and last mile journeys, and a significant portion of the population is still unaware of it, greatly impacting the choice of this system for such trips and the use of public transport.

Key words: First and last mile, public transport, bike-sharing systems

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	11
1.1.	JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2.	OBJETIVOS	14
1.2.1.	Objetivo general	14
1.2.1.	Objetivos específicos	14
1.3.	ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	15
2.	MARCOS DE REFERENCIA	15
2.1.	MARCO TEÓRICO	15
2.2.	ESTADO DEL ARTE	18
2.2.1.	Implementación de sistemas de bicicletas compartidas	18
2.2.2.	Intermodalidad con los sistemas de transporte público	19
2.2.3.	Resumen metodologías presentadas	21
3.	METODOLOGÍA	21
3.1.	FASE 1: Revisión bibliográfica	21
3.2.	FASE 2: Reconocimiento y caracterización zona de estudio	21
3.2.1.	Reconocimiento en campo de la zona	21
3.2.2.	Caracterización de la zona de estudio	22
	Identificación de la cuenca de servicio	22
	Identificación de las estaciones de Tembici en la cuenca de servicio	22
3.3.	FASE 3: Diseño y aplicación encuesta	22
3.4.	FASE 4: Procesamiento y análisis	22
3.4.1.	Procesamiento de datos	22
3.4.2.	Análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones	22
3.5.	CUADRO METODOLÓGICO	23
4.	CASO DE ESTUDIO	23
5.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	32
5.1.	FASE 1: Revisión bibliográfica	32
5.2.	FASE 2: Reconocimiento y caracterización zona de estudio	32
5.2.1.	Reconocimiento en campo de la zona	32
5.2.2.	Caracterización de la zona de estudio	33
	Identificación de la cuenca de servicio de las estaciones seleccionadas	33
	Identificación de las estaciones de Tembici en la cuenca de servicio	34

5.3.	FASE 3: Diseño y aplicación de la encuesta	35
5.3.1.	Encuesta piloto.....	35
	Diseño encuesta piloto	35
	Resultados encuesta piloto	38
5.3.1.	Encuesta definitiva	46
	Diseño encuesta definitiva	46
	Aplicación encuesta definitiva.....	49
5.4.	FASE 4: Procesamiento y análisis.....	49
5.4.1.	Procesamiento de datos.....	49
	Modelo de regresión – Viaje primera o última milla.....	49
	Resultados – Viaje origen-destino	54
5.4.2.	Análisis de resultados.....	56
	Modelo de regresión – Viaje primera o última milla.....	56
	Resultados – Viaje origen-destino	58
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
6.1.	CONCLUSIONES	59
6.2.	RECOMENDACIONES	61
7.	REFERENCIAS.....	62
8.	ANEXOS	67
	ANEXO 1: Formato encuesta definitiva	67
	ANEXO 2: Resumen de los datos encuesta definitiva.....	67
	ANEXO 3: Codificación variables	67

Índice de figuras

Figura 1 Etapas de los viajes – Primera y última milla.....	11
Figura 2 Distribución modal en Bogotá D.C.....	13
Figura 3 Evolución de la participación modal de la bicicleta.....	13
Figura 4 Participación de los viajes a pie por nivel de ingreso	16
Figura 5 Participación de los viajes en bicicleta por nivel de ingreso	16
Figura 6 Capacidad por modo	17
Figura 7 Cuadro metodológico	23
Figura 8 Concentración de estaciones del sistema de bicicletas compartidas Tembici	24
Figura 9 Distancia promedio de caminata en cuadras para acceder al transporte público por localidad	25
Figura 10 Distancia promedio de caminata en cuadras para acceder a TransMilenio por estrato ...	26
Figura 11 Estratificación socioeconómica – Barrios Unidos.....	26
Figura 12 Estratificación socioeconómica – Candelaria	26
Figura 13 Mapa de usos del suelo en la localidad de Barrios Unidos	27
Figura 14 Mapa de concentración origen de viajes en bicicleta	28
Figura 15 Mapa de concentración destino de viajes en bicicleta.....	28
Figura 16 Mapa de concentración origen de viajes en TransMilenio.....	29
Figura 17 Mapa de concentración destino de viajes en TransMilenio	29
Figura 18 Estaciones de TransMilenio y Tembici – Localidad de Barrios Unidos.....	30
Figura 19 Concentración de estaciones del sistema de bicicletas compartidas Tembici – Localidad Barrios Unidos	31
Figura 20 Buffer de 441 metros alrededor de la estación de TransMilenio Carrera 47	32
Figura 21 Buffer de 441 metros alrededor de la estación de TransMilenio Polo	32
Figura 22 Ubicación entrada estación Carrera 47	33
Figura 23 Ubicación entradas estación Polo.....	33
Figura 24 Cuenca de servicio estación de TransMilenio Carrera 47	34
Figura 25 Cuenca de servicio estación de TransMilenio Polo.....	34
Figura 26 Estaciones de Tembici dentro de la cuenca de servicio de la estación Polo	35
Figura 27 Diseño encuesta piloto	37
Figura 28 Distribución por género estación de TransMilenio Carrera 47.....	38
Figura 29 Distribución por género estación de TransMilenio Polo.....	38
Figura 30 Distribución por edad y género estación de TransMilenio Carrera 47	39
Figura 31 Distribución por edad y género estación de TransMilenio Polo.....	39
Figura 32 Distribución por estrato socioeconómico estación de TransMilenio Carrera 47.....	39
Figura 33 Distribución por estrato socioeconómico estación de TransMilenio Polo	39
Figura 34 Distribución por nivel de escolaridad estaciones de TransMilenio Carrera 47 y Polo	40
Figura 35 Distribución por ocupación estaciones de TransMilenio Carrera 47 y Polo	41
Figura 36 Motivo de viaje estaciones de TransMilenio Carrera 47 y Polo.....	42
Figura 37 Modo de acceso a la estación de TransMilenio Carrera 47	42
Figura 38 Modo de acceso a la estación de TransMilenio Polo	42
Figura 39 Costo del modo de acceso a la estación de TransMilenio Carrera 47	43
Figura 40 Costo del modo de acceso a la estación de TransMilenio Polo	43
Figura 41 Tiempo de recorrido acceso a las estaciones de TransMilenio Carrera 47 y Polo.....	44

Figura 42 Distancia de recorrido para acceder a la estación de TransMilenio Carrera 47	44
Figura 43 Distancia de recorrido para acceder a la estación de TransMilenio Polo	44
Figura 44 Frecuencia de viaje estación de TransMilenio Carrera 47	45
Figura 45 Frecuencia de viaje estación de TransMilenio Polo	45
Figura 46 ZAT en la cuenca de servicio estación de TransMilenio Carrera 47	48
Figura 47 ZAT en la cuenca de servicio estación de TransMilenio Polo	48
Figura 48 Elección del plan para el viaje completo	55
Figura 49 Motivos por los que escogería un plan.....	55
Figura 50 Motivos por los que no escogería un plan	56

Índice de tablas

Tabla 1 Número de estaciones de Tembici por localidad	24
Tabla 2 Distribución de usos de suelo en la localidad de Barrios Unidos.....	27
Tabla 3 Viajes generados y atraídos en Bogotá D.C. y en la localidad de Barrios Unidos	30
Tabla 4 Preguntas encuesta piloto	36
Tabla 5 Costo total del viaje estaciones de TransMilenio Carrera 47 y Polo	43
Tabla 6 Preguntas encuesta definitiva.....	46
Tabla 7 Viajes generados y atraídos por ZAT	48
Tabla 8 Número de encuestas por estación	49
Tabla 9 Modelos de regresión	51
Tabla 10 Modelos de regresión logística	51
Tabla 11 Variable a explicar	51
Tabla 12 Resultados modelo de regresión logit binomial	53
Tabla 13 Matriz de confusión	53
Tabla 14 Odd Ratio para modelo logit binomial.....	56

1. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel global, el crecimiento acelerado de las áreas urbanas en las últimas décadas señala que el porcentaje de urbanización se ha incrementado hasta un 55% para el año 2018 y se estima que para el 2030, este porcentaje alcance un 70% (ONU, 2019; OMS, 2021). Además, solo entre el 20 y el 25% de la expansión urbana se encuentra planificada correctamente (ONU, 2016). Así, existe una sobrecarga en los servicios urbanos y particularmente en los servicios de movilidad para suplir las necesidades básicas de las personas que habitan estas áreas.

Banister (2008) relaciona la rápida expansión urbana con el aumento de las distancias y tiempos de viaje en las ciudades, esto ha derivado en una alta motorización, provocando congestión y contaminación en los centros urbanos. Actualmente, las ciudades son responsables del 70% del total de emisiones de gases de efecto invernadero y utilizan más del 60% de los recursos. Además, 9 de cada 10 personas que viven en zonas urbanas están expuestas a respirar aire contaminado (ONU, s.f.).

Aunque las ciudades han avanzado en la implementación de los sistemas de transporte público, la falta de planificación y articulación de los procesos urbanos y de transporte ha generado una cobertura insuficiente. Se estima que solo el 53% de las personas que viven en áreas urbanas tienen acceso directo al transporte público, según la ONU (s.f.). Generalmente, los viajes involucran tres etapas (Figura 1), esto ha generado problemas de primera y última milla, etapas del viaje que requieren mayor accesibilidad espacial y que son decisivas para que los usuarios utilicen el transporte público para movilizarse (Kåresdotter et al., 2022).

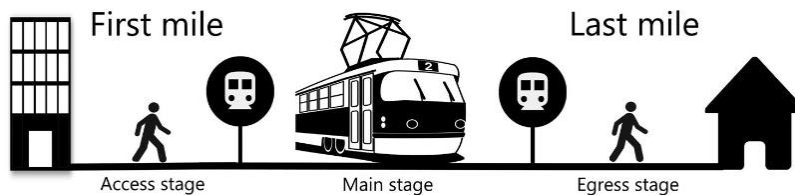


Figura 1 Etapas de los viajes – Primera y última milla
Fuente: Kåresdotter et al., 2022

En general, los problemas de primera y última milla se presentan cuando la distancia de recorrido entre el lugar de origen y el sistema de transporte público o el sistema de transporte público y el lugar de destino, superan la distancia que los usuarios están dispuestos a caminar, debido a la falta de conectividad de los sistemas de transporte público con otros modos como la bicicleta, lo que deriva en el incremento del uso del vehículo privado como modo principal en los diferentes viajes (Kåresdotter et al., 2022).

De otro lado, la Organización Mundial de la Salud (2022), identificó que en todo el mundo fallecen anualmente aproximadamente 1.3 millones de personas a causa de colisiones de tránsito y es la principal causa de muerte de niños, adolescentes y adultos jóvenes de entre 5 y 29 años. Es importante señalar que las muertes relacionadas con colisiones de tránsito son significativamente

más altas en países de bajos ingresos que en países de altos ingresos y que casi la mitad de las muertes afectan a los usuarios viales más vulnerables.

En este contexto, el “*Plan Mundial Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021-2023*”, establecido por la OMS (2021), tiene como objetivo reducir por lo menos en un 50% el número de muertes y traumatismos causados por el tránsito durante este período. Teniendo en cuenta que, como se mencionó previamente, para el año 2030, se espera que la mayoría de la población mundial viva en zonas urbanas se considera crucial invertir en sistemas de transporte público, ya que tienen mayor capacidad que los vehículos privados, reduciendo así la exposición a colisiones y mejorando la seguridad vial. Finalmente, se espera que este enfoque contribuya a alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 11 “*Ciudades y comunidades sostenibles*”, específicamente la meta 11.2, que indica:

11.2 “De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad”. (ONU, s.f.)

Para alcanzar la anterior meta, es necesario promover la articulación entre el transporte multimodal, entre modos motorizados y no motorizados, y la planificación del territorio. Esto con el fin de garantizar sistemas seguros, además de abordar las necesidades de la población para facilitar los viajes intermodales y así disminuir los tiempos de espera y los riesgos de los peatones y ciclistas causados por los modos motorizados. Por ello, para alcanzar algunas de las medidas y contribuir con la meta del Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021-2023, es necesario desincentivar el uso del vehículo privado como modo principal en los viajes urbanos, facilitar la interacción intermodal entre las bicicletas de uso compartido y las estaciones de transporte público y garantizar que los desplazamientos a pie y en bicicleta sean tan seguros como los que se realizan en modos motorizados (OMS, 2021).

En el contexto de América Latina y el Caribe, se ha observado que la población se ha vuelto cada vez más urbana, así, para el año 2025 el 84% de la población en América Latina residirá en zonas urbanas, lo que implica un aumento en la demanda de servicios y del crecimiento económico. En este sentido, se ha evidenciado que las personas cuando tienen un mayor poder adquisitivo aumentan la tasa de motorización, aunque en comparación con países industrializados, estas tasas son relativamente bajas, por lo que es importante aprovechar la oportunidad para implementar sistemas activos de movilidad como la bicicleta. Es fundamental destacar los beneficios en la salud, accesibilidad y equidad que se derivan del uso de la bicicleta, derribando así el concepto social de mayor estatus asociado a la tenencia de vehículo privado en los estratos medios y altos, además de reforzar el menor costo asociado a los viajes realizados en bicicletas para los grupos de menos ingresos (Rodríguez et al., 2017).

Por otro lado, en la ciudad de Bogotá D.C., la Encuesta de Movilidad de 2019 indica que el 67% de los más de 13 millones de viajes diarios se realizan en modos sostenibles, tal como se observa en la

Figura 2. Estos viajes utilizan preferentemente buses intermunicipales, transporte colectivo y SITP, TransMilenio, bicicleta y modos peatonales (correspondientes a viajes de más de 15 minutos).

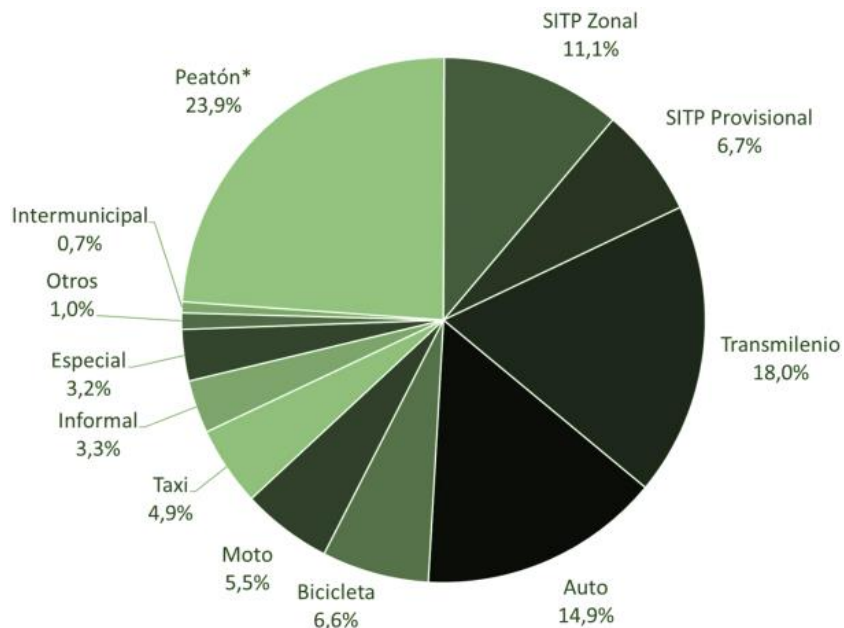


Figura 2 Distribución modal en Bogotá D.C.
Fuente: Secretaría Distrital de Movilidad, 2019

Históricamente, la ciudad de Bogotá D.C. se ha considerado ciclista, lo que se evidencia en la creciente participación del uso de la bicicleta para la realización de los viajes, tal como se observa a continuación:

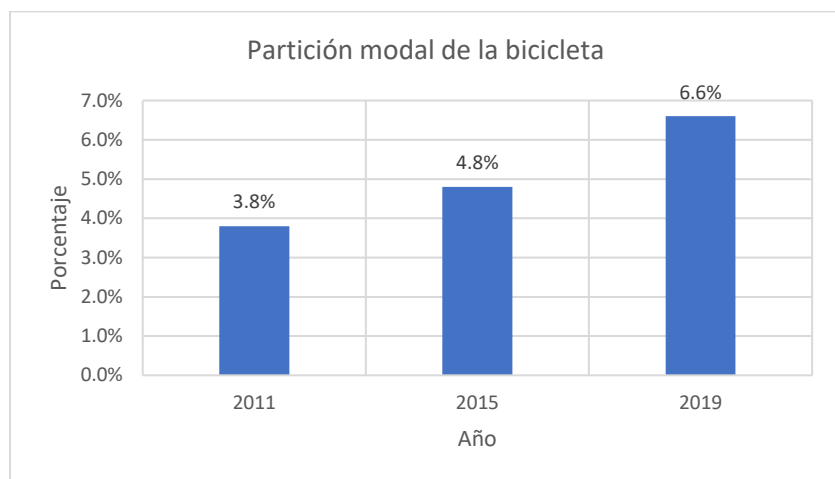


Figura 3 Evolución de la participación modal de la bicicleta
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Encuesta de Movilidad, 2019

Adicionalmente, es importante destacar el impacto que tuvo la pandemia por COVID-19 en los viajes que se realizan en bicicleta en la ciudad de Bogotá, pues el uso de la bicicleta aumentó significativamente durante este período, por ejemplo, en abril de 2020 se registraban 360.000 viajes diarios y en diciembre de 2020, esta cifra aumentó a 650.000, lo que significa un incremento del 80% de los viajes que se realizan diariamente en este modo. Durante ese periodo la ciudad habilitó 84

km de ciclovías temporales, adicionales a los 550 kilómetros de ciclorrutas permanentes, en respuesta al aumento en los viajes en bicicleta (Ramírez, L., 2021).

Esta tendencia se mantuvo luego de la pandemia de acuerdo con la Secretaría Distrital de Movilidad (2022), ya que se registran más de 680.000 viajes diarios en bicicleta.

Actualmente, la ciudad cuenta con más de 600 kilómetros de ciclorrutas permanentes, lo que la convierte en la segunda ciudad en América Latina que tiene la red de cicloinfraestructura más extensa (Secretaría Distrital de Movilidad, 2023). De acuerdo con Copenhagenize (2019), Bogotá es la ciudad número 12 dentro de las 20 ciudades más amigables con la bicicleta, sin embargo, aún falta camino para convertirse en líder mundial, además, los sistemas de bicicletas públicas se han implementado recientemente, por lo que aún se desconoce su efecto en el ciclismo urbano y en la intermodalidad con los sistemas de transporte público.

La intermodalidad entre las bicicletas y el transporte público contribuye a una mejor calidad de vida e integra con mayor eficiencia las tres etapas del viaje (Rivas et al., 2021), como se ha podido constatar en ciudades como Delft, Países Bajos (Ma et al., 2020), Washington D.C. y Minneapolis, Estados Unidos (Martin y Shaheen, 2014) y Nanjing, China (Ji et al., 2016).

De acuerdo con lo anterior, el propósito de este trabajo es *determinar si el sistema de bicicletas compartidas de Bogotá D.C. conocido como Tembici, contribuye a mejorar la accesibilidad del sistema de transporte masivo de la ciudad, TransMilenio, y se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Es el sistema de bicicletas compartidas un modo de acceso al sistema de transporte público masivo en la ciudad de Bogotá D.C.?*

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Determinar la utilización del sistema de bicicletas compartidas como modo de acceso en términos de primera y última milla, al sistema de transporte público masivo de la ciudad de Bogotá D.C.

1.2.1. Objetivos específicos

1. Realizar una revisión del estado del arte que permita visualizar las principales metodologías utilizadas para evaluar la intermodalidad entre sistemas de bicicletas y sistemas de transporte público.
2. Caracterizar el caso de estudio identificando la cuenca de servicio de las estaciones de TransMilenio a estudiar.
3. Caracterizar los usuarios aplicando una encuesta, con el fin de recolectar la información necesaria en el desarrollo del estudio.
4. Determinar la relación de variables socioeconómicas e información de viaje, en la elección o no de un plan del sistema de bicicletas compartidas para realizar el recorrido de primera o última milla, a través de un modelo estadístico.

1.3. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

En el capítulo 2 se realiza la revisión bibliográfica correspondiente al marco teórico y estado del arte. En el capítulo 3 se describe la metodología a seguir para el desarrollo del trabajo. En el capítulo 4 se realiza la descripción del caso de estudio. En el capítulo 5 se realiza y desarrolla la aplicación de la metodología. Finalmente, en el capítulo 6 se establecen las conclusiones y recomendaciones, y en el capítulo 7 se incluyen las referencias.

2. MARCOS DE REFERENCIA

2.1. MARCO TEÓRICO

De acuerdo con el Grupo Asesor de Alto Nivel del secretario general de la ONU sobre Transporte Sostenible (2016), el transporte sostenible es “la provisión de servicios e infraestructuras para la movilidad de personas y mercancías - favoreciendo el desarrollo económico y social en beneficio de las generaciones actuales y futuras - de forma segura, asequible, accesible, eficiente y resistente, al tiempo que se minimizan las emisiones de carbono y de otro tipo y el impacto medioambiental” (p. 7)

Así las cosas, se establece la importancia de tener un transporte accesible y eficiente para de esta manera tener un desarrollo sostenible y apropiado en las ciudades. Por ello es necesario implementar sistemas de transporte público intermodal que faciliten el acceso a todos los usuarios.

El transporte no motorizado, actualmente denominado movilidad activa, abarca los desplazamientos a pie, en bicicleta, en patines, monopatines y patinetas, y juega un papel fundamental en el desarrollo de las ciudades, haciendo que sean accesibles, seguras, inclusivas y verdes (Rivas et al., 2021). Sin embargo, en las zonas de menores ingresos los desplazamientos a pie o en bicicleta, están más relacionados con la asequibilidad (relación entre la carga financiera a que se enfrentan los hogares, especialmente por el uso del transporte público y el ingreso neto de los mismos) que, con la sostenibilidad. Además, estos sectores, generalmente ubicados en las periferias de la ciudad, tienen una oferta insuficiente de infraestructura por lo que requieren una mayor integración del transporte público y la bicicleta para mejorar el acceso y la calidad de vida (Rivas et al., 2021).

En las ciudades Latinoamericanas los viajes peatonales tienen una mayor representación en los grupos de bajos ingresos, tal como se muestra en la Figura 4.

Figura 2.1 Participación de los viajes a pie en el transporte, por nivel de ingreso, en tres ciudades latinoamericanas



Fuente: Elaboración de los autores a partir de encuestas origen-destino.
 Figura 4 Participación de los viajes a pie por nivel de ingreso
 Fuente: Rivas et al., 2021

En cambio, el uso de la bicicleta entre los diferentes estratos socioeconómicos no es tan claro, tal como se ve en la Figura 5. Si se considera que el uso de la bicicleta reduce los costos de los viajes, se puede observar que el estrato más bajo no es el que captura más usuarios, lo que se explica en función de la inversión inicial que representa el costo de la bicicleta (Rivas et al., 2021).

Figura 2.2 Participación de viajes en bicicleta en el transporte, por nivel de ingreso, en tres ciudades latinoamericanas



Fuente: Elaboración de los autores a partir de encuestas origen-destino.
 Figura 5 Participación de los viajes en bicicleta por nivel de ingreso
 Fuente: Rivas et al., 2021

Asociado a lo anterior, históricamente los vehículos privados son los que más inversión pública tienen y aunque ocupan la mayoría del espacio público, generalmente mueven una cantidad pequeña de la población, aun cuando son los que más consumen energía, contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero al medioambiente y tienen una alta incidencia en el riesgo de siniestros viales, especialmente para los grupos más vulnerables en la vía (Rodríguez et al., 2017).

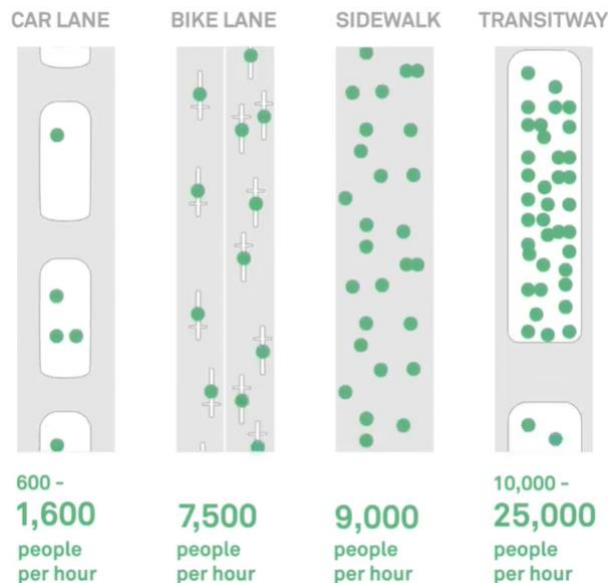


Figura 6 Capacidad por modo
Fuente: NACTO, 2019

Las zonas de bajos ingresos son las que tienen mayores problemas de movilidad, que generalmente se ven resueltos por la informalidad, pues esta cubre las necesidades que el transporte público no supe, por lo que es importante abordar la informalidad en la provisión de los servicios de transporte de manera que se garanticen condiciones adecuadas de trabajo, además de seguridad tanto para los conductores como para los usuarios (Torres, 2020a).

Los sistemas públicos de bicicletas compartidas se enmarcan en el préstamo o alquiler de bicicletas, por lo que permiten tomar y regresar las bicicletas en cualquiera de las estaciones ubicadas dentro del polígono determinado para la operación del sistema. Generalmente, las estaciones se encuentran espaciadas entre 400 y 600 metros entre ellas, además, las bicicletas se encuentran disponibles la mayor parte del tiempo, incluso hay sistemas que prestan el servicio las 24 horas del día todo el año. Su implementación y uso busca incentivar el uso de la bicicleta, sobre todo para nuevos usuarios de la misma, además de cubrir esos viajes cortos tanto en distancia como en duración. (Montezuma, 2015)

Sin embargo, en la mayoría de los países de América Latina se ubican en sectores de altos ingresos que se corresponden con los usos de suelo más atractivos. Así, en los sectores populares o periféricos de las ciudades es difícil encontrarlas. Además, el acceso a estos sistemas para las personas de bajos ingresos presenta un reto, ya que los costos para utilizar los sistemas de bicicletas compartidas pueden ser iguales o superiores a los del transporte público y para adquirirlos se puede requerir algún tipo de tarjeta bancaria. (Rivas et al., 2021)

Por ello, de acuerdo con Ramírez, M. (2022), las bicicletas y en general los vehículos de micromovilidad, que son los vehículos de pequeñas dimensiones, livianos y que se mueven con energías limpias (Torres, 2020b), sirven para ayudar a resolver los problemas de primera y última milla, además estos pueden ser tanto propios como públicos, bien sea un servicio prestado por la

ciudad o por empresas privadas. Adicionalmente, es necesario garantizar que los sistemas sean rentables y que al mismo tiempo haga que las ciudades sean más equitativas e inclusivas (Torres, 2020b). Finalmente, pueden servir como instrumento para la redistribución de la accesibilidad y los costos y beneficios de la movilidad urbana (Rodríguez et al., 2017).

Se ha evidenciado también, que el uso de la bicicleta hace que las estaciones de transporte público sean mucho más atractivas para el usuario, si se garantiza una correcta conexión intermodal entre estos modos (Centro de Estudios sobre Redes, Transportes, Urbanismo y Construcción Pública [CERTU], 2013). Para lograrlo, es importante destacar que se requieren conexiones de infraestructura seguras, además de suficiente espacio para aparcamiento de bicicletas en las estaciones de transporte público, bien sea a bajo costo o de forma gratuita (Moscoso et al., 2019). Por consiguiente, los sistemas de bicicletas compartidas son una herramienta que tiene relevancia en el momento de fomentar el uso de la bicicleta y la intermodalidad con los diferentes sistemas de transporte público.

Aunque la bicicleta por sí sola, y en general los diferentes modos activos, tienen diferentes limitaciones, se hace necesaria la integración intermodal con los diferentes sistemas de transporte público, garantizando así una mayor flexibilidad y cobertura en diferentes zonas de la ciudad (Rivas et al., 2021).

2.2. ESTADO DEL ARTE

La amplia expansión urbana ha potenciado el surgimiento de grandes zonas de periferia en las ciudades, en estos sectores existe una alta demanda de viajes y una deficiente oferta de transporte público. Es por esto que, a lo largo de este título, se realiza la revisión de diferentes publicaciones enmarcadas en cómo la implementación de los sistemas de bicicletas compartidas cambia los patrones de viaje en las ciudades, además de su intermodalidad y la de otros modos, con el transporte público.

2.2.1. Implementación de sistemas de bicicletas compartidas

Narayanan et al. (2023) investigan los factores que influyen el cambio modal del vehículo particular al sistema de bicicletas compartidas en la ciudad de Alejandrópolis, Grecia. El trabajo se realizó a través de la recolección de encuestas en la ciudad. Para el procesamiento de datos, se desarrolló un modelo de regresión *logit* binomial, además de un modelo de *Machine Learning* denominado *random forest* o bosque aleatorio, para así realizar una comparación. Como resultado se obtuvo que, de acuerdo con el modelo *logit*, el costo asociado a los sistemas de bicicletas compartidas resulta importante en el momento de realizar el cambio modal desde el vehículo privado, por esto, los subsidios que se brinden al sistema pueden generar una mayor atracción por parte de los conductores. Finalmente, el modelo *random forest* mostró que se ajusta a los datos de forma levemente mejor en comparación con el modelo *logit* binario.

Ma et al. (2020) estudian el cambio modal de las personas hacia los sistemas de bicicletas compartidas en la ciudad de Delft, Países Bajos. Para esto, primero se realizó una caracterización de

los sistemas de bicicletas compartidas existentes y se realizaron encuestas a usuarios y no usuarios de estos sistemas, por último, se realizó un análisis de regresión utilizando el modelo *logit* binario para así encontrar la correlación entre el cambio modal y las variables establecidas en las encuestas. Como resultado del estudio, se concluyó que las características de los usuarios influyen y están relacionados con la elección del sistema de bicicletas compartidas. Además, se establece que el uso de las bicicletas compartidas disminuye los desplazamientos a pie, en bicicleta privada, en autobús, en tranvía y en automóvil, y que particularmente, se evidenció el aumento del uso del tren a partir de la implementación de los sistemas de bicicletas compartidas.

Martin y Shaheen (2014) investigan cómo la implementación de sistemas de bicicletas compartidas cambia los patrones de viaje en Washington D.C. y Minneapolis, Estados Unidos. Se realizaron encuestas geocodificadas a los usuarios, en las que se hicieron preguntas para recoger datos demográficos y el cambio modal en respuesta al uso de las bicicletas compartidas. Con los resultados obtenidos, se realizaron modelos de regresión ordinal, para así establecer la importancia de cada una de las variables y su influencia en el cambio modal. Como resultado se obtuvo que los sistemas de bicicletas compartidas proporcionan alternativas y pueden ser un apoyo para el transporte público, representando un papel importante en la solución de problemas de primera y última milla, ampliando así la accesibilidad del transporte público en diferentes zonas. También se estableció que, en áreas densas poblacionalmente, los sistemas de bicicletas compartidas ofrecen conexiones rápidas y sustituyen al transporte público en la realización de viajes cortos. Finalmente, los resultados del estudio indican que, el sistema de bicicletas compartidas puede funcionar como complementario al sistema de transporte público en ciudades pequeñas y medianas, y en ciudades grandes como un sustituto, aliviando así el transporte en las horas pico. Además, mejora la movilidad urbana y disminuye el uso del automóvil.

Fan et al. (2019) estudian las elecciones del modo para realizar los trayectos de primera y última milla, antes y después de la implementación de los sistemas de bicicletas compartidas en Beijing, China. Para esto, se realizó la recolección de la información a través del diseño y aplicación de un cuestionario. El procesamiento de los datos recolectados se hizo utilizando un modelo de regresión *logit* multinomial para analizar la selección de modo de los encuestados. Como resultado se obtuvo que, antes de la implementación de los sistemas de bicicletas compartidas, caminar es la primera opción escogida para realizar estos recorridos, además que los hombres prefieren utilizar la bicicleta en comparación con las mujeres. Luego de la implementación de los sistemas, las bicicletas compartidas se convierten en la primera opción para los usuarios en el momento de realizar los recorridos de primera y última milla. Finalmente, se propone que una de las soluciones a los problemas de primera y última milla es la implementación de sistemas de bicicletas compartidas en áreas en que las estaciones de transporte público se encuentren a más de 500m de distancia.

2.2.2. Intermodalidad con los sistemas de transporte público

Kong et al. (2020) estudian cómo los sistemas de bicicletas compartidas sustituyen, se integran y complementan al transporte público en Boston, Chicago, Washington D.C. y Nueva York, Estados Unidos. Para esto, se utilizaron los datos de viajes reales en los sistemas de bicicletas compartidas, tanto entre semana como en fin de semana. Estos fueron procesados a través de un modelo de regresión tipo *logit*. Los resultados indican que lo que determina principalmente la relación de los

sistemas de bicicletas compartidas con los sistemas de transporte público es si el viaje se realiza entre semana o en fin de semana, en qué hora en el día y quién lo realiza. Adicionalmente, se evidenció que los residentes de las ciudades tienen mayor probabilidad de utilizar los sistemas de bicicletas compartidas en conjunto con el transporte público entre semana. El fin de semana, se evidencia una mayor concentración de sustitución del transporte público por los sistemas de bicicletas compartidas, sin embargo, entre semana, la integración de estos sistemas excede a la sustitución del transporte público por las bicicletas. También se encontró que la mayor parte de viajes en que los sistemas de bicicletas complementan (áreas en que el transporte público no tiene buena cobertura) al transporte público, se realizan tarde en la noche o temprano en la mañana, cuando el transporte público no tiene o provee un servicio limitado. Finalmente, se concluye que los viajes en bicicletas compartidas que se integran con el transporte público mejoran la experiencia del viaje y a largo plazo, reduce la dependencia del vehículo privado.

Espinel (2019) analiza las preferencias de los usuarios de nivel socioeconómico medio alto con respecto al uso de modos de transporte ilegal para acceder al sistema integrado de transporte de la ciudad de Bogotá D.C., Colombia. Para esto, realizó la recolección de datos a través de encuestas de preferencias reveladas y declaradas. Se realizó el procesamiento estadístico, utilizando un modelo de elección discreta *logit* multinomial. Como resultado, se determinó que las personas de nivel socioeconómico medio alto prefieren pagar para disminuir el tiempo de espera y de viaje, mientras que las personas de nivel socioeconómico bajo prefieren reducir el costo, aunque se aumente el tiempo de espera y de viaje. Además, se encontró que, a corto plazo, el transporte ilegal puede reducirse si se tiene una mayor eficiencia en las rutas del servicio complementario del sistema integrado de transporte. En el mediano y largo plazo, esta disminución se puede realizar mediante la implementación de cicloparqueaderos en la estación, así como la mejoría de la infraestructura urbana y la formalización del bicitaxi para el intercambio modal.

Ji et al. (2016) investigan la elección del modo para acceder al sistema ferroviario, especialmente el uso de la bicicleta pública, en tres distritos de la ciudad de Nanjing, China. Para esto, se realizó la caracterización de los sistemas de bicicletas compartidas existentes, además de encuestas en lugares próximos a 15 estaciones del transporte ferroviario y en las estaciones de bicicletas compartidas cercanas. Luego de esto, se realizó la aplicación de modelos *logit* multinomial y anidado para determinar los factores que tienen influencia en la elección de los diferentes modos para acceder al sistema de transporte ferroviario. Como resultado se obtuvo que las mujeres son las que más utilizan la bicicleta privada, lo que se puede deber al patrón de viajes encadenados que deben realizar, también que el uso de la bicicleta pública para acceder al transporte ferroviario es más popular entre las personas jóvenes y de mayores ingresos, lo que puede explicar el bajo uso del sistema de bicicletas compartidas en personas mayores, es la baja experiencia con la tecnología requerida para el uso del mismo. Por lo anterior, la promoción del sistema de bicicletas puede implicar un acceso desigual en las personas mayores y de menos ingresos. Por último, se estableció que las personas que más usan las bicicletas públicas para acceder al sistema ferroviario son las que realizan viajes por motivo de estudio y trabajo, por lo que es imperativo garantizar la disponibilidad de bicicletas en las horas pico.

López y Valdivieso (2019) estudian la accesibilidad de la población a las diferentes infraestructuras específicas para la bicicleta, así como la intermodalidad con otros modos de transporte en Zaragoza, España. Para realizar el estudio, se hizo a través de un sistema de información geográfica, en el que se implementaron capas de la red de carriles bici, las estaciones del sistema de bicicletas públicas, los principales equipamientos urbanos, las paradas de transporte público y la población a nivel de manzana. Teniendo estos datos, se realizaron mapas con buffers de 150, 300 y 500 metros alrededor de la red de carriles bici y las estaciones del sistema de bicicletas. Con esto se valoró la accesibilidad de la población a esta infraestructura, además de la conexión con los sistemas de transporte público que hay en la ciudad. Como resultado, se concluyó que el sistema de bicicletas compartidas debe garantizar una mejor conexión con la red de carriles bici y otros modos de transporte, para así potenciar la movilidad sostenible, por lo que una reubicación de las estaciones cerca de las paradas del tranvía y tren de cercanías contribuiría a esto. Además, teniendo en cuenta las peticiones de los usuarios, el sistema de bicicletas compartidas podría extenderse a otras zonas de la ciudad.

2.2.3. Resumen metodologías presentadas

Como resultado de la revisión de los trabajos descritos, se identifica que se utilizan metodologías similares, en las que se evalúa como los sistemas de bicicletas compartidas cambian los patrones de viaje, así como su integración o sustitución de los sistemas de transporte público. En general primero se realiza una caracterización de los sistemas de bicicletas compartidas existentes, luego la aplicación de encuestas de preferencias reveladas y/o declaradas para hacer una caracterización socioeconómica y de preferencia de modos y, por último, estos datos se procesan a través de un modelo estadístico, para determinar la influencia de las diferentes variables en la decisión del uso o no del sistema de bicicletas compartidas u otros modos. Además, se puede evaluar la accesibilidad de la población a los sistemas y la caminabilidad.

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente trabajo y teniendo en cuenta la revisión del estado del arte y de los trabajos que se han desarrollado en el área de interés, se plantea una metodología estructurada en cuatro fases, para estudiar la utilización del sistema de bicicletas compartidas como modo de acceso al sistema de transporte público:

3.1. FASE 1: Revisión bibliográfica

Se continua la revisión bibliográfica, con el fin de ampliar lo descrito en este documento y obtener un mejor análisis de los resultados.

3.2. FASE 2: Reconocimiento y caracterización zona de estudio

3.2.1. Reconocimiento en campo de la zona

Se realizará una visita de campo para reconocer la zona de estudio, identificando la ubicación exacta de las estaciones de TransMilenio escogidas, así como los posibles puntos de toma de información para el desarrollo del trabajo.

3.2.2. Caracterización de la zona de estudio

Identificación de la cuenca de servicio

Teniendo como base la malla vial de la ciudad y la distancia máxima de recorrido, se realizará la identificación de la cuenca de servicio o área de cobertura de las estaciones de TransMilenio seleccionadas, con el propósito de establecer la zona de accesibilidad de las estaciones.

Identificación de las estaciones de Tembici en la cuenca de servicio

Se realizará la identificación de las estaciones de Tembici dentro de la cuenca de servicio de la estación de TransMilenio seleccionada, para así establecer cuáles estaciones pueden ser las utilizadas para acceder al sistema de TransMilenio de la ciudad, resaltando que solo una de las estaciones del sistema de transporte público cuenta con estaciones de bicicletas compartidas a su alrededor.

3.3. FASE 3: Diseño y aplicación encuesta

Se realizará el diseño de la encuesta para así recolectar la información necesaria para cumplir con el objetivo principal del trabajo. Para esto se realizarán preguntas respecto de la caracterización socioeconómica, motivos de viaje y modo de acceso a las estaciones de TransMilenio.

Posteriormente, se realizará la aplicación de la encuesta, en la cuenca de servicio de las estaciones de TransMilenio, para así recolectar la información para la muestra determinada de los usuarios.

3.4. FASE 4: Procesamiento y análisis

3.4.1. Procesamiento de datos

Se realizará la tabulación y organización de los datos recolectados, para presentar los resultados obtenidos. Para esto se utilizará un modelo estadístico tipo *logit*, para tener un procesamiento cuantitativo, con el fin de establecer las preferencias y determinar la incidencia de diferentes variables en la decisión de los usuarios, para así proceder con el análisis de resultados.

3.4.2. Análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones

Se realizará el análisis de la información resultado del procesamiento de datos, para así determinar y concluir respecto a los objetivos planteados para este estudio.

3.5. CUADRO METODOLÓGICO

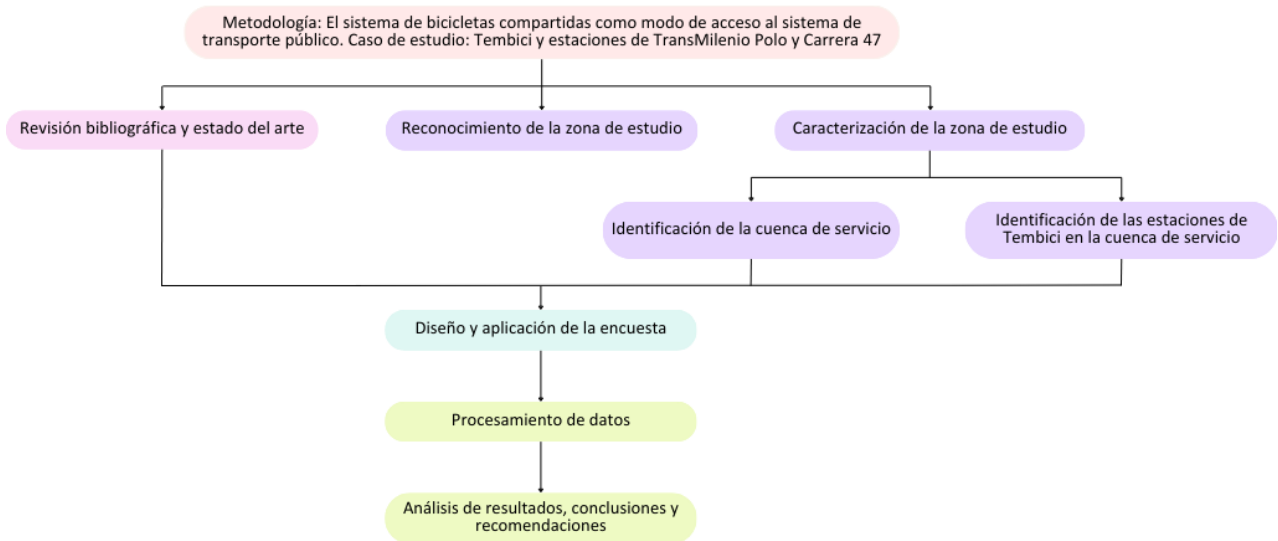


Figura 7 Cuadro metodológico
Fuente: Elaboración propia

4. CASO DE ESTUDIO

La ciudad de Bogotá D.C., capital de Colombia, cuenta actualmente con una población de 7.929 millones de habitantes, de los cuales el 52% corresponde a mujeres y el 48% a hombres. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2023). Bogotá se encuentra dividida administrativamente en 20 localidades, de las cuales 8 cuentan con área rural. Asimismo, de acuerdo con la Encuesta de Movilidad de 2019, se realizan más de 13 millones de viajes diarios en la ciudad.

El sistema integrado de transporte público - SITP, es el sistema que ofrece distintos servicios de transporte en la ciudad, este se encuentra conformado actualmente por el sistema troncal, que incluye rutas alimentadoras, operado por TransMilenio S.A., el cable aéreo TransMiCable, y el componente zonal que se divide en buses urbanos (azul, amarillo y verde), especiales (vino tinto) y complementarios (naranja).

El sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Bogotá D.C., operado por la empresa Tembici, inició su funcionamiento en el mes de septiembre de 2022. Para septiembre de 2023, cumplido un año de operación del sistema, se registraron más de 1.200.000 viajes realizados, 3.8 millones de km recorridos, más de 98.000 usuarios registrados, con edades principalmente entre los 29 y 38 años. (Rivera, Y., 2023)

El sistema actualmente cuenta con aproximadamente 300 estaciones y 3.300 bicicletas, distribuidas de la siguiente manera: 1.500 bicicletas mecánicas, 1.500 bicicletas eléctricas, 150 manocletas y 150 bicicletas con cajón (Tembici, s.f.).

Para delimitar la zona de estudio, se parte de que el sistema Tembici no abarca una cobertura en toda la ciudad de Bogotá D.C., por lo que es el primer criterio tenido en cuenta para realizar esta delimitación. De acuerdo con los datos de Tembici, la cobertura de las estaciones se encuentra en seis localidades de la ciudad, que son: Usaquén, Chapinero, Barrios Unidos, Santa Fe, Teusaquillo y Candelaria (Tembici, s.f.).

De acuerdo con los datos abiertos de la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, a continuación, se muestra un mapa de calor con la concentración de las estaciones de Tembici a lo largo de las localidades mencionadas.

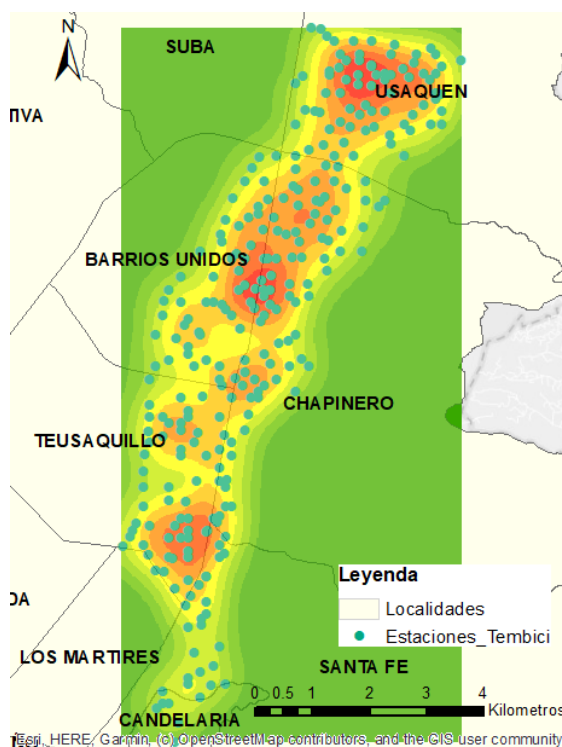


Figura 8 Concentración de estaciones del sistema de bicicletas compartidas Tembici

Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de Mapas Bogotá y Secretaría Distrital de Movilidad

A continuación, en la Tabla 1 se muestra el número de estaciones de Tembici por localidad:

Localidad	Estaciones Tembici
Usaquén	73
Barrios Unidos	54
Chapinero	85
Teusaquillo	56
Candelaria	7
Santa Fe	21
Total	296

Tabla 1 Número de estaciones de Tembici por localidad

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, teniendo en cuenta los datos de la Encuesta de Movilidad de 2019, las distancias de caminata para acceder al transporte público se muestran a continuación:

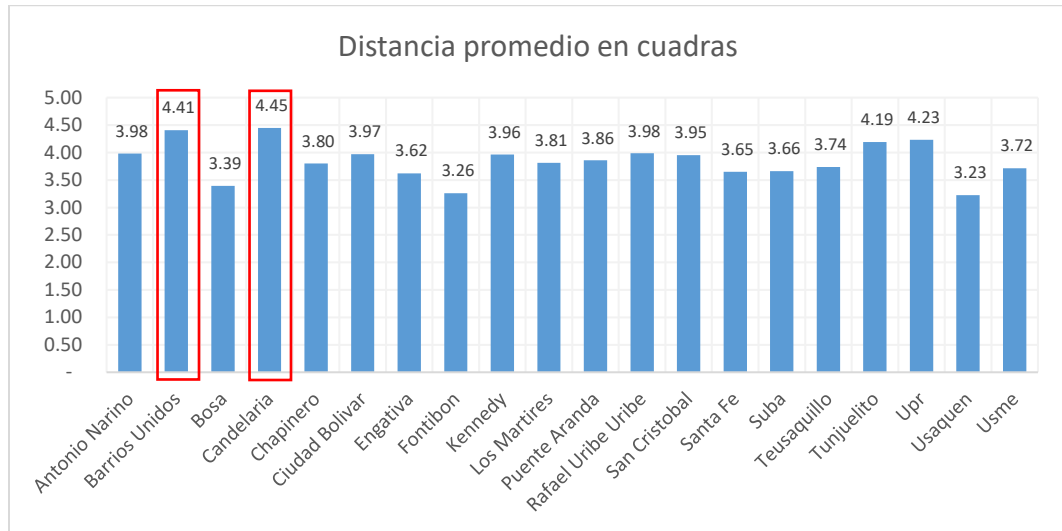


Figura 9 Distancia promedio de caminata en cuadras para acceder al transporte público por localidad
Fuente: Elaboración propia con información de Encuesta de Movilidad, 2019

Se evidencia así, que las localidades en las que en promedio las personas caminan más para acceder al transporte público en Bogotá, son las de Barrios Unidos y Candelaria, con un total de 4.41 y 4.45 cuadras respectivamente, lo que indica que son las localidades con menos accesibilidad al transporte público en términos de distancia. Tener en cuenta que la distancia equivalente a una cuadra es de 100 m, asimismo, es información importante ya que con esta distancia se realizará la construcción de la cuenca de servicio de las estaciones de TransMilenio seleccionadas.

Asociado a esto, como se observa en la Figura 10, a medida que aumenta el estrato, aumenta la distancia de recorrido para acceder al sistema de transporte público masivo de la ciudad, TransMilenio.

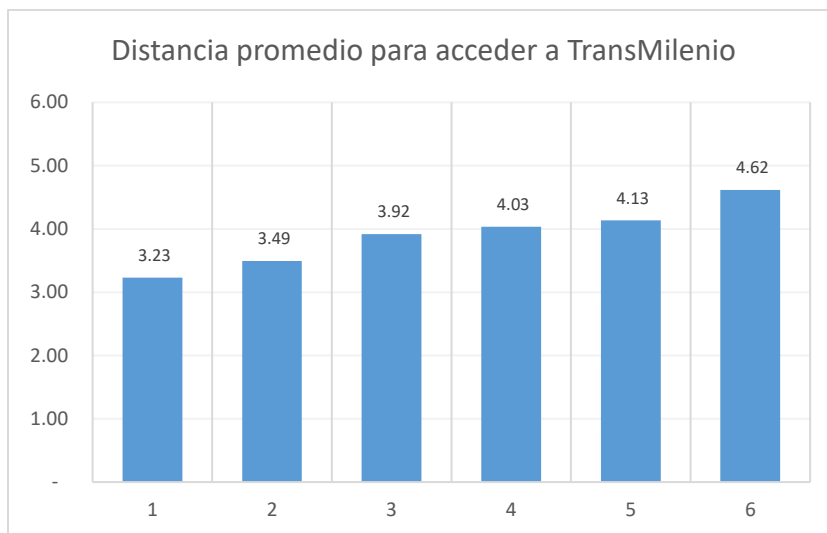


Figura 10 Distancia promedio de caminata en cuadras para acceder a TransMilenio por estrato
Fuente: Elaboración propia con información de Encuesta de Movilidad, 2019

Por lo anterior, se procede a realizar la revisión de la estratificación socioeconómica de las localidades de Barrios Unidos y Candelaria, que como se observa en la Figura 11 y en la Figura 12, para la localidad de Barrios Unidos, su estratificación se concentra en los estratos 3 y 4. En cambio, para la localidad de la Candelaria, su estratificación se concentra en los estratos 2 y 3.

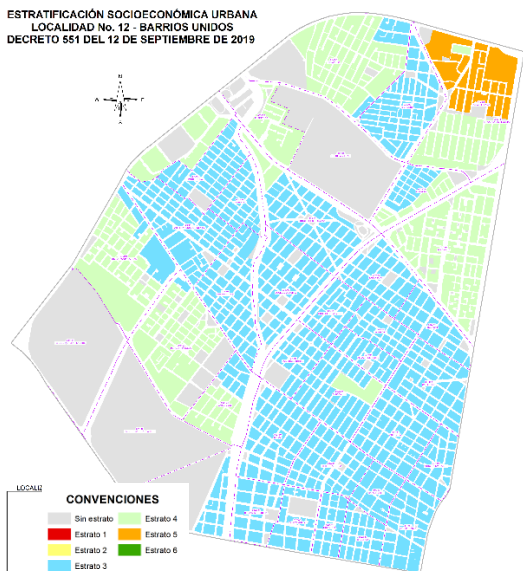


Figura 11 Estratificación socioeconómica – Barrios Unidos
Fuente: Secretaría Distrital de Planeación, 2019

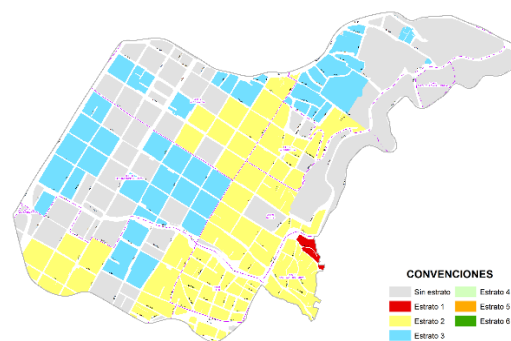


Figura 12 Estratificación socioeconómica – Candelaria
Fuente: Secretaría Distrital de Planeación, 2019

De acuerdo con las distancias promedio de caminata por estrato para acceder al sistema de transporte público masivo TransMilenio y la estratificación socioeconómica de las localidades, la zona de estudio se enfocará en la localidad de Barrios Unidos. Esta elección se da teniendo en cuenta que es una de las localidades en la que más se camina para acceder al transporte público y su estratificación socioeconómica se concentra en los estratos 3 y 4, que son estratos que suelen

caminar más para acceder al sistema de TransMilenio, así como lo observado en la Figura 8 y Tabla 1, ya que se evidencia que esta localidad cuenta con mayor concentración de estaciones de Tembici, en comparación con la localidad de la Candelaria.

Adicionalmente, en la Figura 13 se observa el mapa de usos del suelo en la localidad de Barrios Unidos, en el que se evidencia que, aunque la localidad cuenta con diferentes usos del suelo, este se concentra en el uso residencial.

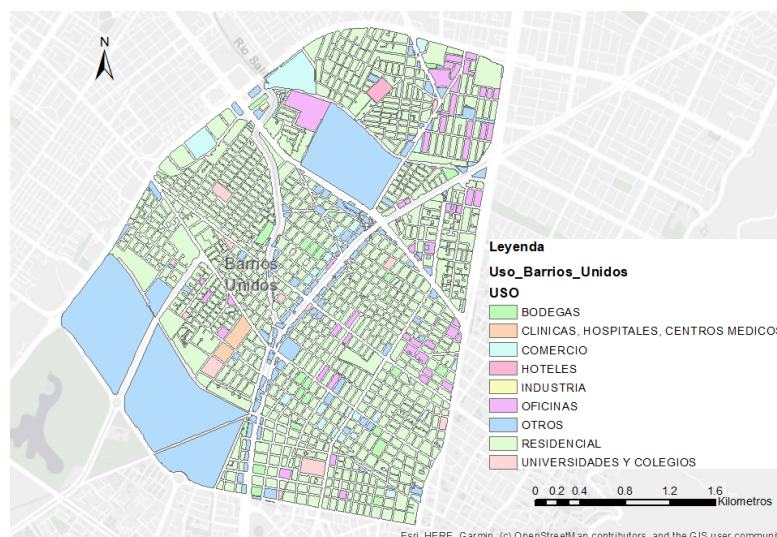


Figura 13 Mapa de usos del suelo en la localidad de Barrios Unidos
 Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de Mapas Bogotá

En la Tabla 2 se muestra la distribución de usos de suelo, evidenciando que el uso residencial es el predominante en la localidad de Barrios Unidos, representando un 60.8% de la totalidad de usos de la localidad, y que en menor medida se encuentra el uso de oficinas con una participación del 7.7%

Uso	Área (m ²)	Porcentaje
Bodegas	1,361,166	1.9%
Clínicas, hospitales, centros médicos	465,391	0.6%
Comercio	1,506,468	2.1%
Hoteles	76,741	0.1%
Industria	29,262	0.0%
Oficinas	5,637,273	7.7%
Otros	18,607,564	25.6%
Residencial	44,249,266	60.8%
Universidades y colegios	848,880	1.2%
Total	72,788,635	100.0%

Tabla 2 Distribución de usos de suelo en la localidad de Barrios Unidos
 Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la generación y atracción de viajes, a continuación, se observan los mapas de concentración de orígenes y destinos de los viajes realizados por Zonas de Análisis de Transporte - ZAT, tanto en bicicleta como en TransMilenio en la ciudad de Bogotá D.C., para un día típico por motivo de trabajo y estudio, de acuerdo con los resultados de la Encuesta de Movilidad de 2019.

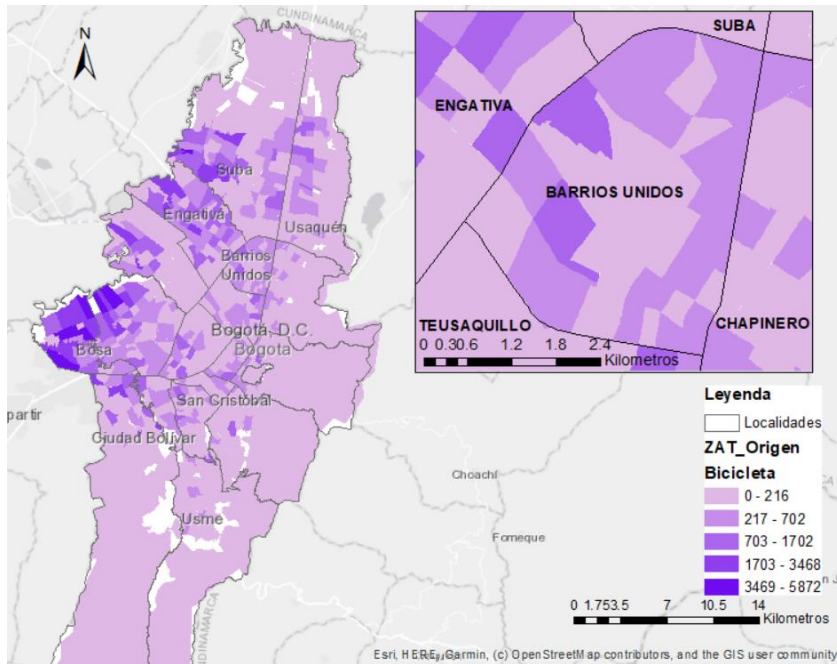


Figura 14 Mapa de concentración origen de viajes en bicicleta

Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de la Encuesta de Movilidad de 2019

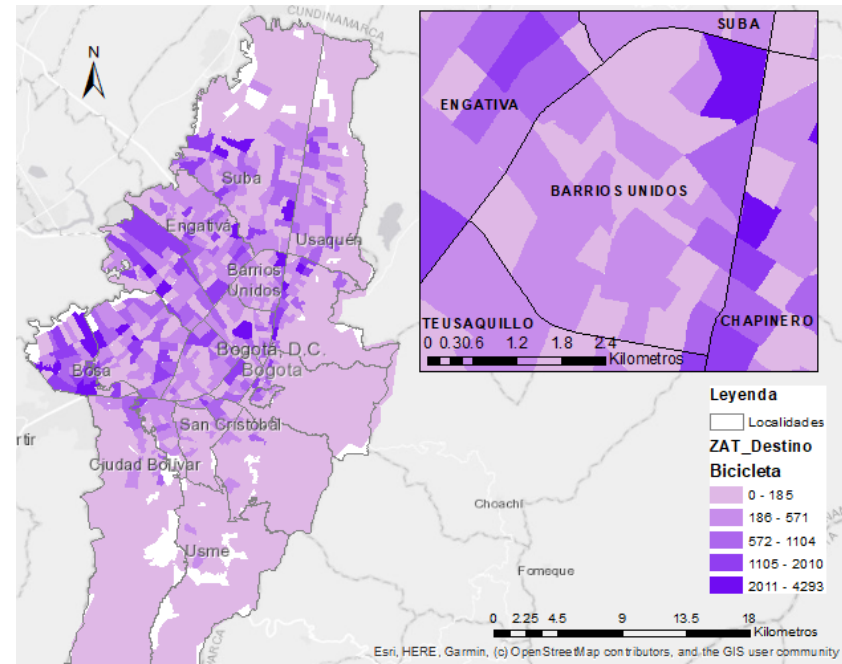


Figura 15 Mapa de concentración destino de viajes en bicicleta

Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de la Encuesta de Movilidad de 2019

En la Figura 14 y Figura 15 se observan los viajes por motivo de trabajo o estudio por ZAT, realizados en bicicleta en un día típico en la ciudad de Bogotá D.C. y la localidad de Barrios Unidos. En estas se evidencia que los orígenes de los viajes se encuentran distribuidos principalmente hacia el occidente de la ciudad, aunque en cuanto a los destinos de los viajes, se establece que estos se encuentran mucho más dispersos, por lo que no se puede evidenciar una concentración específica, ya que estos se sitúan a lo largo del norte, occidente y centro de la ciudad. Además, se observa que en la localidad de Barrios Unidos, los orígenes de los viajes se encuentran distribuidos hacia los límites de la localidad, mientras que los destinos se son más dispersos en toda la zona, con una leve concentración en la parte oriental.

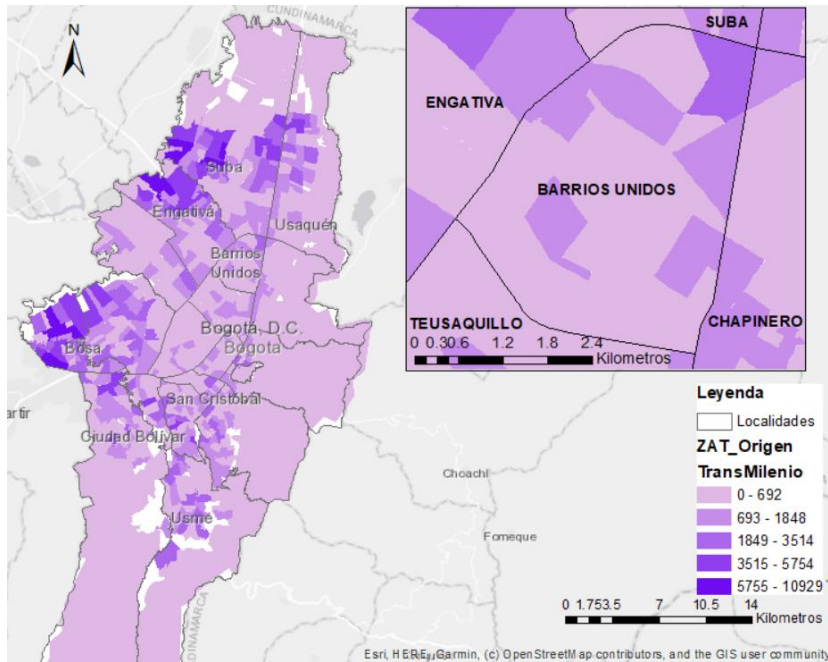


Figura 16 Mapa de concentración origen de viajes en TransMilenio
Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de la Encuesta de Movilidad de 2019

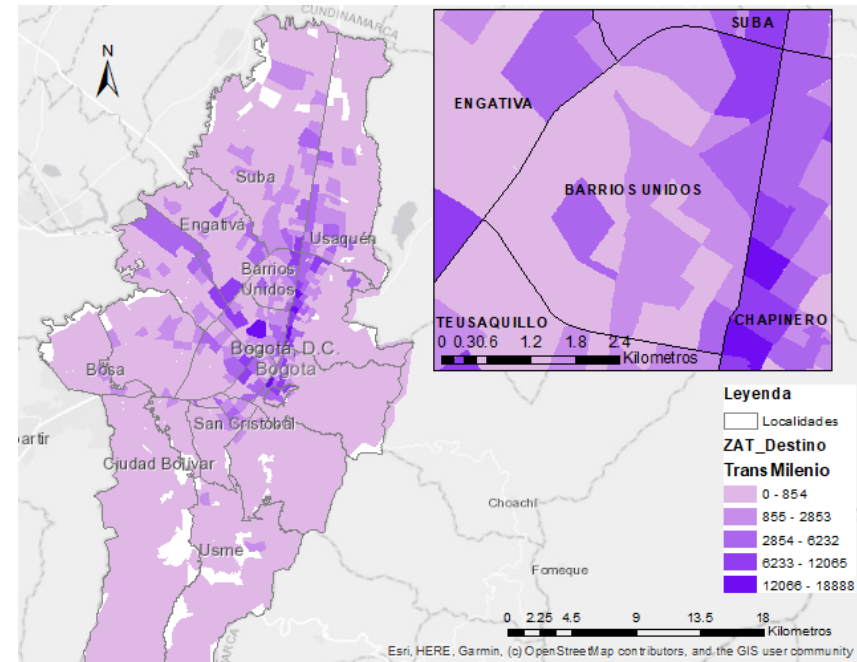


Figura 17 Mapa de concentración destino de viajes en TransMilenio
Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de la Encuesta de Movilidad de 2019

En la Figura 16 y Figura 17 se observan los viajes por motivo de trabajo o estudio por ZAT, realizados en TransMilenio en un día típico en la ciudad de Bogotá D.C. y la localidad de Barrios Unidos. En estas se evidencia que los orígenes de los viajes se encuentran concentrados principalmente hacia la periferia de la ciudad, especialmente en el suroccidente y noroccidente. En contraste, los destinos de los viajes se encuentran en el centro y centro expandido de la ciudad. Además, se observa que, en la localidad de Barrios Unidos, los orígenes de estos viajes se concentran hacia la zona norte, mientras que los destinos se distribuyen hacia la zona norte y oriente de la localidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la Tabla 3 se muestra la cantidad de viajes generados y atraídos por motivo de estudio y trabajo, tanto en bicicleta como en TransMilenio, para la ciudad de Bogotá D.C. y la localidad de Barrios Unidos. Se observa que del total de viajes que se realizan, la localidad de Barrios Unidos se atrae un 4.1% y genera un 3.0% del total de viajes en bicicleta. Asimismo, en TransMilenio se atrae un 6.0% y se genera un 2.0% del total de viajes que se realizan en la localidad en este modo.

Viajes	Modo	Bogotá	Barrios Unidos	Porcentaje
Atraídos	Bicicleta	275,609	11,354	4.1%
	TransMilenio	843,428	50,812	6.0%
	Total	3,729,660	150,156	4.0%
Generados	Bicicleta	271,307	8,166	3.0%
	TransMilenio	762,713	15,321	2.0%
	Total	3,615,724	78,201	2.2%

Tabla 3 Viajes generados y atraídos en Bogotá D.C. y en la localidad de Barrios Unidos
Fuente: Elaboración propia

Como la localidad seleccionada es la de Barrios Unidos, se continua con la revisión visual de la ubicación de las estaciones de TransMilenio y las estaciones de Tembici, para así verificar cuál de las estaciones del sistema de transporte público masivo puede ser la que mayor número de estaciones de bicicletas compartidas tiene a su alrededor y la que no cuenta con ninguna.

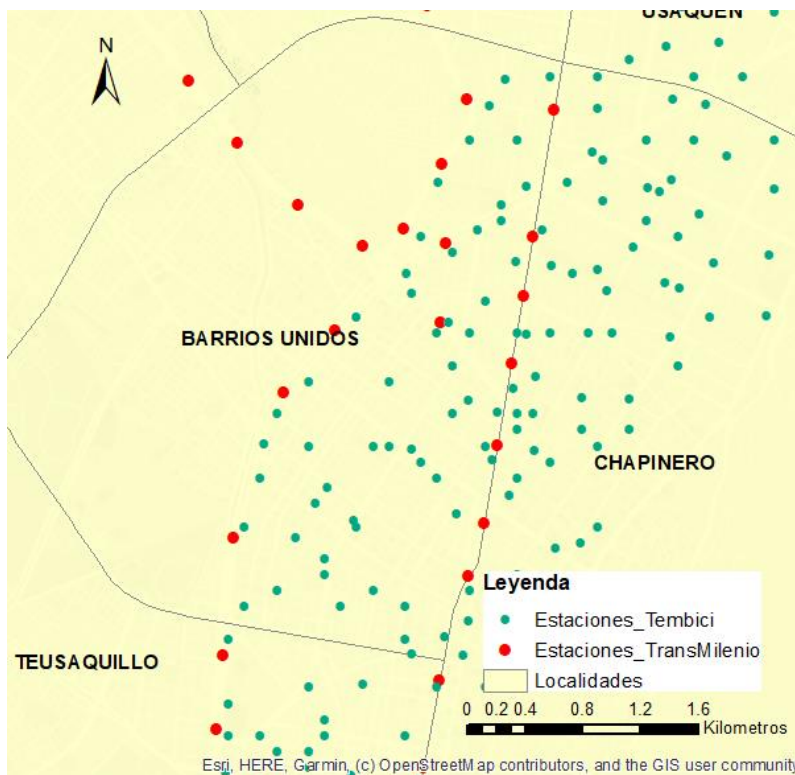


Figura 18 Estaciones de TransMilenio y Tembici – Localidad de Barrios Unidos

Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de Mapas Bogotá, Secretaría Distrital de Movilidad y TransMilenio S.A.

Para realizar la selección de las estaciones de TransMilenio, con la información de la Figura 8 y la de la Figura 18, se realizó la Figura 19, en la que se observa el mapa de calor de la concentración de las estaciones de Tembici en la localidad junto con la ubicación de las estaciones de TransMilenio.

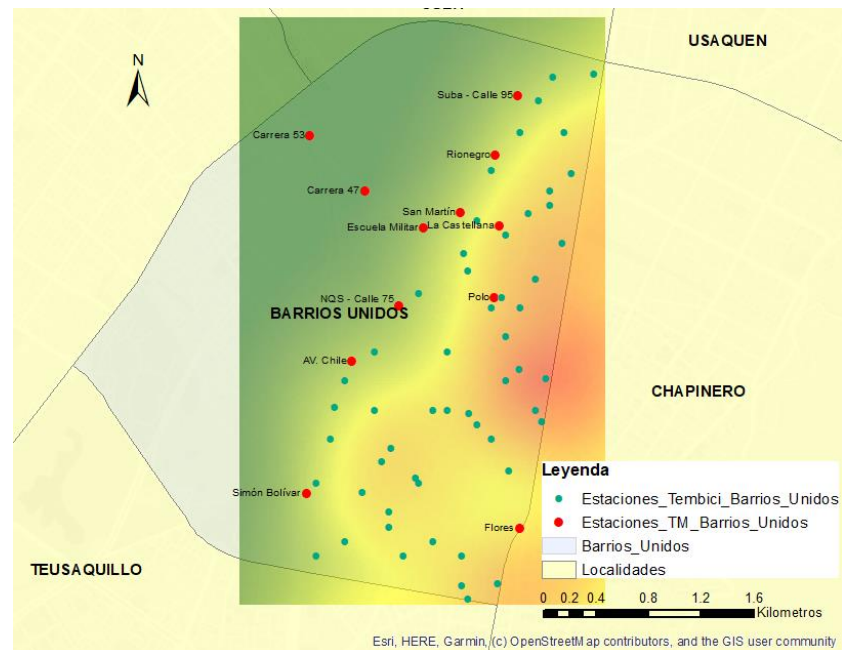


Figura 19 Concentración de estaciones del sistema de bicicletas compartidas Tembici – Localidad Barrios Unidos
Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de Mapas Bogotá, Secretaría Distrital de Movilidad y TransMilenio S.A.

Como se observa en la figura anterior, la estación que se encuentra más cercana a la mayor concentración de estaciones de Tembici es la estación Polo, por lo que será una de las estaciones seleccionadas. Además, se escoge la estación de TransMilenio Carrera 47, pues se observa que, hacia la zona occidental de la localidad, el sistema de Tembici no tiene cobertura, por lo que esta estación contará con un punto de comparación en cuanto a los modos de acceso. Adicionalmente, se determina que no se escoge la estación de la Carrera 53, puesto que su proximidad con el límite de la localidad apunta a que su cuenca de servicio contaría con un área que se encuentre dentro de la localidad de Engativá.

Asimismo, a modo de esquema y para tener una representación aproximada de la cuenca de servicio y zona de accesibilidad de las estaciones de TransMilenio, se realizó un buffer de 441 m de radio, de acuerdo con la distancia establecida en la Figura 9, y se determinó el número de estaciones de Tembici que se encuentran en esta área aproximada de accesibilidad de la estación Polo.

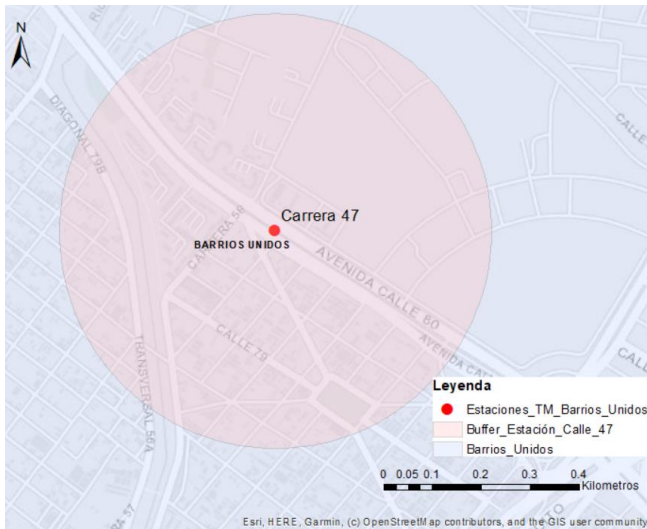


Figura 20 Buffer de 441 metros alrededor de la estación de TransMilenio Carrera 47

Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de Mapas Bogotá, Secretaría Distrital de Movilidad y TransMilenio S.A.

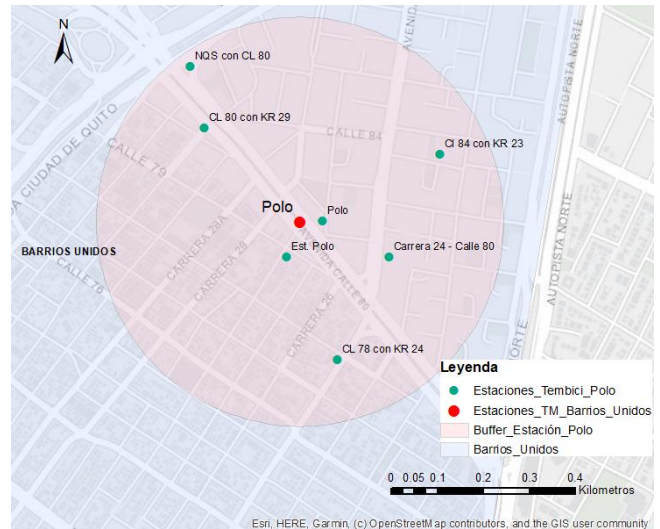


Figura 21 Buffer de 441 metros alrededor de la estación de TransMilenio Polo

Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de Mapas Bogotá, Secretaría Distrital de Movilidad y TransMilenio S.A.

Con este análisis, se observó que la estación Polo cuenta con 7 estaciones de Tembici, en su zona aproximada de accesibilidad, y que como se mencionó anteriormente, la estación Carrera 47 no cuenta con ninguna estación de Tembici en este buffer, por lo que se podrá realizar la comparación de los resultados obtenidos e identificar la influencia del sistema de bicicletas compartidas en el sistema de transporte público.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

5.1. FASE 1: Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica y del estado del arte se desarrolló en el capítulo 3.

5.2. FASE 2: Reconocimiento y caracterización zona de estudio

5.2.1. Reconocimiento en campo de la zona

El día 18 de enero de 2024 se realizó una visita de campo, para así reconocer la zona de estudio, identificando los posibles lugares para la toma de información para el desarrollo del trabajo, además de tomar las coordenadas exactas de las entradas a las estaciones. Durante esta visita, se evidenció que la estación Carrera 47 cuenta con una entrada que se encuentra sobre la Avenida Calle 80 hacia la Carrera 58.



Figura 22 Ubicación entrada estación Carrera 47
Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS

Por otro lado, la estación Polo cuenta con dos entradas ubicadas sobre la Avenida Calle 80, una se encuentra hacia la Carrera 28 y la otra hacia la Avenida Carrera 24.

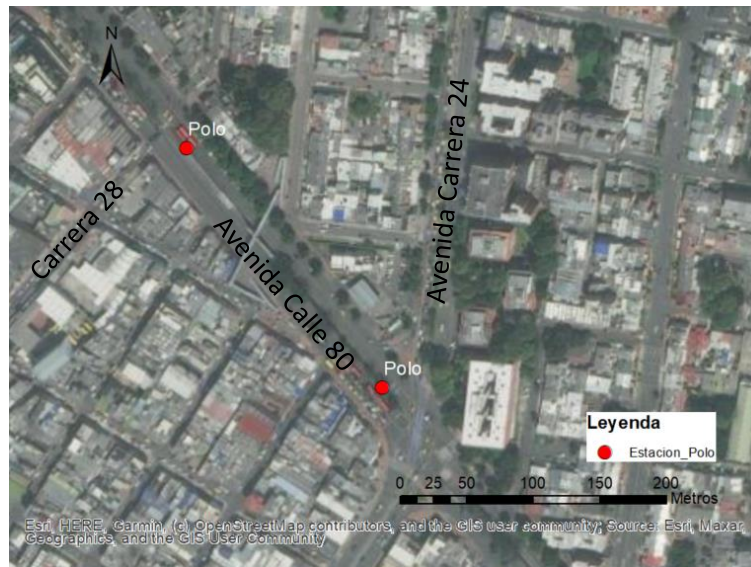


Figura 23 Ubicación entradas estación Polo
Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS

5.2.2. Caracterización de la zona de estudio

Identificación de la cuenca de servicio de las estaciones seleccionadas

La cuenca de servicio corresponde al área de cobertura del sistema de transporte público y se mide por el tiempo o distancia de recorrido a pie por el usuario para acceder al sistema. (Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, 2010).

Para realizar la identificación de las cuencas de servicio de las estaciones de TransMilenio seleccionadas, se procedió a verificar la capa de la malla vial publicada en la página de Datos abiertos de la Secretaría Distrital de Movilidad. Teniendo en cuenta que la distancia que las personas están dispuestas a caminar para acceder al transporte público en esta localidad es de 441m, se procedió a realizar el trazado e identificación de las cuencas de servicio de las estaciones de Transmilenio Carrera 47 y Polo.

Partiendo de las coordenadas registradas en los accesos a las estaciones, se delimitó el área de recorrido de 441 metros desde estos puntos, obteniendo así las cuencas de servicio correspondientes. Es relevante mencionar que, para el caso de la estación de Polo, se consideraron dos puntos de acceso, dado que esta cuenta con dos entradas.



Figura 24 Cuenca de servicio estación de TransMilenio Carrera 47
Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de Secretaría Distrital de Movilidad

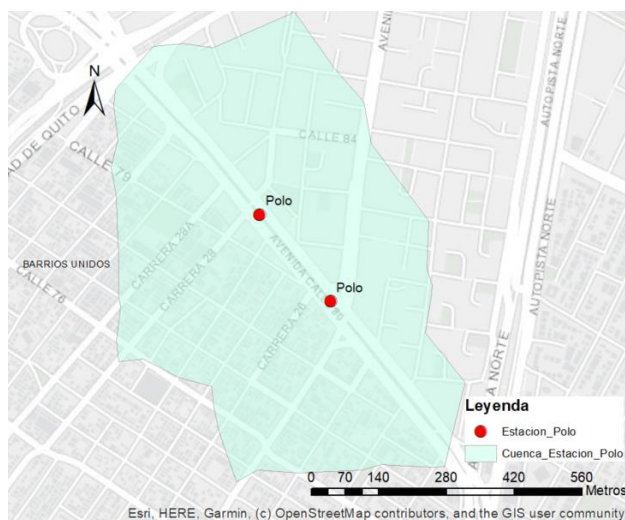


Figura 25 Cuenca de servicio estación de TransMilenio Polo
Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de Secretaría Distrital de Movilidad

Identificación de las estaciones de Tembici en la cuenca de servicio

Una vez identificadas las cuencas de servicio de las estaciones de Transmilenio, se procedió a revisar las estaciones de Tembici dentro de estas, confirmando así que la estación Carrera 47 no cuenta con ninguna estación de bicicletas compartidas dentro de su cuenca.

Por otro lado, la estación Polo cuenta con seis estaciones de Tembici dentro del área de su cuenca de servicio, de acuerdo con la Figura 26, se evidencia que cuatro de estas estaciones se encuentran a menos de 200 m de las entradas en la estación de Transmilenio. Según esto, las cuatro estaciones más cercanas son las que potencialmente las personas más utilizarían para acceder a la estación de Transmilenio.

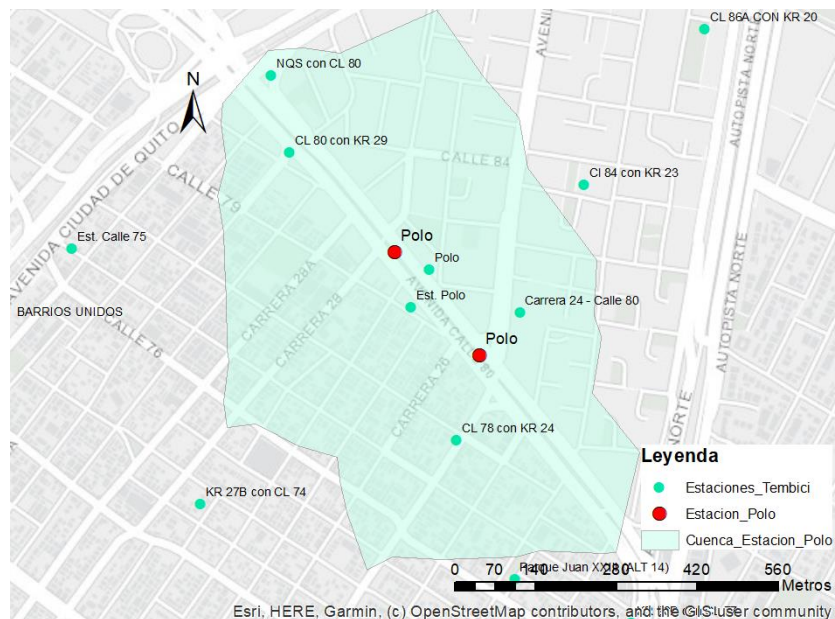


Figura 26 Estaciones de Tembici dentro de la cuenca de servicio de la estación Polo
Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de Secretaría Distrital de Movilidad

5.3. FASE 3: Diseño y aplicación de la encuesta

Para el diseño y aplicación de la encuesta, se realizaron los pasos de acuerdo con Kocur et al. (1982), que indica lo siguiente:

- Primero realizar la identificación del alcance de las opciones de viaje y demás aspectos a tenerse en cuenta.
- Posteriormente, se elaboran las versiones iniciales de la encuesta, las cuales se realizan en una primera etapa de aplicación.
- Luego, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se formula el diseño final de la encuesta, la cual se aplica para así obtener los datos necesarios para el proyecto.

5.3.1. Encuesta piloto

Diseño encuesta piloto

Conforme el objetivo principal del proyecto, para el diseño de la encuesta piloto, se planteó realizarlo en dos secciones principales que corresponden a la información socioeconómica y la información de viaje, haciendo énfasis en el recorrido de acceso a la estación de Transmilenio.

- Información socioeconómica

Esta sección se diseña para realizar la recolección de los datos referentes a toda la caracterización tanto sociodemográfica como socioeconómica, pues factores como la edad, el género, los ingresos y demás, son factores que influyen directamente en las preferencias de los usuarios.

- Información de viaje

En esta sección se realizan preguntas referentes al viaje que se está realizando, haciendo énfasis en el recorrido de acceso a la estación de TransMilenio y el modo que se utiliza para esto. Dado que el objetivo principal del presente proyecto se centra en dicho recorrido, es información importante para el diseño de las preguntas en la encuesta definitiva. Además, se busca realizar una caracterización en cuanto al viaje de cada usuario, pues estos factores influyen en las preferencias de los usuarios.

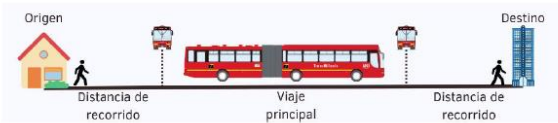
*Tabla 4 Preguntas encuesta piloto
Fuente: Elaboración propia*

Sección	Pregunta encuesta
Filtro	Estación de TransMilenio en que se realiza la encuesta
Información socioeconómica	Género con el que se identifica
	Edad
	Estrato socioeconómico en que se encuentra su vivienda
	Nivel educativo alcanzado
	Ocupación
Información de viaje	Motivo de viaje
	¿Cuál es el modo de acceso a la estación de TransMilenio?
	De acuerdo con la respuesta anterior, indique el costo promedio de dicho modo que utiliza para llegar a la estación de TransMilenio. En caso de no tener costo, digitar cero.
	¿Cuál es el costo total que paga en el viaje?
	¿Cuánto tiempo tarda en llegar a la estación de TransMilenio? (Indicar tiempo en minutos)
	¿Cuánta distancia recorre para acceder a la estación de TransMilenio? (100 metros = 1 cuadra)
	¿Qué tan frecuente es su viaje?
	¿Tiene algún comentario respecto de la presente encuesta?

MODO DE ACCESO A LA ESTACIÓN DE TRANSMILENIO – ENCUESTA PILOTO

Buen día,

Estamos realizando esta encuesta preliminar diseñada para apoyar el desarrollo de un estudio de maestría, que tiene como objetivo evaluar la accesibilidad de la estación de TransMilenio (TM). Por esto, si está a punto de ingresar o acaba de salir de la estación de TransMilenio Carrera 47 o Polo, su participación es esencial para obtener información valiosa que contribuirá significativamente a este proyecto académico. El cuestionario es totalmente anónimo y le tomará alrededor de 5 minutos, por favor responda las preguntas con sinceridad.



¡Gracias por su colaboración con el desarrollo de este trabajo de maestría!

Sección filtro

1. Estación de TransMilenio en que se realiza la encuesta
 - a. Carrera 47
 - b. Polo

Información socioeconómica

2. Género con el que se identifica
 - a. Femenino
 - b. Masculino
 - c. Otro: _____
3. Edad
 - a. Menor de 15
 - b. 16 – 18
 - c. 19 – 25
 - d. 26 – 34
 - e. 35 – 40
 - f. 41 – 60
 - g. Mayor de 60
4. Estrato socioeconómico en que se encuentra su vivienda
 - a. Estrato 1
 - b. Estrato 2
 - c. Estrato 3
 - d. Estrato 4
 - e. Estrato 5
 - f. Estrato 6

5. Nivel educativo alcanzado
 - a. Preescolar
 - b. Primaria completa
 - c. Primaria incompleta
 - d. Secundaria completa
 - e. Secundaria incompleta
 - f. Técnico/Tecnólogo completo
 - g. Técnico/Tecnólogo incompleto
 - h. Universitario completo
 - i. Universitario incompleto
 - j. Posgrado completo
 - k. Posgrado incompleto
 - l. Ninguno
6. Ocupación
 - a. Estudiante
 - b. Empleado
 - c. Trabajador independiente
 - d. Trabajador informal
 - e. Desempleado
 - f. Empleado(a) doméstico(a)
 - g. Amo(a) de casa
 - h. Pensionado(a)
 - i. Otro: _____

1

Figura 27 Diseño encuesta piloto
Fuente: Elaboración propia

Información de viaje

7. Motivo de viaje
 - a. Trabajo
 - b. Estudio
 - c. Diligencias personales
 - d. Recreación
 - e. Deporte
 - f. Salud
 - g. Hogar
 - h. Compras
 - i. Otro: _____
8. ¿Cuál es el modo de acceso a la estación de TransMilenio?
 - a. A pie
 - b. Bicicleta propia
 - c. Bicicleta pública
 - d. SITP
 - e. Vehículo privado
 - f. Motocicleta
 - g. Taxi
 - h. Transporte con aplicación
 - i. Otro: _____
9. De acuerdo con la respuesta anterior, indique el costo promedio de dicho modo que utiliza para llegar a la estación de TransMilenio. En caso de no tener costo, digitar cero.
 - a. _____
10. ¿Cuál es el costo total que paga en el viaje?
 - a. _____
11. ¿Cuánto tiempo tarda en llegar a la estación de TransMilenio? (indicar tiempo en minutos)
 - a. _____
12. ¿Cuánta distancia recorre para acceder a la estación de TransMilenio? (100 metros = 1 cuadra)
 - a. 1 – 100 metros
 - b. 101 – 200 metros
 - c. 201 – 300 metros
 - d. 301 – 400 metros
 - e. 401 – 500 metros
 - f. Más de 500 metros
13. ¿Qué tan frecuente es su viaje?
 - a. _ Diario
 - b. _ Semanal
 - c. _ Mensual
 - d. Otro: _____
14. ¿Tiene algún comentario respecto de la presente encuesta?
 - a. _____
 - _____
 - _____
 - _____
 - _____

Fecha de la encuesta: DD/MM/AAAA

Hora: _____

2

Resultados encuesta piloto

La aplicación de esta encuesta piloto se realizó utilizando formatos físicos los días 24 y 25 de enero del año en curso en las estaciones Polo y Carrera 47 respectivamente. Asimismo, tal como indican Kocur et al. (1982), para la aplicación de la versión inicial de la encuesta, generalmente se utiliza una muestra pequeña, de 30 encuestados o menos. Por esto, se recopiló un total de 91 encuestas, distribuidas así: 44 en la estación Polo y 47 en la estación Carrera 47.

- Información socioeconómica

En la Figura 28 y Figura 29 se observa que, respecto de la distribución por género, en la estación Carrera 47 se encontró que el 55% de las personas que respondieron se identifican con el género femenino y el 45% con el género masculino. Por otro lado, para el caso de la estación Polo, el 59% de las personas se identifican con el género femenino y el 41% con el género masculino.

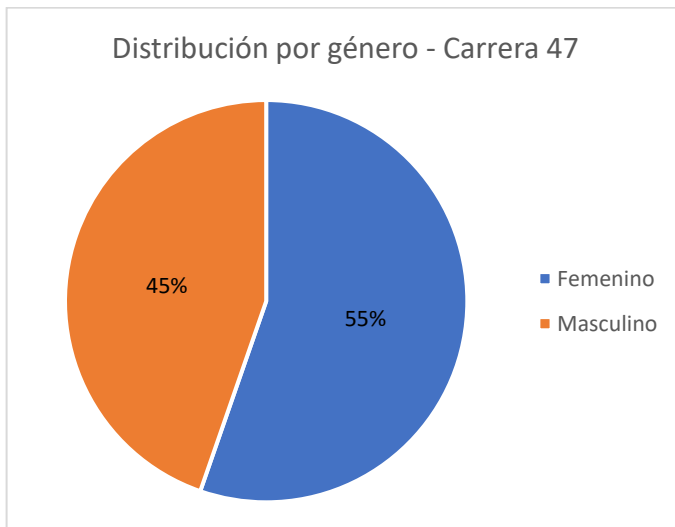


Figura 28 Distribución por género estación de TransMilenio Carrera 47

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

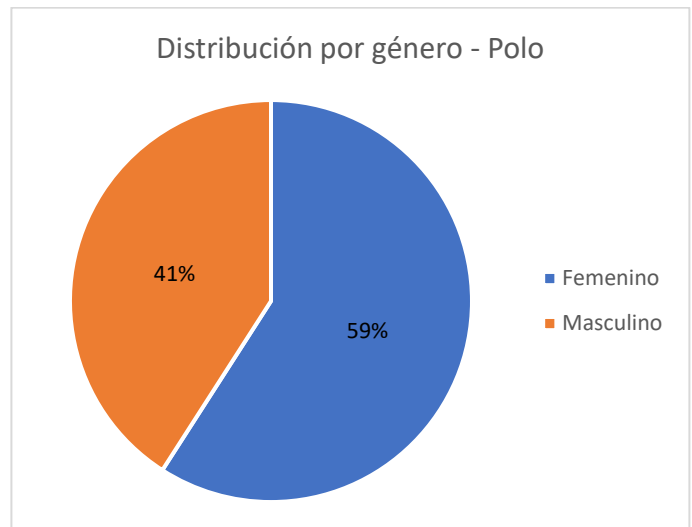


Figura 29 Distribución por género estación de TransMilenio Polo

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

Para la estación Carrera 47 en la Figura 30 se observa que el 60% de los viajes los realizaron personas desde los 41 en adelante, sin embargo, también se observa que el 28% los realizan personas con edades entre los 19 y 34 años.

Por otro lado, en la Figura 31 se observa que para la estación Polo, el 55% de los viajes los realizan personas desde los 41 en adelante y que, el 39% lo realizan personas con edades entre los 19 y 34 años.

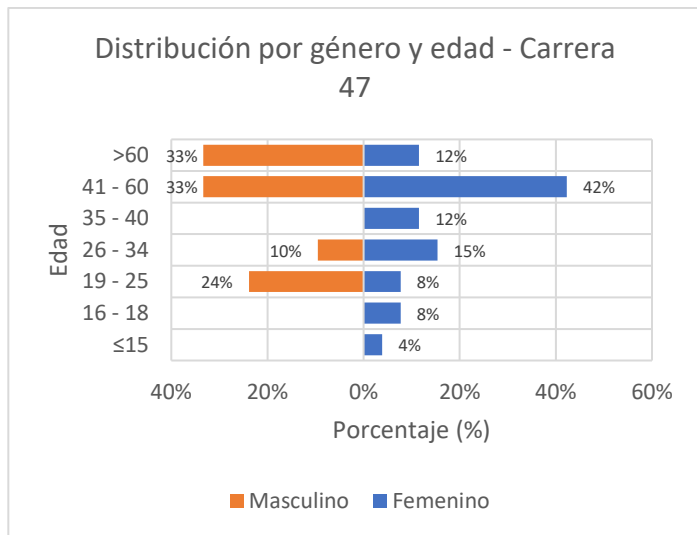


Figura 30 Distribución por edad y género estación de TransMilenio Carrera 47
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

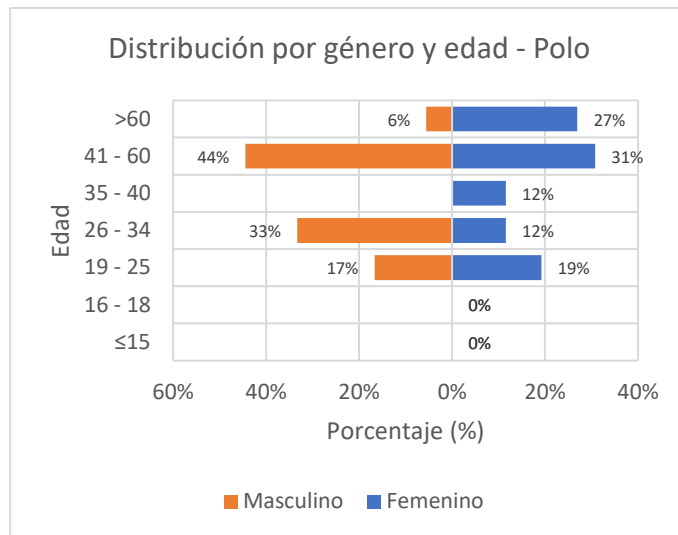


Figura 31 Distribución por edad y género estación de TransMilenio Polo
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

De acuerdo con la Figura 32, en la estación Carrera 47 el 62% de los viajes los realizan las personas de estrato 3 y el 17% las personas de estrato 4. Asimismo, en la Figura 33 se evidencia que el 48% de las personas se encuentran en estrato 3 y el 32% en estrato 2.

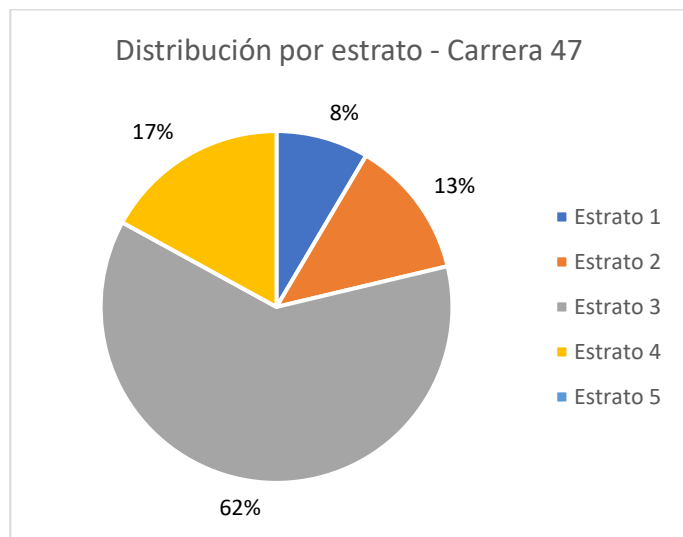


Figura 32 Distribución por estrato socioeconómico estación de TransMilenio Carrera 47
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

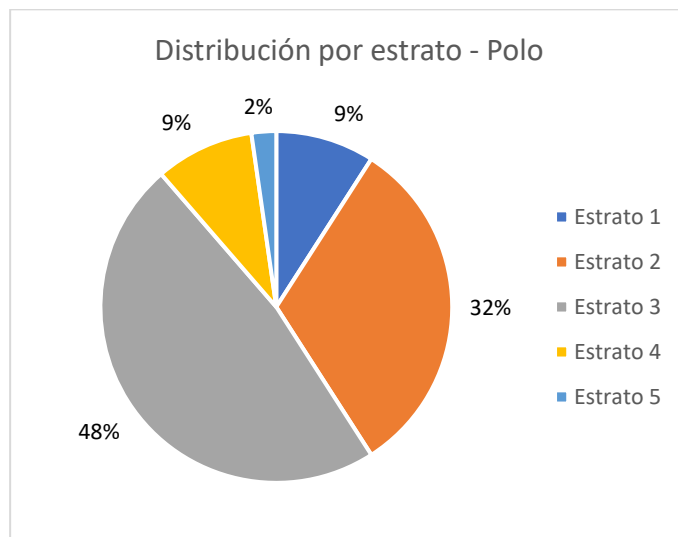


Figura 33 Distribución por estrato socioeconómico estación de TransMilenio Polo
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

Respecto del nivel educativo alcanzado, en la estación Carrera 47 la mayoría de las personas que realizan los viajes tienen un nivel educativo máximo de universitario completo, con un 34%, seguido de secundaria completa con un 30%. En cuanto a la estación Polo, tanto secundaria completa como

técnico o tecnólogo completo, tienen un 27% cada uno como nivel educativo máximo, seguido de universitario completo con un 20% (ver Figura 34).

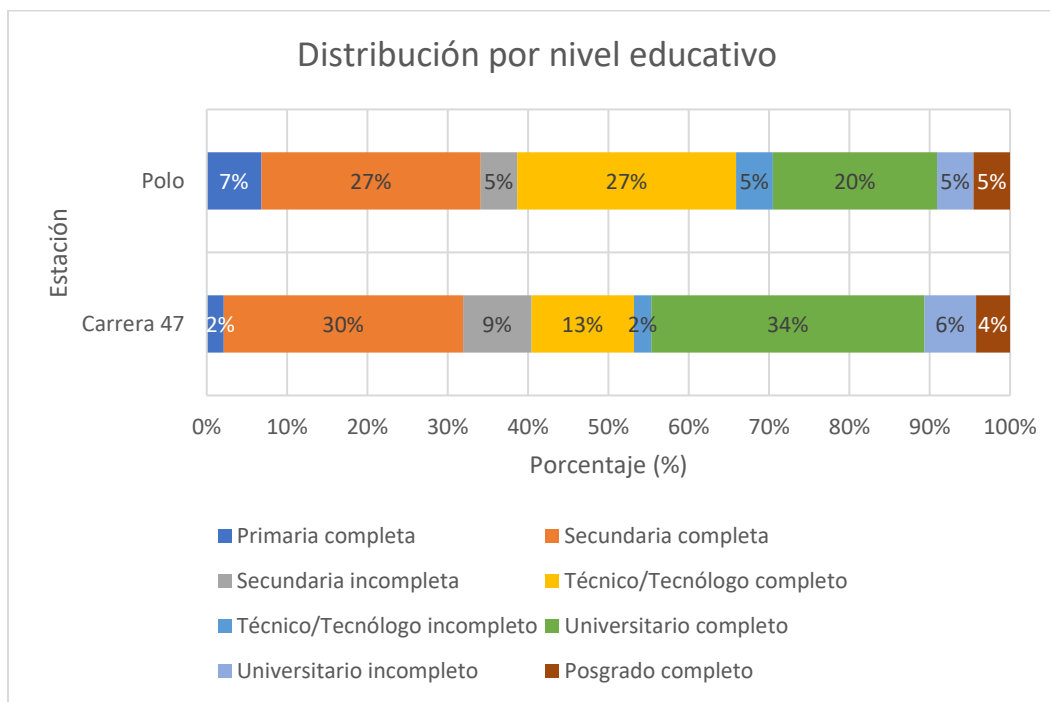
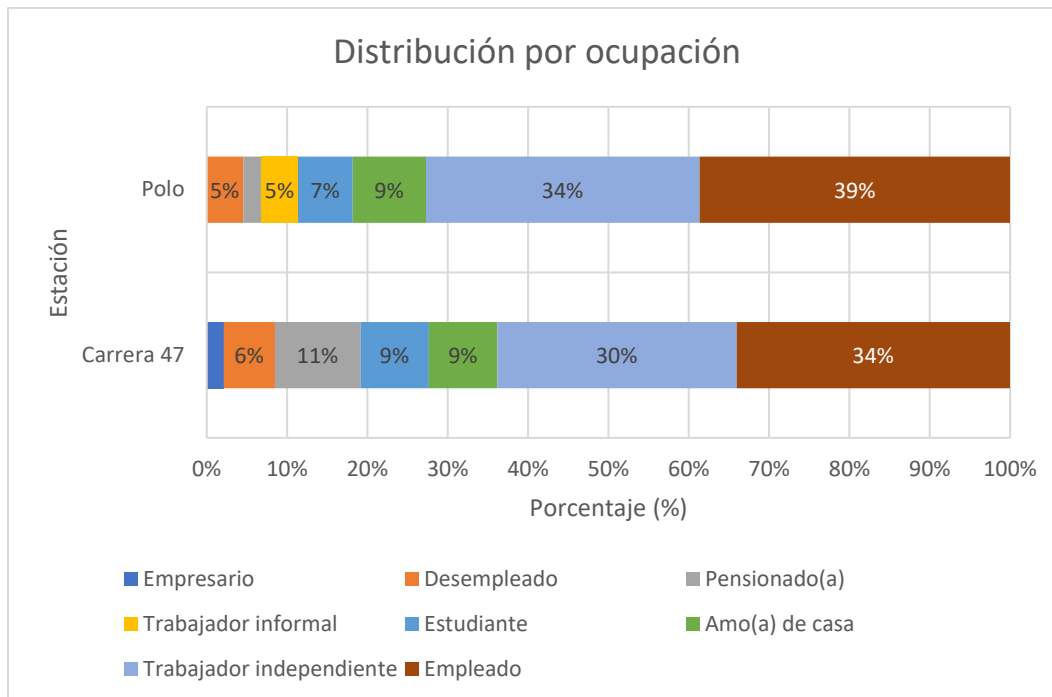


Figura 34 Distribución por nivel de escolaridad estaciones de TransMilenio Carrera 47 y Polo
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

En cuanto a la ocupación, de acuerdo con la Figura 35, en la estación Carrera 47 el 34% de las personas encuestadas se encuentran empleados y el 30% son trabajadores independientes. Para la estación Polo, el 39% de las personas se encuentran empleadas, seguido del 34% de personas que son trabajadores independientes.



*Figura 35 Distribución por ocupación estaciones de TransMilenio Carrera 47 y Polo
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto*

- Información de viaje

Para la estación Carrera 47, el 55% de las personas realizan viaje con motivo de trabajo, seguido del 26% por diligencias personales. Por otro lado, para la estación Polo, el 48% de las personas realizan viaje con motivo de trabajo y el 27% por diligencias personales (ver Figura 36).

En relación con esta pregunta, varias personas encuestadas indicaron tener más de un motivo de viaje, sin embargo, la encuesta solo permitía marcar una opción. Por lo tanto, para la encuesta definitiva, se considera la revisión de la redacción de dicha pregunta.

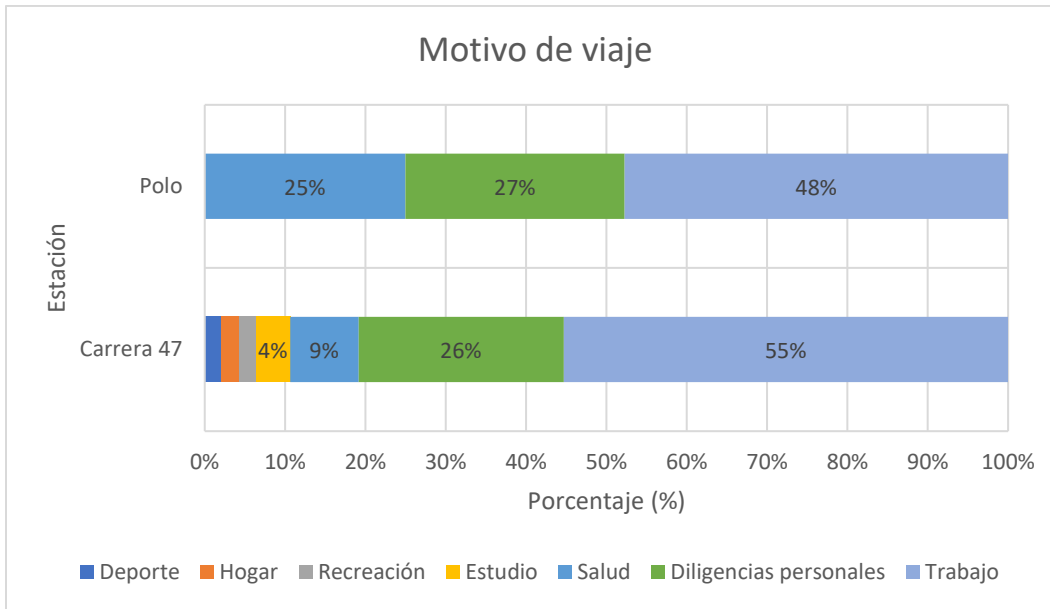


Figura 36 Motivo de viaje estaciones de TransMilenio Carrera 47 y Polo
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

Respecto del modo de acceso a la estación, el 100% de las personas acceden a pie en la estación Carrera 47 (ver Figura 37), para la estación Polo, el 2% accede en taxi y el 98% a pie (ver Figura 38).



Figura 37 Modo de acceso a la estación de TransMilenio Carrera 47
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

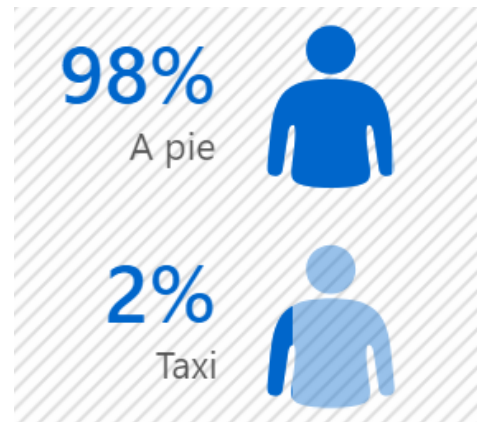


Figura 38 Modo de acceso a la estación de TransMilenio Polo
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

En cuanto al pago del modo de acceso a la estación, el 100% de las personas no pagan en la estación Carrera 47 (ver Figura 39), para la estación Polo, el 2% paga \$40,000 y el 98% no paga (ver Figura 40).

Una vez analizada esta y la anterior pregunta, se evidenció que sólo se refieren al acceso a la estación, sin embargo, el presente proyecto tiene como objetivo verificar el recorrido tanto de primera como de última milla, por lo que se ajusta la redacción de estas preguntas para el diseño de la encuesta definitiva.



Figura 39 Costo del modo de acceso a la estación de TransMilenio Carrera 47
 Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

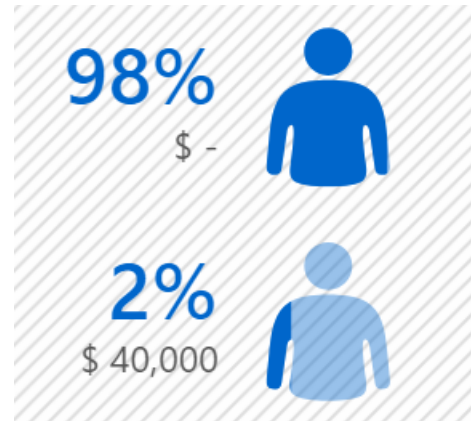


Figura 40 Costo del modo de acceso a la estación de TransMilenio Polo
 Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

En cuanto al costo total del viaje, en la Tabla 5 se observan las medidas estadísticas para los datos obtenidos. Se puede evidenciar que es una muestra con una gran variedad de datos, en el que 6,000 es el que más se repite para la estación Polo y 5,900 para la estación Carrera 47. Con esto, se identifica que estos valores equivalen y se interpretan como lo equivalente a dos pasajes en transporte público, por lo que se infiere que las personas se están refiriendo a dos trayectos. Por esto, para el diseño de la encuesta definitiva, se considera ajustar la redacción de la pregunta.

Tabla 5 Costo total del viaje estaciones de TransMilenio Carrera 47 y Polo
 Fuente: Elaboración propia

Medida estadística	Estación	
	Carrera 47	Polo
Media	7,541	9,261
Mediana	6,000	6,000
Moda	5,900	6,000
Desviación estándar	3,265	8,673
Varianza de la muestra	10,659,817	75,213,124
Rango	17,050	47,050
Mínimo	2,950	2,950
Máximo	20,000	50,000
Cuenta	47	44

En cuanto al tiempo de recorrido para el trayecto de acceso a la estación de TransMilenio, las personas en su mayoría tardan entre 5 y 10 minutos, con un 49% para la estación Carrera 47 y 43% para la estación Polo (ver Figura 41).

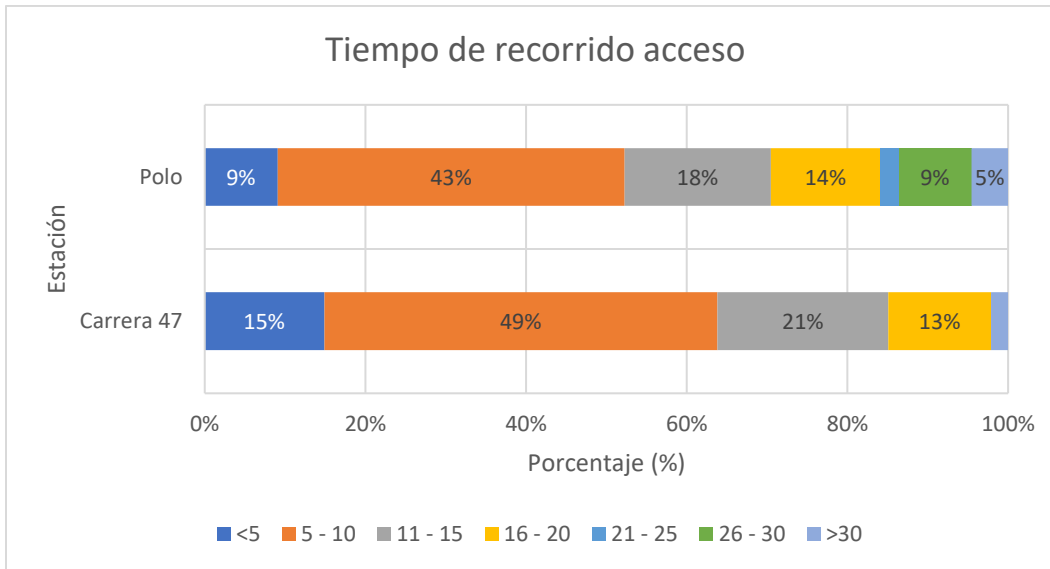


Figura 41 Tiempo de recorrido acceso a las estaciones de TransMilenio Carrera 47 y Polo
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

Para la distancia de recorrido en el acceso a la estación, en la Figura 42 se observa que el 43% de las personas recorren más de 500 metros para acceder a la estación Carrera 47, y en la Figura 43 se evidencia que el 55% de las personas recorren más de 500 metros para acceder a la estación Polo.

Una vez analizada esta y la anterior pregunta, se evidenció que sólo se refieren al acceso a la estación, sin embargo, el presente proyecto tiene como objetivo verificar el recorrido tanto de primera como de última milla, por lo que se ajusta la redacción de estas preguntas para el diseño de la encuesta definitiva.

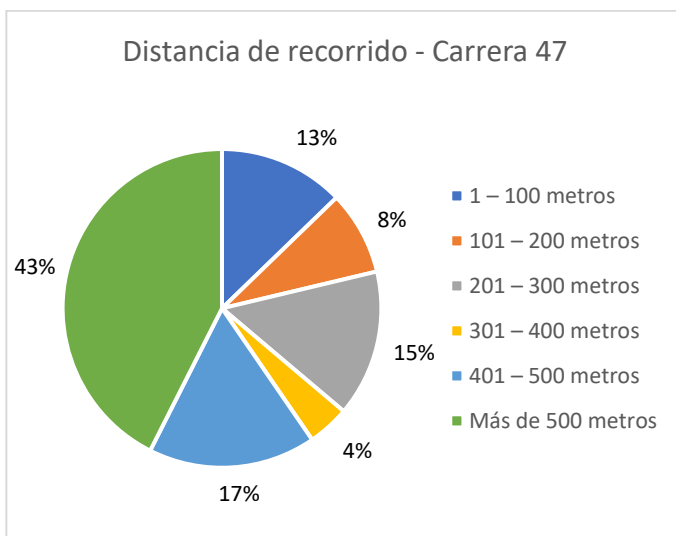


Figura 42 Distancia de recorrido para acceder a la estación de TransMilenio Carrera 47
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

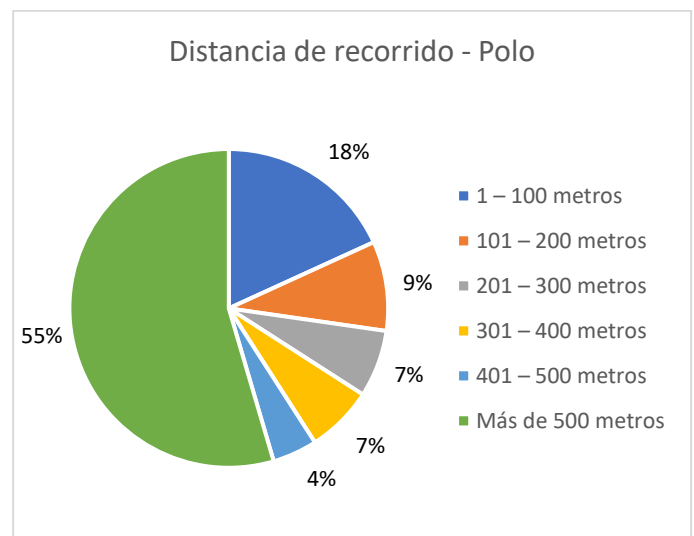


Figura 43 Distancia de recorrido para acceder a la estación de TransMilenio Polo
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

Respecto de la frecuencia de viaje, la opción que más se repite es el viaje diario, como se observa en la Figura 44 con una representación del 68% para la estación Carrera 47 y en la Figura 45 una representación del 52% para la estación Polo.

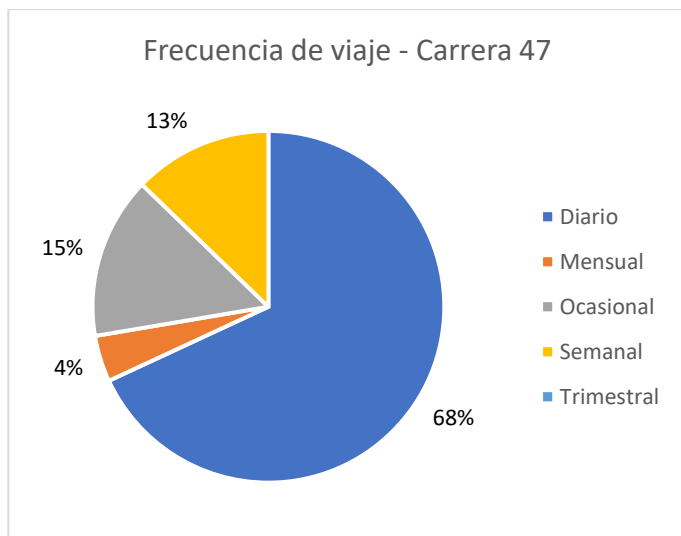


Figura 44 Frecuencia de viaje estación de TransMilenio Carrera 47
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

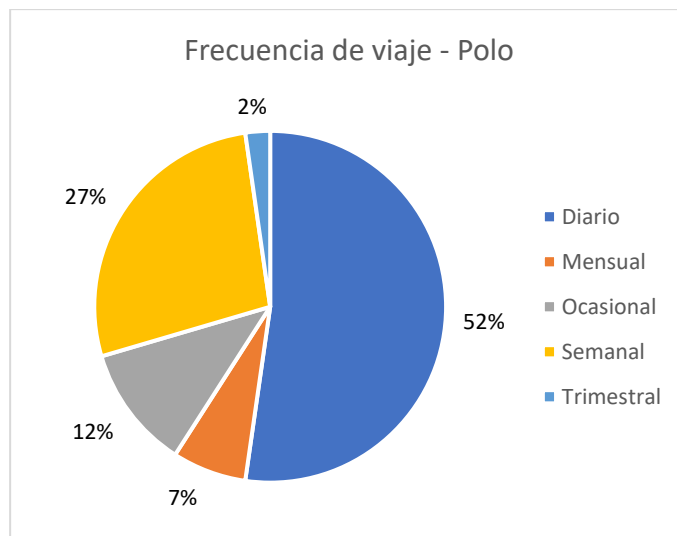


Figura 45 Frecuencia de viaje estación de TransMilenio Polo
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta piloto

Finalmente, respecto de la última pregunta: *¿Tiene algún comentario respecto de la presente encuesta?*, 44 personas del total de encuestadas realizaron comentarios sobre el servicio de transporte prestado por TransMilenio más no sobre la encuesta realizada.

- Conclusiones

De acuerdo con los resultados anteriores, de los datos obtenidos de la encuesta piloto se concluye que la mayoría de las personas acceden a las estaciones de Transmilenio a pie, por lo que el enfoque que se le dará a la encuesta definitiva será investigar acerca de si las personas estarían dispuestas a pagar un plan en Tembici para realizar el recorrido de primera y última milla, y no del modo de acceso a la estación y llegada al destino, además de por qué lo usarían y por qué no. Por esto, se concluye que los usuarios del transporte público no utilizan el sistema de bicicletas compartidas para realizar este primer o último trayecto del viaje.

Adicionalmente, se encontraron observaciones en la redacción de las preguntas, por lo que se ajustarán para así hacerlas más claras, además de hacer énfasis es que el recorrido no solo es de acceso, sino también de llegada al destino, pues el objetivo principal del presente trabajo se refiere al trayecto tanto de primera como última milla.

5.3.1. Encuesta definitiva

Diseño encuesta definitiva

Conforme el objetivo del presente proyecto, las observaciones y análisis de resultados de la encuesta piloto, se realizó el diseño de la encuesta definitiva. El formato utilizado para la recolección de las encuestas se presenta en el **ANEXO 1: Formato encuesta definitiva**.

Este formato se divide en tres secciones principales que corresponden a la información socioeconómica, información de viaje y la información referente al sistema de bicicletas compartidas – Tembici.

- Información socioeconómica

Esta sección tiene el propósito de realizar la recolección de los datos referentes a la caracterización tanto sociodemográfica como socioeconómica, pues factores como la edad, el género, los ingresos y demás, son factores que influyen directamente en las preferencias de los usuarios, en este caso, específicamente la preferencia o no de uso del sistema de bicicletas compartidas para realizar el recorrido de primera o última milla en sus viajes.

- Información de viaje

En esta sección se realizan preguntas referentes al viaje que se está realizando, haciendo énfasis en el recorrido de primera o última milla del viaje. Esto, con el fin de recolectar estos datos y verificar qué tanto influyen en la utilización o no del sistema de bicicletas compartidas para realizar el recorrido de primera o última milla. Además, identificar las características de los viajes realizados por los encuestados.

- Sistema de bicicletas compartidas - Tembici

Esta sección se diseña considerando la recolección de información respecto de si los usuarios tienen conocimiento previo del sistema, además de indagar si estarían dispuestos o no, a utilizarlo para realizar los recorridos de primera o última milla, junto con las razones de su elección, información fundamental para desarrollar el modelo estadístico y responder al objetivo principal del trabajo. Es importante resaltar que la variable asociada al costo se encuentra implícita dentro de las preguntas asociadas a la escogencia o no de un plan del sistema de bicicletas compartidas, ya que en el formato de la encuesta se detalla el costo asociado a cada uno de los planes, para que así los encuestados tomen su decisión teniendo en cuenta esta información.

Tabla 6 Preguntas encuesta definitiva

Fuente: Elaboración propia

Sección	Pregunta encuesta
Filtro	Estación de TransMilenio en que se realiza la encuesta

Sección	Pregunta encuesta
Información socioeconómica	Género con el que se identifica
	Edad
	Estrato socioeconómico en que se encuentra su vivienda
	Nivel educativo alcanzado
	Ocupación
Información de viaje	Ingresos (1SMLV = \$1.300.000)
	Motivo principal de viaje
	¿Cuál es el modo de acceso a la estación de TransMilenio o de llegada a su destino?
	De acuerdo con la respuesta anterior, indique el costo promedio de dicho modo que utiliza para llegar a la estación de TransMilenio o su destino. En caso de no tener costo, digitar cero.
	¿Cuál es el costo total que paga en el viaje? Refiriéndose al este trayecto
	¿Cuánto tiempo tarda o tardó en llegar a la estación de TransMilenio o su destino? (Indicar tiempo en minutos)
	¿Cuánta distancia recorre para acceder a la estación de TransMilenio o para llegar a su destino? (1 cuadra = 100 metros)
Sistema de bicicletas compartidas - Tembici	¿Qué tan frecuente es su viaje de acceso a la estación de TransMilenio o de llegada a su destino?
	¿Conoce el sistema de bicicletas compartidas de la ciudad operado por Tembici?
	Teniendo en cuenta las opciones de los planes ofrecidos por Tembici, por favor seleccione la opción que sea de su preferencia para cada caso: [¿Qué opción escogería para el trayecto de acceso a la estación de TransMilenio o llegada a su destino?]
	Teniendo en cuenta las opciones de los planes ofrecidos por Tembici, por favor seleccione la opción que sea de su preferencia para cada caso: [¿Qué opción escogería para realizar el viaje completo desde el origen hasta su destino?]
	¿Por qué NO usaría el sistema de bicicletas públicas para acceder a la estación de TransMilenio o llegar a su destino?
	¿Por qué NO usaría el sistema de bicicletas públicas para realizar su viaje completo?
	¿Por qué usaría el sistema de bicicletas públicas para acceder a la estación de TransMilenio o llegar a su destino?
	¿Por qué usaría el sistema de bicicletas públicas para realizar su viaje completo?
¿Qué lo motivaría a utilizar el sistema de bicicletas públicas para acceder a la estación de TransMilenio?	
	¿Tiene algún comentario respecto de la presente encuesta?

Para realizar el cálculo de la muestra representativa, se estableció como población el número de viajes atraídos y generados en las Zonas de Análisis de Transporte – ZAT en las que tiene cobertura la cuenca de servicio en cada una de las estaciones de TransMilenio seleccionadas.

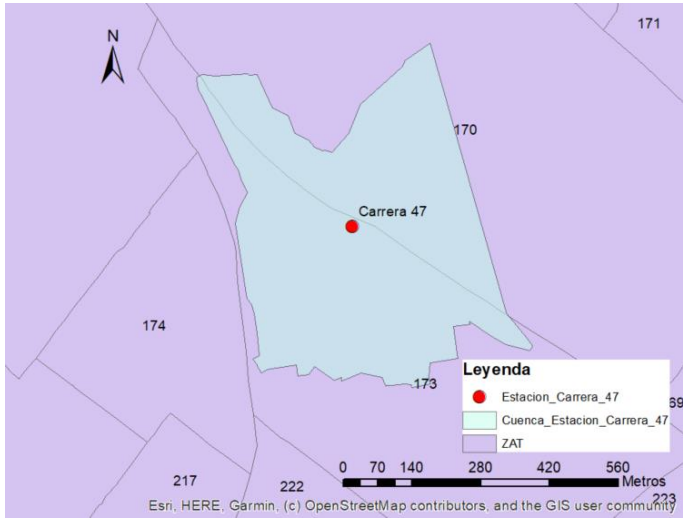


Figura 46 ZAT en la cuenca de servicio estación de TransMilenio Carrera 47

Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de Secretaría Distrital de Movilidad y Encuesta de Movilidad 2019

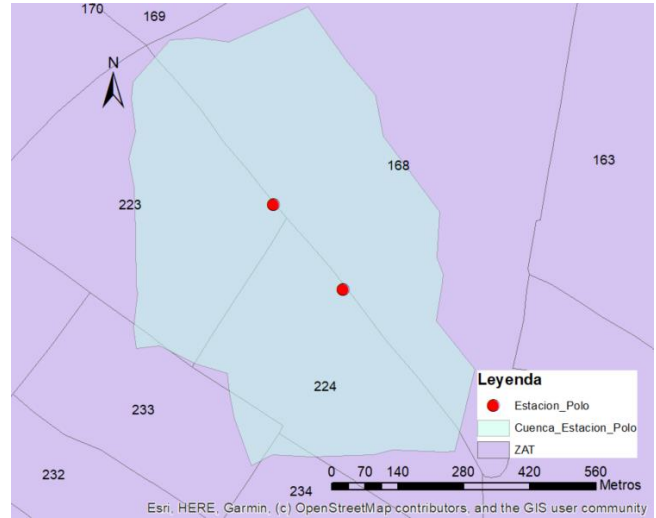


Figura 47 ZAT en la cuenca de servicio estación de TransMilenio Polo

Fuente: Elaboración propia utilizando ArcGIS con datos de Secretaría Distrital de Movilidad y Encuesta de Movilidad 2019

Como se observa en la Figura 46 y en la Figura 47, la cuenca de servicio de la estación Carrera 47 tiene cobertura en las ZAT 170 y 173, y para la estación Polo, su cuenca de servicio tiene cobertura en las ZAT 168, 223, 224, 233 y 234. Con esta información, se revisaron los datos de la Encuesta de Movilidad de 2019, tanto los viajes a traídos como generados por estas ZAT, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7 Viajes generados y atraídos por ZAT
Fuente: Elaboración propia

Estación	ZAT	Viajes atraídos	Viajes generados	Total por ZAT	Total, por estación
Carrera 47	170	232	825	1,057	3,171
	173	1,580	533	2,113	
Polo	168	3,159	890	4,049	12,742
	223	1,714	136	1,850	
	224	1,691	397	2,088	
	233	975	401	1,377	
	234	2,639	740	3,379	
Total					15,912

Con la información de la Tabla 7 y para el cálculo del tamaño de la muestra representativa, se realizó tomando la fórmula para población finita, como se muestra a continuación:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño de la población

Z: Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

e: Error de estimación máximo aceptado

p: Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

q = 1 – *p*: Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

En este caso, al ser p desconocida, toma un valor de 0.5 para así maximizar el tamaño de la muestra. Con una confianza del 95% y un error del 5%, el tamaño de la muestra se calcula así:

$$n = \frac{15,912 \cdot 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{0.05^2 \cdot (15,912 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5} = 375$$

Teniendo como resultado una muestra de 375 encuestas para el desarrollo del presente trabajo, se realizó el cálculo de manera proporcional, para así determinar el número mínimo de encuestas a realizar en cada una de las estaciones seleccionadas para el estudio:

*Tabla 8 Número de encuestas por estación
Fuente: Elaboración propia*

Estación	Viajes totales	n
Carrera 47	3,171	75
Polo	12,742	300
Total	15,912	375

Aplicación encuesta definitiva

Con la información anterior, se procedió a realizar la encuesta mediante un formulario creado en Google Forms de manera presencial, durante el periodo comprendido entre el 20 de febrero al 7 de marzo, los martes, miércoles y jueves de cada semana, en las estaciones Carrera 47 y Polo. Se recopiló un total de 379 encuestas, distribuidas de la siguiente manera: 300 en la estación Polo y 79 en la estación Carrera 47, cumpliendo así con el tamaño mínimo de la muestra.

5.4. FASE 4: Procesamiento y análisis

5.4.1. Procesamiento de datos

Se realizará en dos partes, la primera consiste en el procesamiento de los datos referentes a los viajes de primera y última milla, como parte del objetivo principal del presente trabajo, a través de un modelo de regresión, ya que estos modelos ayudan a establecer la relación entre las variables independientes y las dependientes, indicando la probabilidad de escogencia de determinada opción por los usuarios. La segunda parte, se realizará como complemento al objetivo principal y consistirá en el procesamiento y descripción de los datos referentes a los viajes origen destino.

Modelo de regresión – Viaje primera o última milla

- Descripción de los datos obtenidos

Teniendo en cuenta que, como se mencionó previamente, el enfoque de la encuesta definitiva será la escogencia de un plan de Tembici para realizar el viaje de primera o última milla, la descripción de los datos se realizará a nivel global y no separado por cada una de las estaciones en que se realizaron las encuestas.

El cuadro resumen de los datos obtenidos a través de la encuesta se presentan en el **ANEXO 2: Resumen de los datos encuesta definitiva**.

De acuerdo con los datos recolectados, el 50.7% de las personas encuestadas se identifican con el género femenino y el 49.3% con el género masculino, asimismo, la mayoría de estos se encuentran en edades entre los 19 y 34 años en estrato 3. Adicionalmente la formación académica máxima se encuentra en secundaria completa, seguida de técnico o tecnólogo y universitario completo. En cuanto a la ocupación, la mayoría de las personas se encuentran empleadas y perciben ingresos entre 1 y 2 SMLV.

En lo referente al viaje, se evidenció que se realiza diariamente con motivo principal es ir al trabajo y volver al hogar, además actualmente realizan el recorrido de primera o última milla caminando, con una media de tiempo de 14.9 minutos y con una distancia de más de 5 cuadras.

De las personas encuestadas, el 55.4% no conoce el sistema de bicicletas compartidas Tembici.

Para el recorrido de primera y última milla, el 44.9% de encuestados escogerían el plan mensual indicando entre las principales razones que consideran que el sistema es amigable con el medio ambiente y que es rápido. Por otro lado, el 48.3% no escogería ningún plan, ya que consideran que no es un sistema seguro ni cómodo, sin embargo, indican que si el sistema tuviera mayor cobertura espacial y la forma de pago estuviera integrada con el sistema de transporte público lo utilizarían.

Para realizar el viaje completo, el 47.0% de encuestados escogerían el plan mensual indicando que consideran que el sistema es amigable con el medio ambiente y que es rápido. Por el contrario, el 49.9% no escogería ningún plan, ya que consideran que no es un sistema seguro ni cómodo.

- Selección del modelo de regresión

Los modelos de elección discreta o desagregados, están fundamentados en las elecciones de cada individuo, estableciendo que la probabilidad de que una persona escoja determinada opción está determinada por una función de su entorno socioeconómico y lo atractiva que le resulte dicha opción en comparación con las demás (Ortúzar, 2015).

Estos modelos, para representar el atractivo de cada una de las alternativas, utilizan el concepto de utilidad, que está representada por las características de las alternativas y las características de las personas. Para predecir si una alternativa es escogida, se compara el valor de su utilidad con las utilidades de las alternativas, para así transformarse en una probabilidad entre 0 y 1. (Ortúzar et al., 2011).

De acuerdo con esto y con los modelos de regresión presentados en los trabajos revisados en el título **2.2 ESTADO DEL ARTE**, se realizó una revisión de lo que implica cada uno de los modelos propuestos, tal como se evidencia a continuación:

Tabla 9 Modelos de regresión

Fuente: Elaboración propia

Modelo	Descripción
Regresión ordinal	"Permite crear modelos, generar predicciones y evaluar la importancia de diversas variables predictoras en los casos en que la variable dependiente es ordinal por naturaleza" (IBM, 2022)
Regresión probit	"Es útil para las situaciones en las que se dispone de una respuesta dicotómica que se piensa puede estar influenciada o causada por los niveles de alguna o algunas variables independientes, y es particularmente adecuada para datos experimentales" (IBM, 2023)
Regresión logística	"Es una técnica estadística para predecir variables categóricas mediante variables predictoras. Este modelo ayuda a predecir la probabilidad de que ocurra un evento o de que se tome una decisión" (IBM, s.f.)

Adicionalmente, de acuerdo con la literatura, el modelo de regresión logístico es uno de los más sencillos y utilizados (Ortúzar et al, 2011). Además, teniendo en cuenta las definiciones presentadas en la Tabla 9 y los objetivos del presente trabajo, se opta por realizar el modelo de regresión logístico. Sin embargo, los modelos de regresión logística pueden aplicarse tanto a variables dicotómicas, como a variables con más de dos categorías.

Tabla 10 Modelos de regresión logística

Fuente: Elaboración propia

Modelo	Descripción
Regresión logística binaria	"Es similar a un modelo de regresión lineal pero está adaptado para modelos en los que la variable dependiente es dicotómica" (IBM, 2021)
Regresión logística multinomial	La regresión logística multinomial es útil para situaciones en las cuales desea poder clasificar sujetos basándose en los valores de un conjunto de variables predictoras. Este tipo de regresión es similar a la regresión logística, pero más general, ya que la variable dependiente no está restringida a dos categorías. (IBM, 2023)

La variable a explicar será la escogencia del plan de Tembici para realizar el recorrido de primera o última milla, como tiene tres opciones de respuesta (Plan mensual, plan diario o ninguno), se opta en primer lugar por una regresión logística multinomial.

En este caso, al revisar las respuestas obtenidas para cada una de las variables, se tiene lo siguiente:

Tabla 11 Variable a explicar

Fuente: Elaboración propia

Plan	Número de respuestas
Plan mensual	170
Plan diario	26
Ninguno	183

Por la poca cantidad de respuestas en el plan diario, se recurre a eliminar esta categoría, pues el modelo no se ajustará completamente debido a las pocas respuestas. Así las cosas, se procede a realizar un modelo logístico binomial.

- Elaboración modelo de regresión

Como se evidenció previamente en la descripción de los datos obtenidos y en el **ANEXO 2: Resumen de los datos encuesta definitiva**, se identificó un gran número de variables categóricas, por lo que en primer lugar se realiza la recategorización de las mismas. Este proceso implica la agrupación de categorías para homogeneizar los datos, reduciendo la cantidad de categorías y así obtener más fácilmente que el modelo se ajuste a los datos. Posteriormente, se realizó la codificación de las variables para proceder a realizar el modelo de una forma más sencilla, esta codificación se puede ver en el **ANEXO 3: Codificación variables**.

Adicionalmente, de acuerdo con Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009), se deben realizar pruebas de multicolinealidad¹ para así verificar si existe una fuerte relación entre las variables. Por esto, se realizó el cálculo del Factor de Inflación de la Varianza (FIV o VIF por sus siglas en inglés),

$$FIV = \frac{1}{(1 - r^2)}$$

Donde r^2 es el coeficiente que indica qué tan bien se ajusta la regresión a los datos.

A medida que r^2 aumenta, el FIV tiende a infinito, por lo que entre más alto el valor del FIV mayor es el grado de colinealidad.

Luego de realizar las diferentes pruebas de multicolinealidad a través del cálculo del FIV, se determinó que las variables *Ocupación*, *Modo_acceso.llegada* e *Ingresos* no se incluirán en el modelo, pues arrojaron valores altos.

Posteriormente, se construyó el modelo de regresión, sin embargo, ya que se encontraron variables no significativas (*Estación*, *Motivo*, *Estrato* y *Tiempo*), estas se retiraron en el modelo final para así obtener un mejor ajuste a los datos². Obteniendo los siguientes resultados:

¹ La multicolinealidad se refiere a que entre más correlacionadas se encuentren las variables entre sí, los coeficientes de la regresión pueden ser indeterminados o estimados con poca exactitud. (Gujarati, D. N., & Porter, D. C., 2009).

² Respecto de las variables *Usaria_acceso.destino* y *No_acceso.destino*, son variables que no pudieron ser recategorizadas debido a las categorías con las que cuentan. Adicionalmente, generan alertas en el momento de calcular tanto el FIV como el modelo de regresión, debido a singularidades presentadas, motivo por el cual, no se tienen en cuenta en el desarrollo del modelo.

Tabla 12 Resultados modelo de regresión logit binomial
Fuente: Elaboración propia a partir de resultados obtenidos en R

Variable			Coeficiente	Error estándar	P>z	
Nombre	Referencia	Categoría				
Intercepto			2.7865	0.5863	0.0000	***
Genero	Femenino	Masculino	0.5060	0.2526	0.0452	*
Edad	Menor o igual a 18	19 – 25	-0.8468	0.4312	0.0495	*
		26 – 34	-0.7598	0.4073	0.0621	.
		35 – 40	-1.4923	0.4572	0.0011	**
		41 – 50	-2.2191	0.4960	0.0000	***
		Mayor de 50	-1.8040	0.5468	0.0010	***
Costo	0	2500 y 2950	-1.1066	0.4497	0.0139	*
Distancia	Más de 5 cuadras	1 a 2 cuadras	-0.7688	0.2979	0.0099	**
		3 a 4 cuadras	-0.1005	0.3315	0.7617	
Frecuencia	Diario	Semanal	-1.2081	0.6873	0.0788	.
		Mensual u Ocasional	-0.7555	0.3409	0.0267	*
Conoce Tembici	Si	No	-0.4783	0.2604	0.0662	.
Motivación	Rapidez	Comodidad	-1.6859	0.6092	0.0057	**
		Sistema de acceso integrado con el sistema de transporte público (Tarjeta Tullave)	-1.3266	0.5110	0.0094	**
		Mayor seguridad	-1.0702	0.5206	0.0398	*
		Mayor infraestructura de ciclorrutas	-1.4649	0.6105	0.0164	*
		Mayor cobertura del sistema de bicicletas públicas	-1.3663	0.4883	0.0051	**
		Ninguna y No me gusta usar bicicleta	-15.9266	741.8282	0.9829	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Null deviance: 488.88 on 352 degrees of freedom
Residual deviance: 395.32 on 334 degrees of freedom
AIC: 433.32

Finalmente se realizó el cálculo de la matriz de confusión³, obteniendo lo siguiente:

Tabla 13 Matriz de confusión
Fuente: Elaboración propia a partir de resultados obtenidos en R

Valores predichos	Valores reales		
		Plan mensual	Ninguno
	Plan mensual	116	51
Ninguno	54	132	

De acuerdo con la Tabla 13, se obtiene que el modelo calculó:

- 116 personas que escogen el plan mensual fueron predichas correctamente

³ La matriz de confusión sirve para calcular y visualizar el rendimiento de un modelo de clasificación y se ve de la siguiente manera:

Valores predichos	Valores reales		
		Positivo	Negativo
	Positivo	Verdadero positivo (TP)	Falso positivo (FP)
Negativo	Falso negativo (FN)	Verdadero negativo (TN)	

(DataScientest, 2024)

- 132 personas que no escogieron ningún plan fueron predichas correctamente
- 54 personas que eligieron el plan mensual, pero incorrectamente predichas como que no escogieron ningún plan
- 51 personas que no eligieron ningún plan, pero incorrectamente predichas como que escogieron el plan mensual

Con estos resultados, se procede a calcular la exactitud o accuracy, la sensibilidad o sensitivity y la especificidad o specificity, como se muestra a continuación:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} = \frac{116 + 132}{116 + 51 + 54 + 132} = 0.7025$$

La exactitud indica que el 70.25% de los resultados fueron bien predichos por el modelo.

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{116}{116 + 54} = 0.6824$$

La sensibilidad indica que el 68.24% de las personas que escogieron el plan mensual fueron correctamente identificadas por el modelo.

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} = \frac{132}{132 + 51} = 0.7213$$

La especificidad indica que el 72.13% de las personas que no escogieron ningún plan, fueron correctamente identificadas por el modelo.

Resultados – Viaje origen-destino

Respecto de la escogencia del plan de Tembici para realizar el viaje completo, se obtuvo que el 50% de las personas no escogería ninguno y el 47% optarían por el plan mensual para este recorrido, como se observa en la Figura 48.

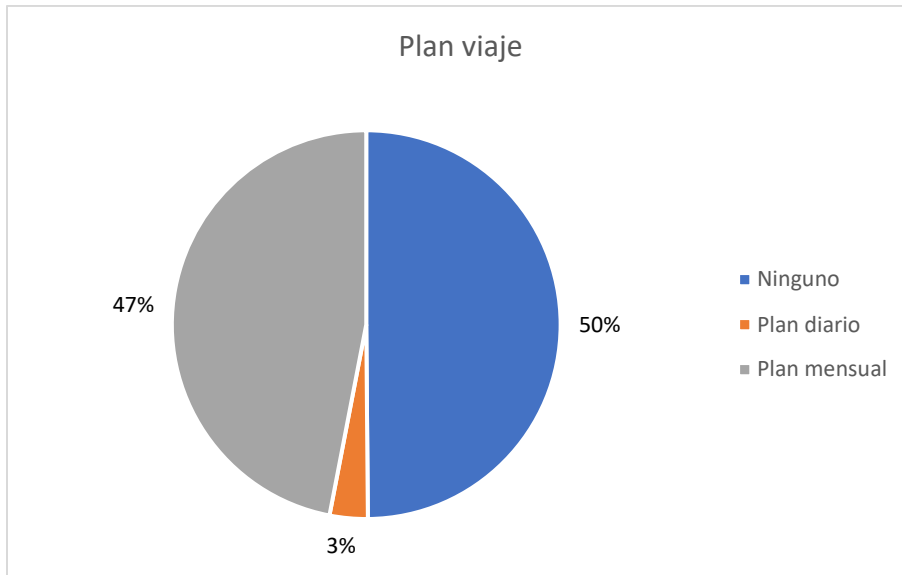


Figura 48 Elección del plan para el viaje completo
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta definitiva

De las personas que escogieron el plan mensual o el plan diario, el 30% indican que lo harían porque es amigable con el medio ambiente, y el 26% porque es un modo rápido (Ver Figura 49).

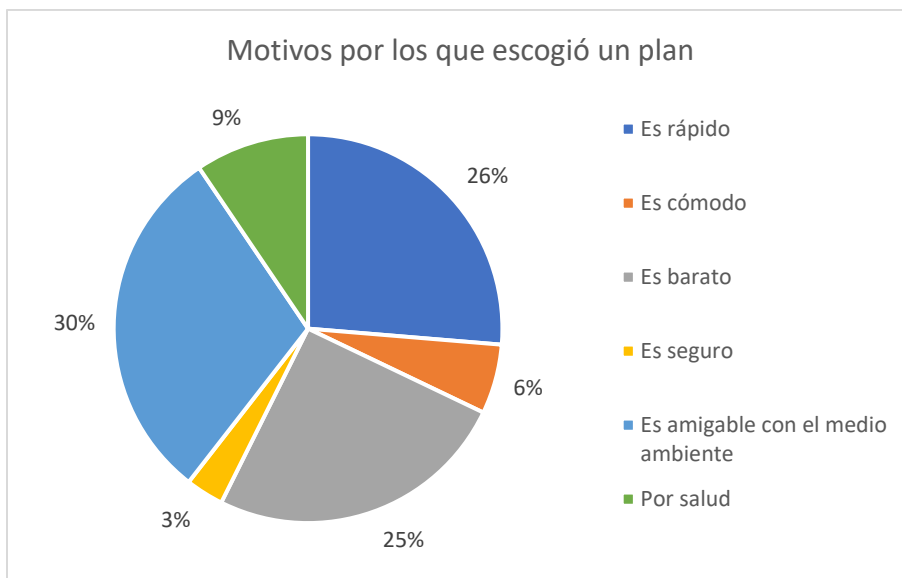
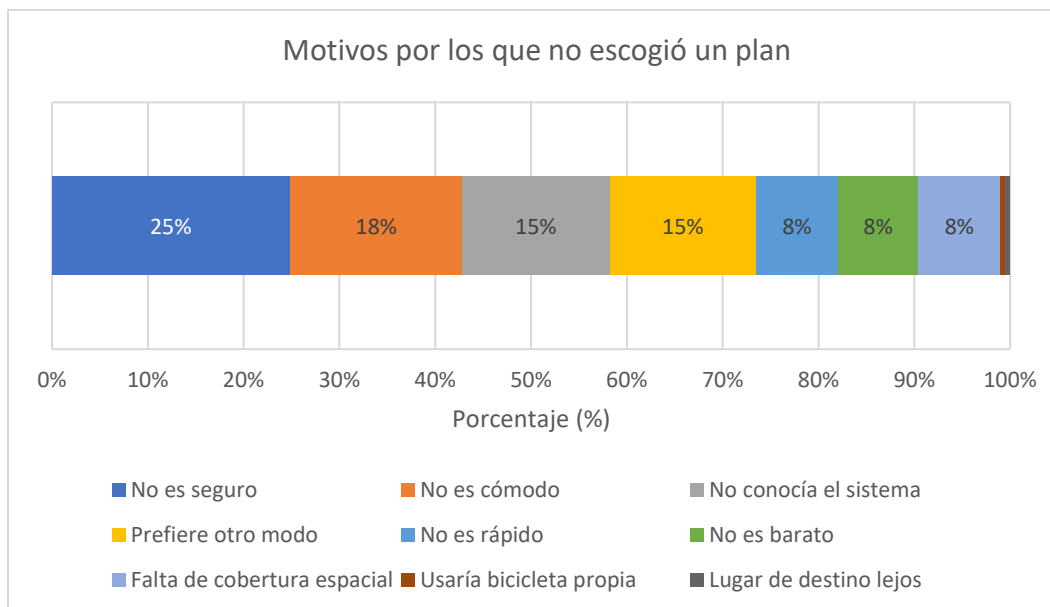


Figura 49 Motivos por los que escogería un plan
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta definitiva

Finalmente, de las personas que no escogieron ningún plan, el 25% indican que no escogieron porque sienten que no es un modo seguro y el 18% indica que no es cómodo para realizar el trayecto, tal como se evidencia en la Figura 50.



*Figura 50 Motivos por los que no escogería un plan
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta definitiva*

5.4.2. Análisis de resultados

Modelo de regresión – Viaje primera o última milla

*Tabla 14 Odd Ratio para modelo logit binomial
Fuente: Elaboración propia a partir de resultados obtenidos en R*

		Variable		Odd Ratio
Nombre	Referencia	Categoría		
Intercepto				15.2237
Genero	Femenino	Masculino		0.6587
Edad	Menor o igual a 18	19 – 25		-0.5712
		26 – 34		-0.5322
		35 – 40		-0.7751
		41 – 50		-0.8913
		Mayor de 50		-0.8354
Costo	0	2500 y 2950		-0.6693
Distancia	Más de 5 cuadras	1 a 2 cuadras		-0.5364
		3 a 4 cuadras		-0.0956
Frecuencia	Diario	Semanal		-0.7012
		Mensual u Ocasional		-0.5302
Conoce Tembici	Si	No		-0.3802
Motivación	Rapidez	Comodidad		-0.8147
		Sistema de acceso integrado con el sistema de transporte público (Tarjeta Tullave)		-0.7346
		Mayor seguridad		-0.6570
		Mayor infraestructura de ciclorrutas		-0.7689
		Mayor cobertura del sistema de bicicletas públicas		-0.7450
		Ninguna y No me gusta usar bicicleta		-0.9999

Como se observa en las Tabla 12 y 14, la mayoría de las variables utilizadas para el cálculo del modelo resultaron significativas, destacando las edades, a la hora de elegir o no un plan de Tembici para el recorrido de primera o última milla del viaje.

Las variables socioeconómicas, como el género y la edad resultaron bastante significativas para el modelo realizado, así, las personas que se identifican con el género masculino tienen un 65% más de probabilidades de elegir el plan mensual en comparación con las personas que se identifican con género femenino. Además, la edad tiene un impacto negativo en la elección del plan mensual, ya que a medida que aumenta, disminuye la probabilidad de que este sea escogido para el recorrido de primera o última milla en comparación con la edad de referencia, que en este caso es menor o igual a 18 años.

Continuando con las variables referentes al viaje, se evidenció que si bien el costo del modo de recorrido de primera o última milla se encuentra principalmente concentrado en un valor de cero, evidenciando así que este recorrido se realiza caminando, esta variable resultó significativa para el modelo, indicando que las personas que pagan entre 2500 y 2950 tienen un 66.93% menos de probabilidad de escoger el plan mensual, en comparación con las personas que no pagan por realizar este recorrido. En cuanto a la distancia de recorrido, se evidencia que a medida que disminuye esta distancia, disminuye la probabilidad de que los usuarios escojan el plan mensual, pues se tiene que para las distancias de 3 a 4 cuadras y 1 a 2 cuadras, la probabilidad disminuye en un 9.56% y 53.64% respectivamente, en comparación con una distancia de más de 5 cuadras. Por otra parte, si bien la frecuencia de los viajes se realiza en su mayoría a diario, esta variable resultó significativa para el modelo, obteniendo que si el viaje es semanal la probabilidad de escoger el plan mensual disminuye en 70.12% y si el viaje se realiza de manera mensual u ocasional la probabilidad disminuye en un 53.02%, esto en comparación con los viajes que se realizan diariamente.

Finalmente, las variables referentes al sistema de bicicletas compartidas Tembici, como son, si conoce el sistema y qué lo motivaría a utilizarlo, resultaron significativas. Si las personas no conocen el sistema de Tembici, la probabilidad disminuye en 38.02% en comparación con las personas que si conocen el sistema. Y en cuanto a qué motivaría a los usuarios a utilizar el sistema de Tembici, todas las opciones disminuyen su probabilidad de escoger el plan mensual, en comparación con la opción rapidez, para este último caso, el coeficiente de la categoría denominada *Ninguna y No me gusta usar bicicleta* es bastante alto (-15.92), lo que indica que debido a la poca cantidad de datos, no se realizó un correcto ajuste, razón por la cual esta variable no se tiene en cuenta en el análisis y conclusiones del trabajo, de igual manera, esta no resultó significativa para explicar el modelo de regresión.

- Variables que no se incluyeron en el modelo

Tal como se mencionó previamente, para el desarrollo del modelo se retiraron variables con el fin de que los datos se ajustaran mejor. Por esto, a continuación, se realiza el análisis de los datos obtenidos para el resto de las variables.

De las personas que escogerían el plan mensual para realizar el recorrido de primera o última milla, el 41% se encuentran en estrato 3 y el 38% en estrato 2. Adicionalmente, el 45% de las personas, como nivel educativo máximo es primaria y secundaria completa, finalmente, el 57% tienen ingresos menores a 2 SMLV. En cuanto al motivo de viaje, el 38% tienen como motivo principal de viaje trabajo y el 34% hogar. El 92% actualmente realiza este recorrido a pie. Finalmente, el 45% de las personas escogería el plan porque es amigable con el medio ambiente y el 37% porque es rápido.

De las personas que realizan este recorrido a pie, el 50% escogería el plan mensual, y de estos, el 43% recorren más de 5 cuadras.

De las personas que no escogerían ningún plan, el 54% se encuentran en estrato 3 y el 27% en estrato 2. Adicionalmente, el 37% de las personas, como nivel educativo máximo es primaria y secundaria completa, finalmente, el 54% tienen ingresos menores a 2 SMLV. En cuanto al motivo de viaje, el 34% tienen como motivo principal de viaje trabajo y el 32% hogar. Finalmente, las personas no escogerían el plan porque el sistema no les parece cómodo y no les parece seguro, cada una con una representación del 21%, además, el 22% prefiere otro modo. El 30% de las personas estarían motivadas a utilizar el sistema si tuviera mayor cobertura espacial y si hubiera mayor seguridad y tuviera el sistema de acceso integrado con el transporte público de la ciudad, cada uno con una representación del 19%.

De las personas que realizan este recorrido a pie, el 50% no escogería el plan mensual, y de estos, el 35% recorren más de 5 cuadras.

Resultados – Viaje origen-destino

Tal como se evidenció previamente, para realizar el viaje desde el origen hasta el destino, el 50% de los encuestados prefieren continuar realizándolo como lo usual, el 25% indica que es porque no se sienten seguros y el 18% dicen que no es un sistema cómodo.

Por otro lado, el 47% de las personas escogerían el plan mensual del sistema de bicicletas compartidas para realizar el viaje. De estos, el 39% se identifica con el género femenino y el 61% con el género masculino, además, el 79% de los encuestados tienen edades menores a los 34 años. En cuanto a los ingresos, 58% perciben ingresos menores a los 2 SMLV, destacando que las personas que ganan más de 4 SMLV solo representan el 4% de las personas que escogerían el plan mensual. Asimismo, el 70% tienen como motivo principal ir al trabajo y volver al hogar.

Finalmente, dentro de los motivos por los cuales escogería el plan mensual, el 29.8% indican que es porque el sistema es amigable con el medio ambiente y el 27.5% lo escogerían porque es rápido.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Respecto de la metodología aplicada

- Se realizó con éxito la verificación del estado del arte, identificando estudios realizados en diferentes partes alrededor del mundo, los que sirvieron de guía para definir la metodología a seguir en caso de estudiar los sistemas de bicicletas compartidas u otros modos de transporte, para realizar el recorrido de primera o última milla, cuando el trayecto principal se realiza en transporte público.
- Luego de realizar el diseño, aplicación y análisis de la encuesta piloto, se tuvo como resultado que el 100% de las personas encuestadas en la estación Carrera 47 realizan el recorrido de acceso a la estación caminando y para la estación Polo, este porcentaje fue de 98%. Por esto, se decidió que el enfoque para la encuesta definitiva no sería investigar el modo, sino si los usuarios del transporte público estarían dispuestos a pagar un plan de Tembici para realizar este recorrido, y por qué si o no lo escogerían.
- Dado que en la encuesta piloto se realizaron las preguntas enfocadas al acceso a las estaciones de TransMilenio, lo que generó posibles errores en la respuesta por parte de los encuestados, para la encuesta definitiva se realizó este ajuste en la redacción, para así enfocarlo al recorrido tanto de primera como de última milla.

Respecto del modelo de regresión realizado

- El desarrollo del trabajo permitió verificar que las personas usuarias del sistema de TransMilenio, en términos del recorrido de primera o última milla, lo hacen en su mayoría caminando. Por esto, respondiendo a la pregunta de investigación y al objetivo principal, las personas no utilizan el sistema de bicicletas compartidas para realizar el recorrido.
- Si bien, de acuerdo con la revisión bibliográfica realizada, la implementación de sistemas de bicicletas compartidas hace que utilizar el transporte público sea más atractivo, en este caso particular, se evidenció que no es así, ya que las personas realizan este recorrido de primera o última milla lo hacen caminando o utilizando uno de los buses zonales del sistema de transporte público, lo que se puede deber a que el sistema operado por Tembici aún es muy nuevo y gran parte de la población no lo conoce todavía.
- Adicionalmente, las personas que se identifican con el género masculino tienen un 65% más de probabilidad de escoger el plan mensual para realizar el recorrido de primera o última milla y a medida que aumenta la edad, disminuye la probabilidad de elección del plan, lo que puede verse reflejado en que al ser la bicicleta un modo activo, requiere de un esfuerzo físico para poder realizar el trayecto.
- En cuanto a las variables referentes al viaje, a medida que aumenta la distancia de recorrido de primera o última milla, aumenta la probabilidad de escogencia del plan mensual, lo que se puede explicar teniendo en cuenta que las personas prefieren no realizar el pago de un sistema adicional, cuando la distancia es corta, pues prefieren realizarla a pie o en bus zonal ya que con este se puede realizar el transbordo por lo que no se realiza ningún tipo de pago adicional.

Además, si el viaje se realiza de forma diaria, la probabilidad de escogencia del plan mensual es mayor, en comparación con si la frecuencia es semanal, mensual u ocasional, esto debido a que al realizar el viaje diariamente, se aprovecharía más la utilización del sistema de bicicletas compartidas, pues se harían alrededor de 20 a 40 recorridos, cantidad que disminuiría considerablemente en caso de realizar el viaje semanal, mensual u ocasionalmente, ya que serían alrededor de 4 u 8 recorridos al mes. Por lo que los usuarios no ven tan provechoso pagar adicionalmente a lo que pagan en el sistema de transporte público.

- En relación con las variables referentes al sistema de bicicletas compartidas, la escogencia del plan mensual disminuye en un 38% en caso de que no se tiene conocimiento acerca de Tembici, por lo que se evidencia la importancia de que las personas y usuarios del sistema de transporte público conozcan el sistema.
- Finalmente, respecto de qué motivaría a los usuarios a utilizar el sistema de bicicletas compartidas para realizar los recorridos de primera o última milla, se encontró que la rapidez es el factor que mayor probabilidad tiene, en comparación con el resto, que reduce la probabilidad significativamente.

Respecto de los demás resultados obtenidos para el recorrido de primera o última milla

- Se observó que de las personas que escogerían el plan mensual, el 45% lo harían porque es amigable con el medio ambiente y el 37% porque es rápido, lo que indica que a los usuarios les interesa en gran medida el tema relacionado con el medio ambiente, además, de poder realizar los recorridos de forma más rápida.
- De las personas que no escogerían el plan, las principales razones se encuentran en que no les parece un sistema cómodo, ni seguro, además de que prefieren otro modo para realizar el recorrido, en este caso, es principalmente caminando. Esto implica que al ser la caminata un modo que no requiere pago, las personas igual preferirían este modo para así no tener que pagar un adicional a lo que se requiere en el transporte público, ya que las personas que tienen ingresos medios o bajos no suelen poder costearse cosas adicionales a las necesarias. Sin embargo, de las personas que escogerían el plan mensual, el 41% se encuentra en estrato 3 y el 38% en estrato 2, además, el 58% tiene ingresos menores a los 2 SMLV, lo que indica que, a pesar de que pagar el plan mensual es un costo adicional, la mayoría de las personas que estarían dispuestas a pagar se encuentran en estratos medios a bajos, lo que se encuentra asociado también a que las mayores distancias de recorrido las recorren las personas de estos estratos.

Así las cosas, aunque el sistema de bicicletas compartidas genere un costo adicional que no todas las personas estén dispuestas a pagar ni puedan solventar, los usuarios que se encuentran en estratos medios o bajos estarían dispuestos, para así ahorrar tiempo en el recorrido de distancias largas para los trayectos de primera o última milla.

Respecto de los resultados obtenidos para el viaje origen-destino

- De las personas que escogerían el plan mensual, el 61% se identifican con el género masculino, además, el 79% de las personas son menores de 34 años, por lo que son los

hombres jóvenes los que más estarían dispuestos a realizar el viaje completo utilizando el sistema.

- Además, el 42% de las personas, escogerían el plan mensual para realizar su viaje con motivo principal trabajo y el 28% para ir a casa, por lo que el sistema puede ayudar a descongestionar el transporte público en las horas pico, si se logra realizar el trasvase de dichos viajes a este modo.

Conclusiones generales

- Se puede evidenciar que debido a que el sistema de bicicletas compartidas con el que cuenta la ciudad aún es muy nuevo, gran parte de la población no lo conoce, motivo por el cual, aunque las personas estarían dispuestas a utilizar un sistema así, no lo hacen por falta de conocimiento.
- Del estado del arte, se evidencia que en ciudades como Delft, Países Bajos, la implementación de los sistemas de bicicletas compartidas aumentó el uso del tren, lo que implica que el sistema soluciona los problemas de primera y última milla de los sistemas masivos de transporte público. Sin embargo, es importante resaltar que, en estos lugares, la bicicleta ha sido históricamente relevante para realizar todos los desplazamientos de los ciudadanos, ya que se le ha dado relevancia en el momento de la planificación urbana. Es por esto que, en el caso particular de Bogotá, si bien se ha encaminado a dar mayor relevancia al uso de la bicicleta, aún falta un gran camino por recorrer ya que aun cuando la ciudad cada vez cuenta con mejor cicloinfraestructura, en algunas zonas falta conectividad y continuidad.

Adicionalmente, en cuanto al sistema de bicicletas compartidas, este solo cuenta con cobertura en 6 de las 20 localidades de la ciudad, por lo que falta avanzar con el sistema para que se fomente su uso tanto para viajes origen-destino como para recorridos de primera y última milla.

- Finalmente, se debe tener en cuenta que los sistemas de bicicletas compartidas y de transporte público de la ciudad, aún no son completamente intermodales, ya que los dos cuentan con tarifas diferentes y modos de acceso diferentes, motivo por el cual, aún no se populariza la conexión entre estos para realizar los trayectos de primera y última milla en bicicleta, mientras se realiza el recorrido principal en transporte público.

6.2. RECOMENDACIONES

A Tembici

- Teniendo en cuenta que la probabilidad de escogencia del plan mensual del sistema de bicicletas compartidas, para realizar el recorrido de primera y última milla, disminuye en un 38% cuando las personas no conocen el sistema en comparación con las que, si lo conocen, se recomienda generar estrategias de publicidad y comunicación para que así la población conozca cada vez más el sistema, derivando así en un mayor uso de este para los recorridos mencionados.

Estas estrategias pueden comprender, por ejemplo:

- Difusión en redes y medios de comunicación, realizando contenido específico para cada tipo de audiencia.
- Realizar un programa de referidos, para que así los que actualmente ya son usuarios, comenten esto a los conocidos y así generar una red mayor de conocimiento del sistema.
- Promocionar los diferentes planes con los que cuenta el sistema, ya que hay uno de ellos se dirige a las personas activas en el Sisbén, por lo que la población objetivo sería las de menores ingresos, generando un alivio así en sus gastos mensuales.

A Tembici y TransMilenio

- Como se observa a lo largo del desarrollo del presente trabajo, la efectiva intermodalidad entre los sistemas de bicicletas compartidas y el transporte público beneficia a este último y lo hace más atractivo a los potenciales usuarios. Por ello, se recomienda que ambos sistemas trabajen articulados, que se defina una tarifa integral, además de formas de acceso similares, para que así sea provechoso para el usuario hacer uso de los dos sistemas, promoviendo así la movilidad sostenible en la ciudad.

Futuras líneas de investigación

- Es importante destacar que para el desarrollo del presente trabajo solo se tuvieron en cuenta los planes diario y mensual, de acuerdo con la información presentada por Tembici, ya que eran los planes que más se utilizaban en el momento de la consulta. Por esto, una futura investigación podría incluir los demás planes ofrecidos por el sistema.
- Adicionalmente, puede realizarse un estudio enmarcado en lo relacionado con la seguridad, ya que una de las observaciones de los encuestados es que les genera intranquilidad tener que utilizar el teléfono para poder utilizar el sistema.

7. REFERENCIAS

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., Secretaría de Tránsito y Transporte. (2005). Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. (2a ed). Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2017). *Plan Distrital de Seguridad Vial 2017-2026*. https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/23-09-2021/plan_distrital_de_seguridad_vial_2017-2026.pdf

Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>

Centro de Estudios sobre Redes, Transportes, Urbanismo y Construcción Pública CERTU. (2013). *Los esquemas de ciclovías y la intermodalidad bicicletas y transportes públicos*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36103/FAL-317-WEB_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Copenhagenize Index 2019. (2019). 12. Bogotá. <https://copenhagenizeindex.eu/cities/bogota>

DataScientest. (29 de febrero de 2024). *¿Cómo aprovechar el rendimiento de la matriz de confusión?* <https://datascientest.com/es/matriz-de-confusion>

Datos Abiertos Secretaría Distrital de Movilidad. (s.f.). *Estaciones Sistema de Bicicletas Compartidas*. Secretaría Distrital de Movilidad. Recuperado el 12 de mayo de 2023 de <https://datos.movilidadbogota.gov.co/datasets/movilidadbogota::estaciones-sistema-de-bicicletas-compartidas-3/explore?location=4.650044%2C-74.055598%2C12.95>

Datos Abiertos Secretaría Distrital de Movilidad. (s.f.). *Malla Vial Integral Bogotá D C*. Secretaría Distrital de Movilidad. Recuperado el 22 de noviembre de 2023 de <https://datos.movilidadbogota.gov.co/datasets/movilidadbogota::malla-vial-integral-bogota-d-c/explore>

Datos Abiertos de TransMilenio S.A. (s.f.). *Estaciones Troncales de TRANSMILENIO*. Empresa de Transportes Tercer Milenio TRANSMILENIO S.A. Recuperado el 10 de mayo de 2023 de <https://datosabiertos-transmilenio.hub.arcgis.com/datasets/estaciones-troncales-de-transmilenio/explore?location=4.650180%2C-74.125000%2C12.00>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023). *Serie municipal de población por área, sexo y edad para el periodo 2020-2035*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

Espinel, A. F. (2019). *Análisis de preferencias que motivan a los usuarios de nivel socioeconómico medio alto a emplear modos de transporte ilegal para acceder al sistema integrado de transporte, estudio de caso estación BRT Mazurén, sector noroccidental Bogotá D.C.* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Universidad Nacional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69865>

Fan, A., Chen, X., y Wan, T. (2019). How Have Travelers Changed Mode Choices for First/Last Mile Trips after the Introduction of Bicycle-Sharing Systems: An Empirical Study in Beijing, China. *Journal of Advanced Transportation*, 2019, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2019/5426080>

Galeano, P. (10 de abril de 2023). *Las tres ciudades a las que entraría sistema de bicicletas compartidas*. Portafolio. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/las-tres-ciudades-a-las-que-entraria-sistema-de-bicicletas-compartidas-581207>

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Econometría*. (5a ed.). McGraw-Hill.

IBM. (7 de diciembre de 2021). *Regresión logística binaria*. <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/beta?topic=regression-binary-logistic>

IBM. (13 de septiembre de 2022). *Regresión ordinal*. <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/saas?topic=edition-ordinal-regression>

- IBM. (4 de agosto de 2023). *Regresión probit*. <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/saas?topic=regression-probit>
- IBM. (4 de agosto de 2023). *Regresión logística multinomial*. <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/saas?topic=regression-multinomial-logistic>
- IBM. (s.f.). *¿Qué es la regresión logística?* <https://www.ibm.com/mx-es/topics/logistic-regression>
- Ji, Y., Fan, Y., Ermagun, A., Cao, X., Wang, W., & Das, K. (2016). Public bicycle as a feeder mode to rail transit in China: The role of gender, age, income, trip purpose, and bicycle theft experience. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(4), 308–317. <https://doi.org/10.1080/15568318.2016.1253802>
- Kåresdotter, E., Pagea, J., Mörtberg, U., Näsström, H., & Kalantar, Z. (2022). First Mile/Last Mile Problems in Smart and Sustainable Cities: A Case Study in Stockholm County. *Journal of Urban Technology*, 29(2), 115-137. <https://doi.org/10.1080/10630732.2022.2033949>
- Kocur, G., Adler, T., Hyman, W., & Aunet, B. (1982). *Guide to forecasting travel demand with direct utility assesment*. Washinton, D.C.: National Technical Information Service
- Kong, H., Jin, S. T., y Sui, D. Z. (2020). Deciphering the relationship between bikesharing and public transit: Modal substitution, integration, and complementation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 85, 102392. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102392>
- López, C., Pueyo, A., & Valdivielso, S. (2019). Pedaleando hacia una movilidad urbana sostenible: el caso del modelo ciclista en Zaragoza (España). *Avances Investigación en Ingeniería*, 16(1), 76-87. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.5215>
- Ma, X., Yuan, Y., Van Oort, N., & Hoogendoorn, S. (2020). Bike-sharing Systems' Impact on Modal Shift: A Case Study in Delft, the Netherlands. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120846. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120846>
- Mapas Bogotá. (s.f.). *Localidad Bogotá D.C. Año 2022*. Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital. Recuperado 11 de mayo de 2023 de <https://mapas.bogota.gov.co/#>
- Martin, E., & Shaheen, S. (2014). Evaluating public transit modal shift dynamics in response to bikesharing: a tale of two U.S. cities. *Journal of Transport Geography*, 41, 315–324. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.06.026>
- Montezuma, R. (2015). *Sistemas Públicos de Bicicletas para América Latina. Guía práctica para implementación*. Bogotá: CAF; Fundación Ciudad Humana. Retrieved from <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/745>
- Moscoso, M., Van Laake, T., Quiñones, L., Pardo, C., Hidalgo, D. (2019). Transporte urbano sostenible en América Latina: evaluaciones y recomendaciones para políticas de movilidad. Despacio. <https://www.despacio.org/wp-content/uploads/2020/02/SUTLac-ESP-20200224-web.pdf>

- Narayanan, S., Makarov, N., Magkos, E., Salanova Grau, J.M., Aifadopoulou, G. y Antoniou, C. (2023). Can Bike-Sharing Reduce Car Use in Alexandroupolis? An Exploration through the Comparison of Discrete Choice and Machine Learning Models. *Smart Cities*, 6(3), 1239-1253. <https://doi.org/10.3390/smartcities6030060>
- National Association of City Transportation Officials. (25 de septiembre de 2019). *Street space in cities is limited. Here's what we can do with it.* [Video adjunto]. Twitter. <https://twitter.com/NACTO/status/1176923819472248833>
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). 11 Sustainable Cities and Communities Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/goal-11/>
- Organización de las Naciones Unidas. (1 de octubre de 2016). El desarrollo urbano no planificado aumentará la desigualdad e impactará el clima, advierte ONU Hábitat. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2016/10/el-desarrollo-urbano-no-planificado-aumentara-la-desigualdad-e-impactara-el-clima-advierte-onu-habitat/>
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). Overview. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/Overview/>
- Organización de las Naciones Unidas. (2019). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la ONU. <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Plan Mundial Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021-2030. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/road-traffic-injuries/21323-spanish-global-plan-for-road-safety-for-web.pdf?sfvrsn=65cf34c8_35&download=true
- Organización Mundial de la Salud. (2022). Traumatismos causados por el tránsito. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- Ortúzar, J. de D. (2015). *Modelos de Demanda de Transporte*. 2a Ed. Ediciones Universidad Católica de Chile: Editorial Alfaomega.
- Ortúzar, J. d. D., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelos de Transporte*. Ed. Universidad de Cantarbia
- Ramírez, L. (6 de marzo de 2021). *El coronavirus y nuestro reencuentro con la bicicleta*. Alcaldía de Bogotá. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/el-uso-de-la-bicicleta-durante-la-pandemia>
- Ramírez, M. (8 de junio de 2022). *Asesoramos Al Ministerio De Transporte Para Construir Las Políticas Para Micromovilidad De Colombia*. Despacio. <https://www.despacio.org/2022/06/08/politicas-para-micromovilidad-de-colombia/>
- Rivas, M., & Serebrisky, T. (2021). El rol del transporte activo: En la mejora de la movilidad de las personas de bajos ingresos en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de

Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/El-rol-del-transporte-activo-en-la-mejora-de-la-movilidad-de-las-personas-de-bajos-ingresos-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>

Rivera, Y. (27 de septiembre de 2023). Sistema de Bicis Compartidas cumple un año transformando la movilidad de Bogotá. Alcaldía de Bogotá. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/sistema-de-bicis-compartidas-cumple-un-ano-transformando-la-movilidad>

Rodríguez, M., Pinto, A., Páez, D., Ortiz, M., Bocarejo, J., Oviedo, D., & Saud, V. (2017). La Bicicleta: Vehículo hacia la equidad: Recomendaciones para la equidad, acceso e inclusión social en la promoción del uso de la bicicleta en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/La-Bicicleta-Veh%C3%ADculo-hacia-la-equidad-Recomendaciones-para-la-equidad-acceso-e-inclusi%C3%B3n-social-en-la-promoci%C3%B3n-del-uso-de-la-bicicleta-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe.pdf>

Secretaría Distrital de Movilidad. (2019). Encuesta de Movilidad 2019 Indicadores Preliminares. https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/22-04-2020/20191216_presentacion_encuesta_v2.pdf

Secretaría Distrital de Movilidad. (2019). Encuesta de Percepción del Riesgo Vial en la Ciudad de Bogotá 2019. <https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/03-03-2021/riesgo-vial-en-bogota-2019.pdf>

Secretaría Distrital de Movilidad. (2022). Bogotá Capital Mundial de la Bici. https://www.movilidadbogota.gov.co/web/plan_bici#:~:text=Bogot%C3%A1%20es%20una%20ciudad%20%C3%ADder,en%20este%20medio%20de%20transporte.

Secretaría Distrital de Movilidad. (2023). La ciudad se consolida como un referente mundial en el uso y promoción de la bicicleta. https://www.movilidadbogota.gov.co/web/noticia/la_ciudad_se_consolida_como_un_referente_mundial_en_el_uso_y_promocion_de_la_bicicleta

Secretaría Distrital de Planeación. (s.f.). Estratificación socioeconómica. <https://www.sdp.gov.co/gestion-estudios-estrategicos/estratificacion/estratificacion-por-localidad>

Tembici. (s.f.). Tembici Alquiler de bicicletas. Consultado el 13 de febrero de 2024 en <https://tembici.com.co/>

Torres, S. (7 de abril de 2020a). *6 Claves Para Avanzar En El Transporte Urbano Sostenible En América Latina*. Despacio. <https://www.despacio.org/2020/04/07/6-claves-para-el-transporte-urbano-sostenible-en-america-latina/>

Torres, S. (9 de noviembre de 2020b). ¿La Micromovilidad Debe Ser Un Servicio Público O Un Servicio Privado? Despacio. <https://www.despacio.org/2020/11/09/la-micromovilidad-debe-ser-un-servicio-publico-o-un-servicio-privado/>

Unión temporal Steer & Centro Nacional de Consultoría. (2019). Caracterización de la movilidad – Encuesta de Movilidad de Bogotá 2019. Secretaría Distrital de Movilidad. <https://www.simur.gov.co/encuestas-de-movilidad>

United Nations Secretary-General High-level Advisory Group on Sustainable Transport. (2016) Mobilizing Sustainable Transport for Development: Analysis and Policy Recommendations. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2375Mobilizing%20Sustainable%20Transport.pdf>

8. ANEXOS

ANEXO 1: Formato encuesta definitiva

ANEXO 2: Resumen de los datos encuesta definitiva

ANEXO 3: Codificación variables

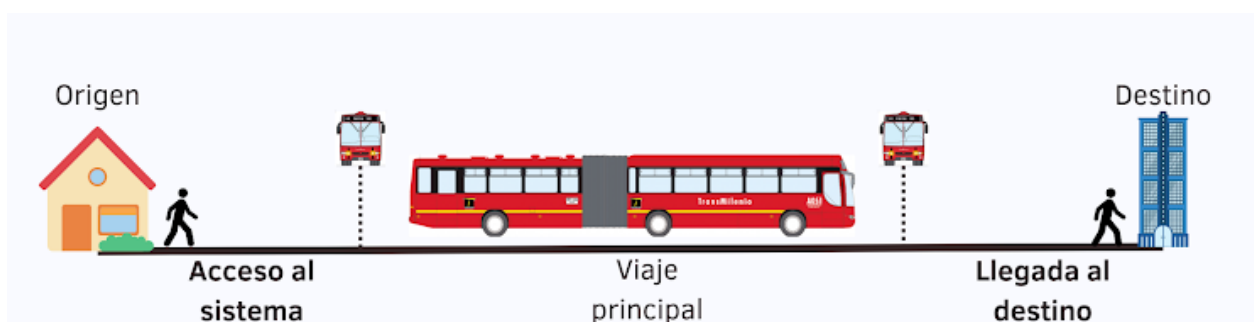
Utilización del sistema de bicicletas públicas para acceder a la estación de TransMilenio

Buen día,

Estamos realizando esta encuesta diseñada para apoyar el desarrollo de un estudio de maestría, que tiene como objetivo evaluar el modo de acceso a la estación de TransMilenio – TM o de llegada a su destino. Por esto, si está a punto de ingresar o acaba de salir de la estación de TransMilenio Carrera 47 o Polo, su participación es esencial para obtener información valiosa que contribuirá significativamente a este proyecto académico. El cuestionario es totalmente anónimo y le tomará alrededor de 10 minutos, por favor responda las preguntas con sinceridad.

¡Gracias por su colaboración con el desarrollo de este trabajo de maestría!

* Indica que la pregunta es obligatoria



Sección filtro

Estación de TransMilenio en que se realiza la encuesta

1. Estación de TransMilenio en que se realiza la encuesta *

Marca solo un óvalo.

Carrera 47

Polo

Información socioeconómica

2. Género con el que se identifica *

Marca solo un óvalo.

- Femenino
- Masculino
- Otros: _____

3. Edad *

Marca solo un óvalo.

- Menor de 15
- 16 – 18
- 19 – 25
- 26 – 34
- 35 – 40
- 41 – 50
- 51 – 60
- Mayor de 60

4. Estrato socioeconómico en que se encuentra su vivienda *

Marca solo un óvalo.

- Estrato 1
- Estrato 2
- Estrato 3
- Estrato 4
- Estrato 5
- Estrato 6

5. Nivel educativo alcanzado *

Marca solo un óvalo.

- Preescolar
- Primaria completa
- Secundaria completa
- Secundaria incompleta
- Técnico/Tecnólogo completo
- Técnico/Tecnólogo incompleto
- Universitario completo
- Universitario incompleto
- Posgrado completo
- Posgrado incompleto
- Ninguno

6. Ocupación *

Marca solo un óvalo.

- Estudiante
- Empleado
- Trabajador independiente
- Trabajador informal
- Desempleado
- Empleado(a) doméstico(a)
- Amo(a) de casa
- Pensionado(a)
- Otros: _____

7. Ingresos (1SMLV = \$1.300.000) *

Marca solo un óvalo.

- Menor a 1 SMLV
- Entre 1 y 2 SMLV
- Entre 2 y 3 SMLV
- Entre 3 y 4 SMLV
- Entre 4 y 5 SMLV
- Mayor a 5 SMLV
- No recibe ingresos

Información de viaje

Teniendo en cuenta que se refiere solo a este trayecto, desde el origen al destino

8. Motivo principal de viaje *

Marca solo un óvalo.

- Trabajo
- Estudio
- Diligencias personales
- Recreación
- Deporte
- Salud
- Hogar
- Compras
- Otros: _____

9. ¿Cuál es el modo de acceso a la estación de TransMilenio o de llegada a su destino? *

Marca solo un óvalo.

- A pie
- Bicicleta propia
- Bicicleta pública
- SITP
- Vehículo privado
- Motocicleta
- Taxi
- Transporte con aplicación
- Otros: _____

10. De acuerdo con la respuesta anterior, indique el costo promedio de dicho modo que utiliza para llegar a la estación de TransMilenio o su destino. En caso de no tener costo, digitar cero. *

11. ¿Cuál es el costo total que paga en el viaje? Refiriéndose al este trayecto *

12. ¿Cuánto tiempo tarda o tardó en llegar a la estación de TransMilenio o su destino? *
(Indicar tiempo en minutos)

13. ¿Cuánta distancia recorre para acceder a la estación de TransMilenio o para llegar a su destino? (1 cuadra = 100 metros) *

Marca solo un óvalo.

- 1 cuadra
- 2 cuadas
- 3 cuadas
- 4 cuadas
- Más de 5 cuadas

14. ¿Qué tan frecuente es su viaje de acceso a la estación de TransMilenio o de llegada a su destino? *

Marca solo un óvalo.

- Diario
- Semanal
- Mensual
- Ocasional
- Otros: _____

Sistema de bicicletas compartidas – Tembici



Fuente: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/pasos-para-usar-el-sistema-de-bicicletas-compartidas-de-bogota>

15. ¿Conoce el sistema de bicicletas compartidas de la ciudad operado por Tembici? *

Marca solo un óvalo.

Si

No

Sistemas públicos de bicicletas

Los sistemas públicos de bicicletas se enmarcan en el préstamo o alquiler de bicicletas, por lo que permiten tomar y regresar las bicicletas en cualquiera de las estaciones ubicadas dentro del polígono determinado para la operación del sistema. (Montezuma, 2015)

Tembici

Para poder alquilar una bicicleta con Tembici, se debe realizar a través de la aplicación en el celular y los pagos se realizan con tarjeta de débito o crédito.

16. Teniendo en cuenta las opciones de los planes ofrecidos por Tembici, por favor seleccione la opción que sea de su preferencia para cada caso: *

Plan mensual	Plan Un viaje
\$31.990 por realizar 4 viajes de hasta 60 minutos al día	\$4.850 por un viaje de hasta 15 minutos

Marca solo un óvalo por fila.

	Plan mensual	Plan diario	Ninguno
¿Qué opción escogería para el trayecto de acceso a la estación de TransMilenio o llegada a su destino?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Qué opción escogería para realizar el viaje completo desde el origen hasta su destino?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Si en las preguntas anteriores seleccionó en alguna de las dos que *Ninguno*, marque la opción correspondiente:

17. ¿Por qué NO usaría el sistema de bicicletas públicas para acceder a la estación de TransMilenio o llegar a su destino? *

Marca solo un óvalo.

- No es rápido
- No es cómodo
- No es barato
- No es seguro
- No conocía el sistema
- Falta de estaciones cercanas al origen y/o destino (Cobertura espacial)
- Prefiere otro modo
- No seleccionó "Ninguno"
- Otros: _____

18. ¿Por qué NO usaría el sistema de bicicletas públicas para realizar su viaje completo? *

Marca solo un óvalo.

- No es rápido
- No es cómodo
- No es barato
- No es seguro
- No conocía el sistema
- Falta de estaciones cercanas al origen y/o destino (Cobertura espacial)
- Prefiere otro modo
- No seleccionó "Ninguno"
- Otros: _____

Si en las preguntas anteriores seleccionó a alguna de las dos el *Plan mensual* o el *Plan Un viaje*, seleccione la opción correspondiente:

19. ¿Por qué usaría el sistema de bicicletas públicas para acceder a la estación de TransMilenio o llegar a su destino? *

Marca solo un óvalo.

- Es rápido
- Es cómodo
- Es barato
- Es seguro
- Es amigable con el medio ambiente
- Por salud
- No seleccionó algún plan
- Otros: _____

20. ¿Por qué usaría el sistema de bicicletas públicas para realizar su viaje completo? *

Marca solo un óvalo.

- Es rápido
- Es cómodo
- Es barato
- Es seguro
- Es amigable con el medio ambiente
- Por salud
- No seleccionó algún plan
- Otros: _____

21. ¿Qué lo motivaría a utilizar el sistema de bicicletas públicas para acceder a la estación de TransMilenio? *

Marca solo un óvalo.

- Rapidez
- Comodidad
- Sistema de acceso integrado con el sistema de transporte público (Tarjeta Tullave)
- Mayor seguridad
- Mayor infraestructura de ciclorrutas
- Mayor cobertura del sistema de bicicletas públicas
- Otros: _____

22. ¿Tiene algún comentario respecto de la presente encuesta?

Google no creó ni aprobó este contenido.

Google Formularios

ANEXO 2: Resumen de los datos encuesta definitiva

Sección	Variable	Tipología	Categoría	Resumen estadístico/Porcentaje
Filtro	Estación	Categórica	Carrera 47	20.8%
			Polo	79.2%
Información socioeconómica	Género	Categórica	Femenino	50.7%
			Masculino	49.3%
	Edad	Categórica	16 – 18	13.2%
			19 – 25	18.7%
			26 – 34	26.1%
			35 – 40	13.5%
			41 – 50	13.7%
			51 – 60	7.4%
			Mayor de 60	3.4%
			Menor de 15	4.0%
	Estrato	Categórica	Estrato 1	7.7%
			Estrato 2	31.7%
			Estrato 3	48.3%
			Estrato 4	11.9%
			Estrato 5	0.5%
	Nivel educativo alcanzado	Categórica	Ninguno	0.3%
			Posgrado completo	9.0%
			Posgrado incompleto	0.3%
			Preescolar	2.6%
Primaria completa			17.2%	
Secundaria completa			23.0%	
Secundaria incompleta			4.2%	
Técnico/Tecnólogo completo			17.2%	
Técnico/Tecnólogo incompleto			4.5%	
Universitario completo			17.2%	
Universitario incompleto	4.7%			
Ocupación	Categórica	Amo(a) de casa	3.2%	
		Desempleado	5.5%	
		Empleado	50.9%	
		Empleado(a) doméstico(a)	0.3%	
		Estudiante	24.5%	
		Pensionado(a)	2.9%	
		Trabajador independiente	12.4%	
		Trabajador informal	0.3%	
Ingresos	Categórica	Entre 1 y 2 SMLV	33.0%	
		Entre 2 y 3 SMLV	13.5%	
		Entre 3 y 4 SMLV	8.7%	
		Entre 4 y 5 SMLV	1.3%	
		Mayor a 5 SMLV	2.4%	
		Menor a 1 SMLV	22.2%	
		No recibe ingresos	19.0%	
		Información de viaje	Motivo principal de viaje	Categórica
Deporte	1.3%			
Diligencias personales	10.3%			
Estudio	14.0%			
Hogar	31.9%			
Salud	3.2%			
Trabajo	37.2%			
Modo para recorrido primera o última milla	Categórica		A pie	89.4%
			SITP	10.6%
Costo de modo para recorrido primera o última milla	Categórica		0	89.7%
			2500	0.3%
			2950	10.0%
Costo de modo de viaje total	Categórica		2500	0.3%
		2950	98.2%	
		5900	1.6%	
Tiempo de recorrido primera o última milla	Numérica		Media	14.9
			Mediana	10.0
			Desviación	11.4
			Mínimo	1.0
			Máximo	90.0

Sección	Variable	Tipología	Categoría	Resumen estadístico/Porcentaje
	Distancia de recorrido primera o última milla	Categórica	1 cuadro	14.0%
			2 cuadros	20.6%
	Frecuencia de viaje	Categórica	3 cuadros	14.2%
			4 cuadros	8.2%
			Más de 5 cuadros	43.0%
			Diario	75.5%
			Mensual	2.4%
			Ocasional	17.2%
			Semanal	5.0%
			Conoce Tembici	Categórica
Sistema de bicicletas compartidas - Tembici			Si	44.6%
			Plan para trayecto de primera o última milla	Categórica
			Plan diario	6.9%
			Plan mensual	44.9%
	Plan para viaje completo	Categórica	Ninguno	49.9%
			Plan diario	3.2%
			Plan mensual	47.0%
			No usaría Tembici para trayecto de primera o última milla	Categórica
			No conocía el sistema	6.1%
			No es barato	6.3%
			No es cómodo	10.0%
			No es rápido	1.1%
			No es seguro	10.3%
			No lo necesito	0.3%
			No seleccionó "Ninguno"	51.7%
			Prefiere otro modo	10.6%
	No usaría Tembici para viaje completo	Categórica	El lugar de destino es muy lejos	0.3%
			Falta de estaciones cercanas al origen y/o destino	4.2%
			No conocía el sistema	7.7%
			No es barato	4.2%
			No es cómodo	9.0%
			No es rápido	4.2%
			No es seguro	12.4%
			No seleccionó "Ninguno"	50.1%
			Prefiere otro modo	7.7%
			Usaría mi propia bicicleta gratis	0.3%
	Usaría Tembici para trayecto de primera o última milla	Categórica	Es amigable con el medio ambiente	22.2%
			Es barato	5.0%
			Es cómodo	2.6%
			Es rápido	19.8%
			No seleccionó algún plan	48.0%
			Por salud	2.4%
	Usaría Tembici para viaje completo	Categórica	Es amigable con el medio ambiente	15.0%
			Es barato	12.7%
			Es cómodo	2.9%
			Es rápido	13.2%
			Es seguro	1.6%
			No seleccionó algún plan	49.9%
			Por salud	4.7%
			Motivación para utilizar Tembici en el trayecto de primera o última milla	Categórica
			Mayor cobertura del sistema de bicicletas públicas	28.8%
			Mayor infraestructura de ciclorrutas	7.4%
			Mayor seguridad	18.7%
			Ninguna	0.5%
			No me gusta la bicicleta como medio de transporte	0.3%
			Rapidez	10.0%
			Sistema de acceso integrado con el sistema de transporte público (Tarjeta Tullave)	21.6%

ANEXO 3: Codificación variables

Pregunta encuesta	Variable	Nombre variable	Recategorización
Teniendo en cuenta las opciones de los planes ofrecidos por Tembici, por favor seleccione la opción que sea de su preferencia para cada caso: [¿Qué opción escogería para el trayecto de acceso a la estación de TransMilenio o llegada a su destino?]	Plan acceso/destino 1: Plan mensual	planacc1	planacc1
	Plan acceso/destino 2: Plan diario	planacc2	N/A
	Plan acceso/destino 3: Ninguno	planacc3	planacc3
Estación de TransMilenio en que se realiza la encuesta	Estación 1: Carrera 47	esta1	esta1
	Estación 2: Polo	esta2	esta2
Género con el que se identifica	Género 1: Femenino	gen1	gen1
	Género 2: Masculino	gen2	gen2
Edad	Edad 1: Menor de 15	edad1	edad2
	Edad 2: 16 – 18	edad2	
	Edad 3: 19 – 25	edad3	edad3
	Edad 4: 26 – 34	edad4	edad4
	Edad 5: 35 – 40	edad5	edad5
	Edad 6: 41 – 50	edad6	edad6
	Edad 7: 51 – 60	edad7	edad7
	Edad 8: Mayor de 60	edad8	
Estrato socioeconómico en que se encuentra su vivienda	Estrato 1	estrato1	estrato1
	Estrato 2	estrato2	estrato2
	Estrato 3	estrato3	estrato3
	Estrato 4	estrato4	estrato4
	Estrato 5	estrato5	
Nivel educativo alcanzado	Nivel educativo alcanzado 0: Ninguno	edu0	edu0
	Nivel educativo alcanzado 1: Preescolar	edu1	
	Nivel educativo alcanzado 2: Primaria completa	edu2	
	Nivel educativo alcanzado 3: Secundaria completa	edu3	edu3
	Nivel educativo alcanzado 4: Secundaria incompleta	edu4	
	Nivel educativo alcanzado 5: Técnico/Tecnólogo completo	edu5	edu5
	Nivel educativo alcanzado 6: Técnico/Tecnólogo incompleto	edu6	
	Nivel educativo alcanzado 7: Universitario completo	edu7	edu7
	Nivel educativo alcanzado 8: Universitario incompleto	edu8	
	Nivel educativo alcanzado 9: Posgrado completo	edu9	edu9
	Nivel educativo alcanzado 10: Posgrado incompleto	edu10	

Pregunta encuesta	Variable	Nombre variable	Recategorización
Ocupación	Ocupación 1: Estudiante	ocu1	ocu1
	Ocupación 2: Empleado	ocu2	ocu2
	Ocupación 3: Trabajador independiente	ocu3	
	Ocupación 4: Trabajador informal	ocu4	ocu3
	Ocupación 5: Desempleado	ocu5	
	Ocupación 6: Empleado(a) doméstico(a)	ocu6	ocu5
	Ocupación 7: Amo(a) de casa	ocu7	
	Ocupación 8: Pensionado(a)	ocu8	
Ingresos (1SMLV = \$1.300.000)	Ingresos 0: No recibe ingresos	ing0	ing0
	Ingresos 1: Menor a 1 SMLV	ing1	ing1
	Ingresos 2: Entre 1 y 2 SMLV	ing2	ing2
	Ingresos 3: Entre 2 y 3 SMLV	ing3	ing3
	Ingresos 4: Entre 3 y 4 SMLV	ing4	ing4
	Ingresos 5: Entre 4 y 5 SMLV	ing5	ing5
	Ingresos 6: Mayor a 5 SMLV	ing6	
Motivo principal de viaje	Motivo 1: Trabajo	motivo1	motivo1
	Motivo 2: Estudio	motivo2	motivo2
	Motivo 3: Diligencias personales	motivo3	motivo6
	Motivo 4: Deporte	motivo4	motivo3
	Motivo 5: Salud	motivo5	
	Motivo 6: Hogar	motivo6	
	Motivo 7: Compras	motivo7	
¿Cuál es el modo de acceso a la estación de TransMilenio o de llegada a su destino?	Modo acceso/llegada 1: A pie	modoacc1	modoacc1
	Modo acceso/llegada 2: SITP	modoacc2	modoacc2
De acuerdo con la respuesta anterior, indique el costo promedio de dicho modo que utiliza para llegar a la estación de TransMilenio o su destino. En caso de no tener costo, digitar cero.	Costo 1: 0	costo1	costo1
	Costo 2: 2500	costo2	costo2
	Costo 3: 2950	costo3	
¿Cuál es el costo total que paga en el viaje? Refiriéndose al este trayecto	Costo total 1: 2500	costot1	costot1
	Costo total 2: 2950	costot2	costot3
	Costo total 3: 5900	costot3	
¿Cuánto tiempo tarda o tardó en llegar a la estación de TransMilenio o su destino? (Indicar tiempo en minutos)	Tiempo	Numérica	Numérica
¿Cuánta distancia recorre para acceder a la estación de TransMilenio o para llegar a su destino? (1 cuadra = 100 metros)	Distancia 1: 1 cuadra	dist1	dist1
	Distancia 2: 2 cuabras	dist2	
	Distancia 3: 3 cuabras	dist3	dist3

Pregunta encuesta	Variable	Nombre variable	Recategorización
	Distancia 4: 4 cuadras	dist4	
	Distancia 6: Más de 5 cuadras	dist5	dist5
¿Qué tan frecuente es su viaje de acceso a la estación de TransMilenio o de llegada a su destino?	Frecuencia 1: Diario	frec1	frec1
	Frecuencia 2: Semanal	frec2	frec2
	Frecuencia 3: Mensual	frec3	frec3
	Frecuencia 4: Ocasional	frec4	
¿Conoce el sistema de bicicletas compartidas de la ciudad operado por Tembici?	Conoce Tembici	Si	Si
		No	No
¿Por qué NO usaría el sistema de bicicletas públicas para acceder a la estación de TransMilenio o llegar a su destino?	No usaría acceso/destino 1: No es rápido	noacc1	noacc1
	No usaría acceso/destino 2: No es cómodo	noacc2	noacc2
	No usaría acceso/destino 3: No es barato	noacc3	noacc3
	No usaría acceso/destino 4: No es seguro	noacc4	noacc4
	No usaría acceso/destino 5: No conocía el sistema	noacc5	noacc5
	No usaría acceso/destino 6: Falta de estaciones cercanas al origen y/o destino (Cobertura espacial)	noacc6	noacc6
	No usaría acceso/destino 7: Prefiere otro modo	noacc7	noacc7
	No usaría acceso/destino 8: No necesita	noacc8	
	No usaría acceso/destino 9: No seleccionó	noacc9	noacc9
¿Por qué usaría el sistema de bicicletas públicas para acceder a la estación de TransMilenio o llegar a su destino?	Usaría acceso/destino 1: Es rápido	usoacc1	usoacc1
	Usaría acceso/destino 2: Es cómodo	usoacc2	usoacc2
	Usaría acceso/destino 3: Es barato	usoacc3	usoacc3
	Usaría acceso/destino 4: Es amigable con el medio ambiente	usoacc4	usoacc4
	Usaría acceso/destino 5: Por salud	usoacc5	usoacc5
	Usaría acceso/destino 6: No seleccionó	usoacc6	usoacc6
¿Qué lo motivaría a utilizar el sistema de bicicletas públicas para acceder a la estación de TransMilenio?	Motivación 1: Rapidez	motivac1	motivac1
	Motivación 2: Comodidad	motivac2	motivac2
	Motivación 3: Sistema de acceso integrado con el sistema de transporte público (Tarjeta Tullave)	motivac3	motivac3
	Motivación 4: Mayor seguridad	motivac4	motivac4
	Motivación 5: Mayor infraestructura de ciclorrutas	motivac5	motivac5
	Motivación 6: Mayor cobertura del sistema de bicicletas públicas	motivac6	motivac6
	Motivación 7: Ninguna	motivac7	motivac7
	Motivación 8: No me gusta usar la bicicleta	motivac8	