FACTORES INFLUYENTES EN EL CICLISMO URBANO DE MUJERES EN BOGOTÁ, COLOMBIA

LAURA DANIELA GUTIÉRREZ TOCASUCHE
NATALIA PINTOR PARDO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
INGENIERIA CIVIL

Director:
Hebert Rivera

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTÁ, ENERO 24 DE 2020

FACTORES INFLUYENTES EN EL CICLISMO URBANO DE MUJERES EN BOGOTÁ, COLOMBIA

LAURA DANIELA GUTIÉRREZ TOCASUCHE
NATALIA PINTOR PARDO

ING. MAURICIO JOSÉ OROZCO FONTALVO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C. DICIEMBRE DE 2019

Nota aceptación

_____
_____
_____
_____

_____
Firma de tutor

_____
Firma de jurado 1

_____
Firma de jurado 2

Bogotá D. C. 10, diciembre de 2019

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedicamos principalmente a Dios por acompañarnos en todo momento y por darnos una gran familia quienes nos dieron la oportunidad de estudiar la carrera que nos apasiona, convirtiéndose en nuestra fuente de inspiración y dándonos siempre palabras de aliento cuando sentíamos desfallecer.

También le dedicamos este trabajo de grado a nuestro tutor, el ingeniero Mauricio Orozco Fontalvo a quien admiramos por su capacidad de enseñanza y conocimiento ya que siempre estuvo guiándonos por el mejor camino.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan su agradecimiento a:

Dios que ha guiado nuestro camino para cumplir metas en la vida y culminar este importante logro.

Nuestras familias por apoyarnos y querernos siempre y en todo momento, en cada una de las decisiones que tomamos.

Mauricio José Orozco Fontalvo Ingeniero Civil, magister en Ingeniería Civil, director del trabajo de investigación. Por la colaboración brindada en el desarrollo de nuestro proyecto de grado y la formación académica en el tiempo que se encuentra haciendo parte de la universidad.

A los docentes de todas las áreas que componen el plan académico de Ingeniería Civil en la Universidad Militar Nueva Granada, quienes contribuyeron a nuestra formación profesional en estas áreas.

CONTENIDO

GLOSARIO 9
RESUMEN 11
INTRODUCCIÓN 12
1. PROBLEMA 13
1.1. IDENTIFICACIÓN 13
1.2. DESCRIPCIÓN 13
1.3. PLANTEAMIENTO 13
2. DELIMITACIÓN 13
2.1. CONCEPTUAL 13
2.2. GEOGRÁFICA 14
2.3. CRONOLÓGICA 14
3. OBJETIVOS 15
3.1. OBJETIVO GENERAL 15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15
4. ANTECEDENTES 15
5. JUSTIFICACIÓN 17
6. MARCO REFERENCIAL 17
6.1. MARCO TEÓRICO 18
6.2. MARCO CONCEPTUAL 40
6.3. MARCO INSTITUCIONAL 42
6.4. MARCO LEGAL 44
6.5. MARCO HISTÓRICO 45
6.6. MARCO AMBIENTAL 49
7. METODOLOGÍA 50
8. RESULTADOS 54
9. CONCLUSIONES 59
10. RECOMENDACIONES 60
BIBLIOGRAFÍA 60

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Infografía de los desplazamientos realizados en bicicleta en cada localidad de Bogotá 14
Ilustración 2. Primero boceto de la bicicleta a cargo de Leonardo da Vinci 45
Ilustración 3. Celerífero 45
Ilustración 4. Draisine 46
Ilustración 5. Mejora del Velocípedo 46
Ilustración 6. Implementación de los pedales a la bicicleta 46
Ilustración 7. Ben Bowden y la bicicleta del futuro 47
Ilustración 8. El Boneshaker 47
Ilustración 9. Penny-Farthing 48
Ilustración 10. Rover Safety Bicycle 48
Ilustración 11. Bicicleta de montaña 49
Ilustración 12. Formato diseñado y usado para aforar 51
Ilustración 13. Foto real del escenario de estrato alto, día y ciclovía en el andén. 52
Ilustración 14. Ejemplo del escenario con las variables: lluvia, estrato alto, día, ciclovía en el andén y tráfico pesado. 53
Ilustración 15. Elementos de seguridad 54
Ilustración 16. Escenarios viales 55
Ilustración 17. ¿Cree usted que la ciudad está diseñada para andar en bicicleta? 55
Ilustración 18. ¿Cómo se considera al montar en bicicleta? 56
Ilustración 19. ¿Usted tiene bicicleta propia? 56
Ilustración 20. ¿Sabe utilizar la bicicleta? 57
Ilustración 21. ¿Con qué frecuencia utiliza usted la bicicleta? 57
Ilustración 22. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la bicicleta como medio de transporte? 57
Ilustración 23. ¿Por qué motivo hace uso de la bicicleta? 58

Índice de tablas

Tabla 1. Variables usadas en la encuesta..... 52
Tabla 2. Modelo hombres 58
Tabla 3. Modelo mujeres..... 58

GLOSARIO

Accesibilidad: capacidad de desplazarse con facilidad y sin obstáculos físicos a un determinado lugar. Es decir, la posibilidad de tener acceso.
Todos los ciudadanos tienen derecho a acceder sin impedimentos y de forma segura a los espacios y equipamientos públicos, así como a los centros de trabajo y actividad económica donde desarrollan su labor profesional. Garantizar este derecho es fundamental para evitar situaciones de exclusión social y laboral debido a una planificación deficiente de los servicios de transporte público o a un diseño inadecuado de la vía pública.

Bicicleta: vehículo de dos ruedas dotado de pedales que, al girar, transmiten su movimiento a una de las ruedas.
La bicicleta es un medio de transporte eficiente, saludable y no contaminante. En el entorno urbano contribuye a reducir el consumo de energía y las emisiones, a mejorar la fluidez del tráfico, a aportar mayor autonomía a los ciudadanos, a disminuir el gasto individual y familiar en desplazamientos y a fomentar la actividad física.

Cambio climático: modificación del clima a escala planetaria debido a la acumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero, principalmente de origen antrópico.

Carril reservado: carril situado en la calzada o segregado del tráfico destinado a la circulación específica de vehículos de transporte público colectivo o de bicicletas. En el caso de la bicicleta, los bicicarriles tienen la misión de proteger a los usuarios del vehículo urbano de tráfico a motor y potenciar su uso entre los ciudadanos.

Contaminación: alteración de la composición habitual del aire por la emisión de gases, compuestos, partículas y sustancias nocivas o tóxicas, principalmente de origen antropogénico.

Demanda: cantidad de desplazamientos que la población de un ámbito territorial genera en un determinado período, en general o para acceder a un lugar o equipamiento.

Desplazamiento: trayectoria entre dos puntos. Distancia a recorrer para ir de un lugar a otro. En movilidad puede ser utilizado como sinónimo de viaje.

Encuesta de movilidad: recopilación de información y datos sobre los hábitos de desplazamiento de los ciudadanos.

Gestión de movilidad (sostenible): conjunto de actuaciones encaminadas a implantar un modelo de movilidad sostenible en un territorio.

Indicador: valor mensurable que permite seguir la evolución de un proceso o acción, determinar su éxito, y compararla con otras situaciones similares.

Infraestructura: carreteras (infraestructura viaria) y red ferroviaria que facilitan el desplazamiento de vehículos y el transporte de personas o mercancías.

Movilidad sostenible: movilidad eficiente, segura, equitativa, saludable, participativa y competitiva.

Plan de movilidad: estudio de los hábitos y pautas de desplazamiento de los ciudadanos de un determinado territorio, así como de la interacción entre las distintas redes de movilidad.

RESUMEN

En los últimos años las ciudades latinoamericanas han experimentado un crecimiento exponencial en el uso de la bicicleta, especialmente en urbes como Bogotá, Colombia donde el porcentaje de ciudadanos que se movilizan en bicicleta pasó de 5,4% en 2014 a 6,3% en 2017, siendo el 76,6% hombres y 23,4% mujeres. Estas diferencias se manifiestan debido a que hombres y mujeres muestran distintos patrones de movilidad en la ciudad, la explicación del bajo porcentaje de mujeres está asociada con una serie de factores: individuales, sociales, físico-ambientales y seguridad; bajo esta perspectiva, las políticas públicas de movilidad rara vez toman en consideración estas desigualdades y sus razones. Con el fin de identificar las principales causas de esta problemática se realizaron aforos por sexo en cuanto a elementos de seguridad, infracciones y escenarios viales por donde transitan. Para complementar esta información y realizar modelos que permitan identificar factores, se aplicaron encuestas en las dos localidades con la mayor cantidad de viajes diarios por parte de los ciclistas urbanos. Los resultados mostraron que las principales razones de la brecha de ciclismo urbano entre hombres y mujeres son factores como la percepción de riesgo provocada por características físico-sociales del entorno en que se desplazan, acoso, violencia, mayores riesgos en cuanto a su integridad y que el uso de este medio de transporte no satisface sus necesidades. Estos factores deben ser tenidos en cuenta por la administración de la ciudad con el fin de implementar políticas y mejoras de infraestructura que le otorguen una mayor utilidad a la bicicleta como modo de transporte para las mujeres.

INTRODUCCIÓN

En Bogotá se realizan millones de desplazamientos en donde la mayoría de la población decide realizarlos por medio de transporte masivo, carros o motos ocasionando ruido, contaminación y enfermedades derivadas de ello. Debido a esto, entidades como el Ministerio de Transporte, la Superintendencia de Puertos y Transporte, el Departamento Nacional de Planeación DNP y la Procuraduría General de la Nación se han enfocado en generar estrategias y políticas orientadas al mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos desde el punto de vista de infraestructura, movilidad y alternativas de transporte menos contaminantes.

De acuerdo a lo anterior, la bicicleta es una buena opción para mejorar la congestión vial y poder disminuir la contaminación que se presenta por el uso de los vehículos, por lo que es necesario analizar las razones que limitan a las personas a hacer uso de este elemento como medio de transporte, pues en un informe de la secretaría de movilidad se evidencia que el 76,6% de los ciclistas urbanos son hombres y 23,4% mujeres, por lo tanto es importante investigar y entender cuáles son los factores que influyen en la brecha del ciclismo urbano entre hombres y mujeres en términos de movilidad e infraestructura. A partir de estas estadísticas, se realizó una investigación más amplia e integral sobre el comportamiento de los viajes en bicicleta en la ciudad de Bogotá, en donde fue necesario hacer aforos y encuestas de preferencias declaradas y reveladas en dos zonas específicas de la ciudad, para determinar las razones por las cuales las mujeres no hacen uso de la bicicleta como medio de transporte.

De esta manera, los resultados generados al final de la investigación nos proporcionarán un panorama actual de la ciudad, el cual nos permitirá sugerir estrategias de mejoramiento para que hombres y mujeres tengan acceso a un transporte inclusivo que satisfaga sus necesidades, y en dado momento puedan contar con recursos y apoyo por parte del gobierno. Así mismo, los profesionales podrán formular políticas públicas de forma continua para identificar las investigaciones que se deben realizar con el fin de desarrollar programas y planes efectivos que enfaticen en las necesidades de los diferentes grupos que hacen uso o no de la bicicleta con fines utilitarios y no utilitarios.

1. PROBLEMA

1.1. IDENTIFICACIÓN

El porcentaje de ciudadanos que se movilizan en bicicleta en Bogotá pasó de 5,4% en 2014 a 6,3% en 2017. Sin embargo, existe una diferencia importante entre el género de los usuarios, donde el 76,6% son hombres y 23,4% son mujeres. Estas diferencias pueden ser consecuencia de que hombres y mujeres muestran distintos patrones de movilidad en la ciudad, pues el bajo porcentaje de mujeres podría estar asociado con una serie de factores individuales, sociales, físico-ambientales y de seguridad.

1.2. DESCRIPCIÓN

El uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible, es una de las mejores opciones que existe para dar solución a problemas de congestión y movilidad, ya que es calificado como rápido, flexible y que no genera daño ambiental, por ende, muchas de las ciudades alrededor del mundo están optando por la implementación de la bicicleta en sus planes de desarrollo y movilidad.

Sin embargo, en la ciudad de Bogotá existe el problema de la brecha de género que no permite que las mujeres hagan uso de este medio para movilizarse en viajes diarios, al trabajo o al estudio, dando como resultado inequidad, desigualdad y menor accesibilidad a actividades económicas, modos de transporte, servicios de salud, desarrollo académico, situaciones personales y familiares, oportunidades laborales, entre otras. Por esta razón, muchas de ellas optan por dar solución al problema mediante el uso e implementación de vehículos motorizados (moto y carro) a sus actividades diarias (generando mayor congestión y problemas de movilidad), o rechazando oportunidades porque simplemente les es difícil desplazarse.

Según lo explicado anteriormente, el objetivo de este estudio es conocer las barreras que impiden que la mujer implemente la bicicleta en su desarrollo personal y generar recomendaciones con el fin de impulsar el uso de este modo de transporte.

1.3. PLANTEAMIENTO

¿Cuáles son los factores que influyen en la brecha del ciclismo urbano entre hombres y mujeres en términos de movilidad e infraestructura?

2. DELIMITACIÓN

2.1. CONCEPTUAL

La secretaría de Movilidad de Bogotá promueve estrategias para incentivar el uso de la bicicleta como medio de transporte con el fin de disminuir la contaminación, el tráfico y mejorar la calidad de vida de los habitantes. Entre estas estrategias está el desarrollo de la infraestructura para bicicletas, como ciclorrutas (540 km), bicicarriles, cicloparqueaderos en varias partes de la ciudad incluyendo portales o estaciones del transporte masivo, sistema de bicicletas públicas, entre otras; teniendo como resultado el reconocimiento a nivel mundial

convirtiéndonos en una ciudad con más biciusuarios en Latinoamérica. Esto trae grandes ventajas para la salud de los ciudadanos, la sociedad, el medio ambiente y la economía de cada biciusuario; pues al hacer uso de la bicicleta las personas mejoran su actividad física lo que genera beneficios para el corazón, libera tensiones, fortalece la zona lumbar disminuyendo las probabilidades de sufrir hernias siempre y cuando se tenga una buena postura, y mejora el sistema inmunológico. Por otro lado, el factor económico es uno de los más evidentes ya que no se utiliza combustible ni se tiene que pagar pasaje en transporte público.

En contraste a esto, los ciclistas urbanos tienen grandes desventajas al ser usuarios vulnerables de la vía, pues según estadísticas expuestas en el documento “Plan Bici” que fue publicado por SIMUR - Sistema Integrado de Información sobre Movilidad Urbana Regional en el año 2015, al menos un ciclista está involucrado en el 4% de accidentes de tránsito anuales, lo que equivale a 1.485 personas, en donde 1.207 tuvieron lesiones y 64 fallecieron, siendo el 14% mujeres y 86% hombres.

2.2. GEOGRÁFICA

El estudio se realizó en dos localidades de la ciudad de Bogotá: Kennedy y Suba, zonas que presentan mayor cantidad de viajes diarios (92.570 y 73.397 respectivamente).

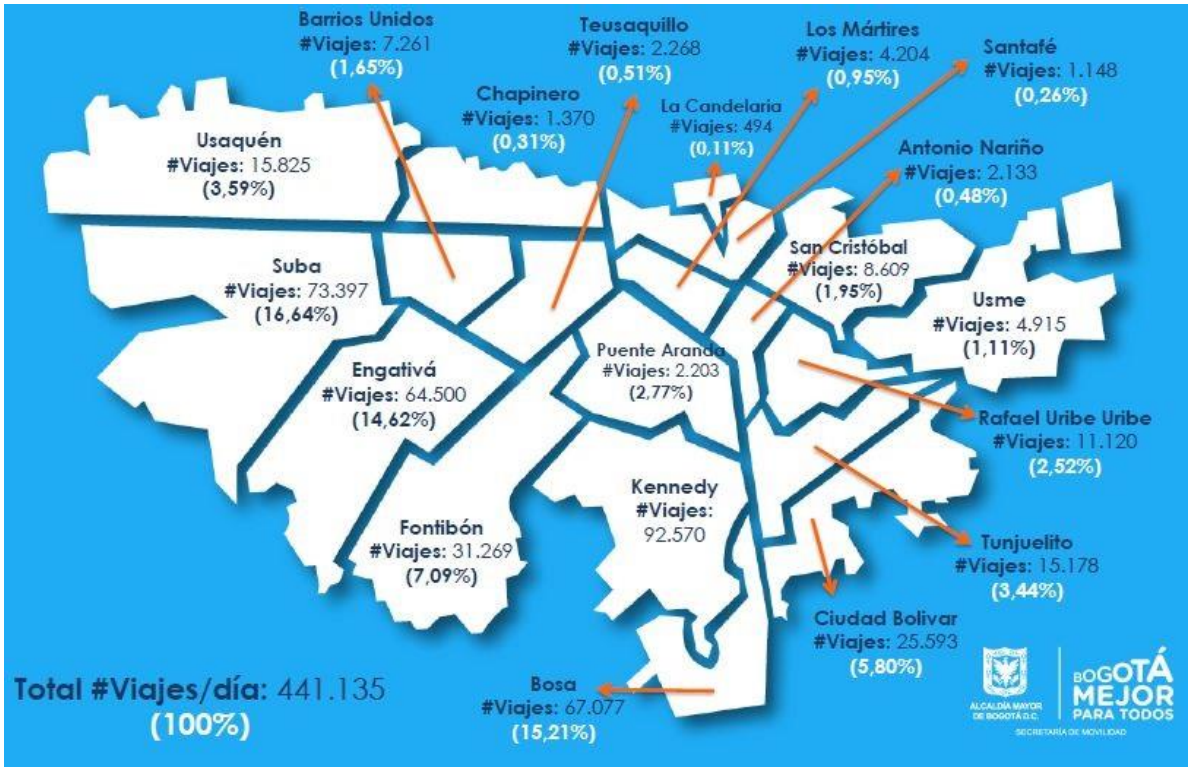

Ilustración 1. Infografía de los desplazamientos realizados en bicicleta en cada localidad de Bogotá
FUENTE: SIMUR

2.3. CRONOLÓGICA

Al momento de realizar la revisión de literatura se tuvieron en cuenta investigaciones y artículos desde el año 2000 hasta la actualidad, por otro lado se determinaron los días y horarios con mayor afluencia de ciclistas en la ciudad de Bogotá con ayuda del documento "Plan Bici" que fue publicado por la Secretaría Distrital de Movilidad a través de la plataforma SIMUR (Sistema Integrado de Información sobre Movilidad Urbana Regional) en el años 2015 y finalmente, la toma de datos en campo se hicieron en el año 2019.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar los factores que influyen en la elección de la bicicleta como modo de transporte de mujeres en la ciudad de Bogotá.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una revisión bibliográfica de la temática a tratar.
- Revisar información desarrollada por la alcaldía de Bogotá.
- Conocer la percepción del uso de la bicicleta en hombre y mujeres, mediante la aplicación de aforos y encuestas.
- Determinar las barreras asociadas al uso de la bicicleta como modo de transporte.
- Plantear estrategias que mitiguen los obstáculos que impiden el uso de la bicicleta y/o fomenten el uso de este vehículo en mujeres en la ciudad de Bogotá.

4. ANTECEDENTES

Alrededor del mundo se han desarrollado investigaciones acerca de los patrones de movilidad y las diferencias de género en el comportamiento de los viajes realizados en diferentes medios de transporte, como la bicicleta (Adeel, Yeh and Feng, 2007). El número de estudios históricos sobre movilidad y transporte aumentan, haciendo énfasis en el papel de las mujeres viajeras que se movilizan diariamente por razones de familia, economía, política, deporte, ocio, salud, estudio y trabajo (Herbel and Rosenbloom, 2014); estos estudios llegan a un acuerdo cuando identifican que primero se debe entender que impulsa el comportamiento de las mujeres ciclistas y luego tener un acercamiento a ciertas audiencias de manera específica y no como un todo uniforme, que permita reducir la brecha de género (Le, Quinn, West and Hankey, 2019).

Aunque las diferencias de género parecen ser específicas de cada contexto, varios estudios revelaron que en general, los hombres usan más la bicicleta que las mujeres (Garrard, Handy and Dill, 2012), lo que conlleva a que sea el colectivo femenino quien reporte diferentes actitudes hacia la infraestructura y los entornos del ciclismo (por ejemplo, preferencia de calles con tráfico liviano, separación del tráfico motorizado o elección de rutas que tengan menor presencia de obstáculos) teniendo una mayor percepción de riesgo (Aldred, Woodcock and Goodman, 2016) cuando transitan por zonas de la ciudad que no se encuentran adecuadas para su uso; dicho de otra manera, los aportes y consultas que las mujeres expresen, deben considerarse al momento de diseñar infraestructura de transporte para garantizar el equilibrio de género en el uso de la bicicleta (Prati, Fraboni, De Angelis, Pietrantoni, Johnson and Shires, 2019).

Una razón fundamental en el momento de incentivar el ciclismo urbano es la participación política, afirma Koglin (2013, 2015) quien analizó las políticas de planificación del transporte de Copenhague, Dinamarca, Estocolmo y Suiza, donde se evidenció que la priorización del ciclismo urbano está relacionada con el poder político. Por ejemplo, Copenhague después de la segunda guerra Mundial quedó sin recursos financieros por lo que se centró en una solución económica para el transporte, el cual fue el ciclismo; por esta razón, Copenhague tiene mejor infraestructura para el ciclismo en comparación con Estocolmo.

La literatura alrededor de este tema no ha sido indiferente para países latinoamericanos como Argentina, México y Colombia, donde ha crecido en gran proporción el interés por dar a conocer los casos que se presentan en las zonas rurales y urbanas propias de cada territorio, en los cuales se evidencia que los hombres y las mujeres siempre han tenido diferentes patrones de viaje caracterizados por el modo en que estos se realizan (Díaz and Rojas, 2017).

La ciudad de Bogotá ha decidido adoptar una nueva visión de la administración de la movilidad, buscando un enfoque sostenible que incluye objetivos distintos pero complementarios y simultáneos para lograr la reducción del uso del vehículo privado y el fomento de transporte público y no motorizado. El aumento de la bicicleta es fundamental para un sistema de transporte sostenible, el cual trae grandes beneficios para la sociedad y el medio ambiente, puesto que se disminuyen problemas de contaminación del aire y el ruido, problemas de seguridad y sociales. Por otro lado, el uso de la bicicleta lleva consigo poco riesgo para otros usuarios de la vía y ocupa poco espacio (Koglin, 2013; Garrard, 2012; Tranter, 2012; y Cooper, 2008). Tomando como caso de estudio a la ciudad de Bogotá, los trabajos investigativos presentados hasta el día de hoy buscan profundizar en el hábito del uso de la bicicleta en el sector femenino como medio de transporte, identificando la situación que enfrenta la mujer en su entorno y proyectando medidas que faciliten su implementación dentro del núcleo urbano; comprender las diferencias de género en el comportamiento de los viajes es importante para identificar las necesidades de transporte y los requisitos de movilidad de las mujeres, así como la falta de infraestructura por donde se transita (Adeel, Yeh and Feng, 2007).

Uno de los factores que más influyen en la toma de decisiones y comportamientos en los desplazamientos es el acoso sexual que se presenta mayormente en las mujeres, generando que tengan que seleccionar rutas, horarios y modos de transporte alternos (Allen, 2018; Mellgren, 2018 ; Quiñonez, 2018; Willness, 2007). Debido a esto, las mujeres prefieren usar automóviles privados en vez del transporte público, la bicicleta o caminar. La investigación realizada por Mellgren (2018) confirma que el abuso sexual es una situación invisible ya que muchas mujeres sufren o han sufrido de este fenómeno social haciéndolo ver algo cotidiano a tal punto de no denunciar. En varias ciudades del mundo, incluyendo Bogotá, el 60-90% de las mujeres afirman haber experimentado algún tipo de violencia sexual (ONU Mujeres, 2017), afirmando esto, la Fundación clasificó a Bogotá como la ciudad capital con el sistema de transporte más peligroso del mundo. Para combatir o disminuir este fenómeno se propone mejorar la vigilancia y seguridad con el fin de disuadir de manera efectiva a los infractores de acoso sexual, ya que la presencia de cámaras, guardas y policías genera percepción de un entorno más seguro (Orozco, Soto, Arévalo y Oviedo, 2019).

El objetivo de esta investigación es identificar los factores que influyen en la brecha que existe entre hombres y mujeres al momento de hacer uso de la bicicleta como medio de transporte diario. En este estudio, se desarrollaron y aplicaron encuestas de preferencia declaradas y reveladas junto con un modelo logit binario.

5. JUSTIFICACIÓN

La implementación de políticas y estrategias que integren factores de inclusión como el género en etapas de planificación, diseño y desarrollo de un proyecto, cobran importancia para un gobierno que incentive el uso de un modo de transporte sostenible en temas como disminución del desempleo, mejoras en la salud, disminución en la congestión, reducción de externalidades, retorno económico por infraestructura o sistema de transporte público, mayor accesibilidad a la educación, fortalecimiento de la familia como institución básica de la sociedad, entre otros.

Es así como se evidencia la falta de desarrollo investigativo que exponga la situación actual y caracterice las barreras existentes en los sistemas de movilidad, a través de datos y estadísticas.

Basados en lo anteriormente citado, el desarrollo de este trabajo busca hacer énfasis en la participación de la mujer en la movilidad urbana de la ciudad de Bogotá, conociendo los principales factores que influyen en la generación y ampliación de la brecha que existe frente a los hombres y bajo esta perspectiva plantear estrategias que brinden condiciones óptimas e igualitarias en temas de transitabilidad a nivel de infraestructura, seguridad, espacios públicos, crecimiento personal y laboral con el objetivo de disminuir la brecha y hacer entender a la sociedad que la solución a estos conflictos da como resultado una mejor movilidad.

6. MARCO REFERENCIAL

Cuando se habla de sostenibilidad se hace referencia al cuidado del medio ambiente al momento de suplir las necesidades del ser humano con el fin de que las generaciones futuras lo puedan hacer también. De aquí nace la idea de implementar un sistema sano de movilidad o también llamado movilidad sostenible.

Lo que pretende la movilidad sostenible es ayudar al medio ambiente mediante la disminución de las emisiones contaminantes y los gases de efecto invernadero que son producidos por los automotores y que generan problemas de salud para la vida humana. Viajar diariamente a nuestros lugares de estudio y/o trabajo, constituye un desarrollo personal, colectivo y nacional, que involucra también un impacto ambiental, económico y social al demandar de tiempo y recursos, incrementando las afectaciones a nivel emocional, físico y productivo.

Como solución para mejorar la calidad de vida de los habitantes, el medio ambiente, el desarrollo, la economía y la salud, gobiernos de diversos países buscan motivar a los ciudadanos a utilizar las bicicletas o motocicletas eléctricas en sus desplazamientos diarios mediante la creación e implementación de planes integrales de movilidad sostenible, donde se prioricen estrategias que orienten el uso de los recursos y cambien así de esta manera, la dinámica de movilidad actual.

Los principales objetivos de estas estrategias se encuentran enfocados en la reducción o modificación de las necesidades al momento de desplazarse, el fomento del transporte masivo (transporte público, rutas institucionales) y la movilidad no motorizada (bicicleta, caminata), la racionalización de los vehículos particulares (carro compartido) y la protección de la vida en la vía. Para lograr la transformación en los hábitos de movilidad, se debe acudir a la realización de estudios relacionados al conocimiento del comportamiento humano; los organismos, equipos de trabajo y personas partícipes en la creación y promulgación de planes y estrategias; diagnósticos de movilidad bajo la caracterización de los patrones de movilidad y posibles impactos a nivel ambiental, económico y de bienestar personal; el diseño de acciones (trabajar en alianza, involucrar colaboradores, replicar buenas prácticas, crear actividades recreativas, entre otros); la creación de estrategias de seguimiento; el establecimiento de canales de comunicación para dar a conocer los planes y proyectos desarrollados y, la evaluación, actualización y mejora del trabajo realizado, a través de la medición de manera periódica y rigurosa del impacto que las acciones de movilidad sostenibles implementadas han causado.

6.1. MARCO TEÓRICO

La problemática actual de la movilidad urbana se encuentra representada por las dificultades de congestión, falta de accesibilidad al servicio de transporte, ocupación del espacio público y los impactos en el medio ambiente. Por lo cual, en varios países alrededor del mundo se da la implementación de sistemas de transporte alternativo que dan solución a estas problemáticas; el medio de uso más frecuente es la bicicleta, caracterizada por sus ventajas a nivel social, de movilidad y medio ambiente.

El uso de la bicicleta en grandes ciudades, es la prueba irrefutable de la posibilidad de hacer uso de este vehículo como medio de transporte urbano masivo para distancias medias, sin tener en cuenta las condiciones climáticas de frío y humedad. Además, no produce contaminación, ni ruido, no consume energías no renovables, su costo es reducido y se puede alternar con la funcionalidad de deporte.

Desde todos los puntos de vista, la bicicleta resulta un medio de transporte eficaz, que se promueve como una alternativa a considerar en cualquier programa que desincentive el uso del automóvil con la finalidad de reducir la congestión vehicular y auditiva. Sin embargo, presenta limitaciones a tener en cuenta como la transitabilidad por terrenos abruptos o con pendientes superiores al 3% y la inseguridad debido a la desprotección física, la movilidad en espacios compartidos con vehículos motorizados, robo, poco respeto hacia los usuarios, entre otros.

En el caso de la ciudad de Bogotá, actualmente cuenta con un total de 403 km de ciclorrutas y se realizan 670.000 viajes al año aproximadamente, es decir, cerca de 1800 viajes diarios, lo que la convierte en la ciudad con la mayor cantidad de vías para el tránsito de ciclistas en Latinoamérica.

Los problemas de transporte se hacen vigentes con el paso del tiempo (congestión, contaminación, recursos limitados, ingresos relativamente bajos, rápida urbanización, alta demanda de transporte público, escasez de recursos, datos sólidos, personal calificado, etc.), lo que permite que ingenieros, educadores y aprendices desarrollen soluciones técnicas que

generen confianza en la tecnología de la información como solución a problemas económicos y sociales, cambios en los conceptos de infraestructura de transporte, sistemas de movimiento o formas de pago.

Estos estudios y experimentos se han llevado a cabo desde mediados de 1970, adelantando avances técnicos en el modelado del transporte. Sin embargo, en el siglo XXI las tendencias de globalización y telecomunicaciones, han marcado cambios importantes en la forma en que percibimos la planificación del transporte: infraestructura que mejora la competitividad económica, incremento de la participación del sector privado en la operación del transporte y reducción en la necesidad de viajar.

De esta manera, actualmente se reconoce mejor el papel del modelado en el apoyo a la planificación del transporte y la importancia que tiene en el proceso como una ayuda efectiva en la toma de decisiones, lo cual requiere planificadores sabios y mejores modeladores.

Los modelos y su rol

Un modelo es una representación simplificada de una parte del mundo real, que se centra en elementos que son considerados importantes según puntos de vista específicos. Existen dos tipos de modelos: modelos físicos (orientados al diseño) y modelos abstractos (típicamente analíticos). Este último, es usado en la planificación del transporte y se conoce como modelo matemático, que mediante ecuaciones basadas en afirmaciones teóricas intentan replicar el comportamiento de sistemas, ofrece una “base” para discutir planes y políticas, suele ser muy complejo al requerir gran cantidad de datos y finalmente, ofrece al planificador la oportunidad de aprender mediante la experimentación sobre el comportamiento y funcionamiento del sistema en estudio.

Un sistema de planificación eficaz del transporte se desarrolla a través de la implementación de varias herramientas, tales como: modelos, prácticas administrativas, profesionales calificados, niveles de comunicación con los tomadores de decisiones, medios y público, que dependen del contexto en el que se utilizará.

Características de los problemas de transporte.

Los problemas de transporte son frecuentes tanto en países industrializados como en desarrollo. El aumento del tráfico por carretera y la demanda de transporte provoca congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales inaceptables, al igual que el crecimiento económico que aumenta los niveles de demanda superando la capacidad de las instalaciones de transporte y la inversión insuficiente en algunas zonas.

Estos problemas son afrontados habitualmente con un sistema de planificación deficiente o inexistente que necesita mejoras para ser implementados en contextos urbanos y rurales, ya que es poco probable que desaparezcan en un futuro próximo.

Características de la demanda de transporte

Para comprender la demanda de transporte se debe tener en cuenta que los movimientos que se realizan por las vías de un zona, se hacen con el fin de transportar personas y/o

mercancías, por ende, se debe entender la forma en que estas actividades se distribuyen en el espacio, tanto en contextos urbanos como regionales.

Algunos atributos que permiten que una demanda diferenciada sea útil son la hora del día, el día de la semana, el propósito del viaje, el tipo de carga, la importancia de la velocidad y la frecuencia, etc. El enfoque más común para manejar de manera adecuada esos atributos es por medio del espacio, es decir, dividir las áreas de estudio en zonas y codificarlas junto con las redes de transporte, para procesarlas de una forma más sencilla con la ayuda de programas informáticos, convirtiéndose así en un elemento esencial para el análisis del transporte.

Por otra parte, las variaciones de la demanda en las horas pico y en las horas valle sigue siendo un problema central en la modelación y planificación del transporte. Usualmente esto ocurre en zonas urbanas donde la mayor parte de la congestión tiene lugar durante horas y períodos pico específicos, difíciles de analizar y pronosticar.

Características de la oferta de transporte

La oferta de transporte es un servicio y no un bien, por ende, no es posible almacenarla; es por eso, que para ahorrar recursos se debe estimar la demanda con la mayor precisión posible y de esta manera adaptar la oferta de servicios de transporte a la misma, teniendo en cuenta la cantidad de activos fijos (infraestructura) y unidades móviles (vehículos) que hacen posible el movimiento de personas y bienes.

Frecuentemente la infraestructura y los vehículos no son operados por la misma compañía, lo cual genera que las interacciones entre autoridades gubernamentales, empresas de construcción, cargadores, usuarios y público en general sean muy complejas. Desde el punto de vista de la oferta, la provisión de infraestructura es importante aunque “irregular”, debido a que tiene la posibilidad de crecer gradualmente junto con la demanda y así evitar inversiones iniciales innecesarias en instalaciones costosas que implican costos adicionales para usuarios y no usuarios por igual. Además, la inversión en transporte se define por un juicio político que muchas veces no tiene en cuenta la planificación, el análisis y la investigación, dando lugar a problemas que con el tiempo son inevitables.

Por último, la separación entre proveedores de infraestructura y de vehículos, también genera complejidades económicas que según la teoría económica elemental, si importan, ya que una buena asignación de recursos para satisfacer las necesidades humanas solo se logra cuando los costos marginales de los bienes equivalen a su utilidad marginal. A este problema se le suman efectos colaterales asociados a accidentes, contaminación, degradación ambiental en general y congestión, los cuales generan costos que son incluidos en la tarificación electrónica de carreteras para incentivar a las personas a tomar decisiones más razonables..

Equilibrio entre la oferta y la demanda

La función de la planificación del transporte es garantizar la satisfacción de una determinada demanda (D) de movimientos de personas y mercancías con diferentes objetivos de viaje, en diferentes momentos del día y del año, utilizando distintos modos de transporte que cuenten con cierta capacidad operativa. Este sistema de transporte está compuesto por:

- Infraestructura
- Conjunto de modos de transporte y sus operadores.
- Un sistema de gestión (M), es decir, un conjunto de reglas y estrategias de control que pueden ser utilizadas para redistribuir la capacidad dando prioridad a ciertos tipos de usuarios por motivos de eficiencia, medioambientales o de equidad, incluyendo esquemas de gestión, control de tráfico de área y regulaciones aplicables a cada modo, donde, la capacidad (Q) dependerá del sistema de gestión (M) y de la inversión (I) a lo largo de los años.

En términos generales, el nivel de servicio es una combinación de velocidad, tiempos de viaje, tiempos de espera y de marcha y efectos de los precios.

Por lo tanto, los puntos de equilibrio entre la oferta y la demanda variarán a medida que los niveles de servicio cambien en el espacio y en el tiempo, dando como resultado dos conjuntos diferentes: a corto plazo y a largo plazo. La planificación del transporte se encarga de gestionar la evolución de estos puntos de equilibrio a lo largo del tiempo para maximizar el bienestar social, con ayuda de la modelación para comprender mejor esta evolución y permitir el desarrollo e implementación de las estrategias de gestión y programas de inversión.

Preferencias reveladas y declaradas

Hasta mediados de los años ochenta era común que el modelado de la demanda de transporte se basará en información sobre elecciones y decisiones observadas, es decir, en datos de *preferencias reveladas*. Dentro de este enfoque, se realizan las encuestas en términos de atributos que “se asignan" y que son considerados como influyentes en el comportamiento actual. Sin embargo, esto tiene limitaciones prácticas asociadas básicamente con los costos de la encuesta y la dificultad de distinguir los efectos de atributos que no son fáciles de observar.

Para dar solución, se propusieron técnicas de *preferencias declaradas* como una forma de experimentar con las opciones relacionadas al transporte, basando la estimación de la demanda en un análisis de la respuesta a opciones hipotéticas; éstas, por supuesto, pueden abarcar una gama más amplia de atributos y condiciones que el sistema real.

Por lo tanto, en casos apropiados, los datos y métodos de preferencia reveladas y declaradas pueden emplearse en sentidos complementarios, ofreciendo una herramienta invaluable para ayudar a modelar alternativas completamente nuevas.

DATOS Y ESPACIO

La naturaleza de los datos que se deben recolectar depende de los modelos elegidos para un estudio en particular. Sumando a ello los avances en las telecomunicaciones que están cambiando la recopilación de datos sobre los viajes ofreciendo ventajas específicas en el seguimiento de los movimientos durante períodos de tiempo largos.

Teoría básica de muestreo

Consideraciones estadísticas

La estadística es la ciencia que se ocupa de reunir, analizar e interpretar los datos para obtener la cantidad máxima de información útil a menor costo posible en el diseño de una muestra, para ayudar a determinar el nivel de incertidumbre que permita tomar las mejores decisiones. Los datos suelen consistir en una muestra de observaciones (de uno o más atributos) tomadas a una determinada población de interés que no es económicamente factible de observar en su totalidad.

Las dificultades siguen siendo cómo asegurar que una muestra es representativa y cómo se puede obtener conclusiones válidas de la misma.

Tamaño de la muestra para estimar los parámetros de población

Depende de tres factores principales:

- La variabilidad de los parámetros de la población estudiada
- El grado de precisión requerido para cada parámetro
- El tamaño de la población

El Teorema del Límite Central, postula que las estimaciones de la media de una muestra tienden a volverse normales a medida que el tamaño de la muestra (n) aumenta. Esto es válido para cualquier distribución de la población si n es mayor o igual a 30 o incluso en el caso de muestras más pequeñas si la población original tiene una distribución similar a la normal.

Obtención de la muestra

La extracción de la muestra, es la última etapa del proceso de muestreo la cual se debe llevar a cabo con referencia a un proceso pseudoaleatorio, capaz de generar fácil y rápidamente un conjunto de números aleatorios adecuados.

Conceptualización del problema de muestreo

De acuerdo con Lerman y Manski (1976), P y f determinan la población y las características de la muestra respectivamente. Así mismo, se asume que cada observación muestreada puede ser descrita en base a las siguientes variables:

- i: elección observada del individuo de la muestra
- X: vector de atributos del individuo (edad, sexo, ingresos) y de las alternativas de su conjunto de elección (tiempos de recorrido, de espera y de viaje, costo).
- θ: parámetros de un modelo que representan el proceso de elección subyacente en la población.

La distribución conjunta de i y X viene dada por: $P(i, X/\theta)$

La probabilidad de elegir la alternativa i entre un conjunto de opciones con atributos X es: $P(i/X, \theta)$

Muestra aleatoria

La distribución de i y X en la muestra y la población debe ser idéntica, es decir:

$$f(i, X/\theta) = P(i, X/\theta)$$

Muestra estratificada o exógena

El proceso de muestreo está definido por una función f (X), que da la probabilidad de encontrar una observación con características X; en la población esta probabilidad es, por supuesto, P(X). La distribución de i y X en la muestra viene dada por:

$$f(i, X/\theta) = f(X)P(i/X, \theta)$$

Una muestra aleatoria es sólo un caso especial de muestra estratificada donde f (X) = P(X), porque:

$$f(i, X/\theta) = P(X)P(i/X, \theta) = P(i, X/\theta)$$

Muestra basada en la elección

El procedimiento de muestreo se define por la función f (i), dando la probabilidad de encontrar una observación que elija la opción i, es decir, se estratifica según la elección. Ahora la distribución de i y X en la muestra viene dada por:

$$f(i, X/\theta) = f(i)P(X/i, \theta)$$

La expresión f de la probabilidad conjunta de i y X para una muestra basada en la elección es compleja y tiene mayor probabilidad de sesgo en la elección:

$$f(i, X/\theta) = f(i)P(i/X, \theta)P(X) / \Sigma P(i/X, \theta)P(X)$$

Cada método de muestreo produce una distribución diferente según las características de la muestra, y no hay razones a priori para esperar que un método de estimación de un solo parámetro sea aplicable en todos los casos.

Consideraciones prácticas en el muestreo

El problema de la implementación

El muestreo estratificado y basado en la elección requiere un muestreo aleatorio dentro de cada estrato, para lo cual es necesario aislar el grupo en estudio, generando así dos problemas a considerar: primero, es extremadamente difícil aislar y tomar una muestra del resto de la población; segundo, en ciertos casos los estratos que las conforman pueden difícilmente asegurar una muestra aleatoria dentro de cada estrato.

Encontrar el tamaño de cada subpoblación

Permite determinar cuántas personas serán encuestadas, se clasifican en:

- Medición directa: esto es posible en ciertos casos y con atributos específicos que puede dar una medida adecuada aunque imperfecta del número de personas que eligen modo de transporte. Si se requiere una estratificación geográfica o zonal, el último censo puede ser utilizado para estimar el número de habitantes en cada zona.

- Estimación a partir de una muestra aleatoria: la proporción de observaciones correspondientes a cada estrato es un estimador consistente de la fracción del total respectivo a cada subpoblación. Su costo es bajo.
- Solución de un sistema de ecuaciones simultáneas: tomando una pequeña muestra, podemos obtener valores medios modales de estas variables y postular un sistema de ecuaciones que tiene como incógnitas las fracciones de subpoblación.

Errores en el modelado y pronóstico

El objetivo principal del modelado, es con frecuencia pronosticar, mediante la ayuda de modelos que suelen estar sujetos a errores debido a las inexactitudes en los valores asumidos para las variables. La tarea del modelador es encontrar qué combinación se ajusta mejor a la precisión del pronóstico y al presupuesto del estudio requerido. Para ello, es importante distinguir entre los diferentes tipos de errores:

- Aquellos que podrían hacer que incluso los modelos correctos arrojen pronósticos incorrectos (errores en la predicción de las variables explicativas, errores de transferencia y de agregación).
- Aquellos que realmente son estimados como modelos incorrectos (errores de medición, muestreo y especificación).

Diferentes tipos de error

- Errores de medición
- Errores de muestreo
- Errores de cálculo
- Errores de especificación
- Errores de transferencia
- Errores de agregación

Métodos básicos de recopilación de datos

Consideraciones prácticas

El tipo de modelo que se usará en el estudio definirá qué método de recolección de datos es más apropiado y los datos que se necesitan. Sin embargo, las limitaciones prácticas también influyen en la determinación del tipo de encuesta más apropiado para una situación dada. La especificación del sistema de modelado deseado y el diseño de una encuesta requiere de habilidad y experiencia.

Duración del estudio

Determina cuánto tiempo y esfuerzo es posible dedicar a la etapa de recolección de datos. Es muy importante lograr un equilibrio en el desarrollo de las diversas etapas del estudio, evitando así, que la mayor parte del presupuesto y del tiempo se gaste en la recolección, análisis y validación de los datos.

Límites del área de estudio

Es importante concentrarse en toda el área de interés y en el área de estudio, la primera es normalmente más grande ya que se espera que la segunda se desarrolle en un período de 20 años.

Recursos del estudio

Es necesario saber, de la manera más clara y detallada posible, cuánto personal y de qué nivel estará disponible para el estudio, el tipo de herramientas informáticas y las restricciones de uso (físico, ambiental y social), que deben tenerse en cuenta e influirán en el diseño de la muestra.

Una consideración práctica es que los usuarios suelen ser reacios a responder encuestas, ya que responder preguntas toma tiempo y a veces puede ser visto como una violación de la privacidad. Esto puede dar lugar a una negativa rotunda a responder o a la provisión de respuestas simplistas pero creíbles, lo que en realidad es peor. Una solución para este tipo de casos es la tecnología moderna, la cual ofrece una serie de métodos para recopilar información sobre viajes, recorridos, destinos, modos o elección de rutas, sin requerir la participación activa del usuario.

Alcance de la encuesta

Primero es necesario definir el área de interés del estudio. Una vez definido esto, el área se divide en zonas para tener una idea clara y espacialmente desagregada del origen y destino de los desplazamientos, y así poder cuantificar espacialmente variables como la población y el empleo. El área fuera del límite exterior también está dividida en zonas pero con un menor nivel de detalle (zonas más grandes). Dentro del área de estudio también puede haber otros límites internos, es decir, una división artificial que sigue un límite natural o con pocos cruces (un río o una línea de ferrocarril). No existen reglas rígidas para decidir la ubicación del límite externo y, por lo tanto, qué áreas se considerarán externas al estudio; depende del alcance y los niveles de decisión adoptados para el estudio, es decir, es un problema muy contextual.

Es necesario emplear los siguientes datos:

- Encuestas de intercepción: datos sobre las personas que cruzan la frontera del área de estudio, en particular los no residentes del área de estudio. Se realiza por medio de encuestas más cortas, llevadas a cabo en puntos de interceptación de los viajes de llegada y salida del área de estudio:
- Encuestas de interceptación: se requieren para medir los viajes de los no residentes, y nuevamente para verificar los datos de los hogares en cierta medida.
- Tráfico y conteo de personas: son de bajo costo y son necesarios para la calibración, validación y para posteriores comprobaciones a otras encuestas.
- Encuestas de tiempo de viaje: son necesarias para calibrar y validar la mayoría de los modelos y pueden ser necesarias tanto para los desplazamientos en vehículo privado como en transporte público.
- Para crear modelos de predicción robusto, se requiere de otros datos relacionados cmo:
    - Inventario de usos del suelo - Modelos de generación de viajes: zonas residenciales (densidad de viviendas), zonas comerciales e industriales (por tipo de establecimiento), parqueaderos, etc.

- Inventarios de infraestructuras y servicios existentes - Modelos de distribución y asignación: redes de transporte público y privado, tarifas, frecuencias, localización tiempos de las señales de tráfico, etc. Estos datos son esenciales para la calibración de los modelos.
- Información de encuestas especiales sobre actitudes y elasticidad de la demanda (por ejemplo, preferencia declarada y otros métodos).

Corrección, expansión y validación de datos de encuestas

Expansión de la muestra

Una vez corregidos los datos es necesario ampliarlos para representar la población total; para ello se definen factores de expansión para cada zona de estudio como la relación entre el número total de direcciones de la zona (A) y el número obtenido como muestra final. Sin embargo, a menudo los datos sobre A están desactualizados, lo que provoca problemas en el campo.

$$F_i = \frac{A - A(C + CD/B)/B}{B - C - D}$$

donde:

- Fi: factor de expansión para la zona i
- A: número total de direcciones en la lista de población original
- B: número total de direcciones seleccionadas como muestra original
- C: número de direcciones muestreadas que no fueron elegibles en la práctica (por ejemplo, demolidas, no residenciales)
- D :número de direcciones muestreadas donde no se obtuvo ninguna respuesta

Validación de resultados

Los datos obtenidos de las encuestas O-D se someten normalmente a dos procesos de validación.

1. Comprobación in situ de la integridad y coherencia de los datos; a esto le sigue normalmente su codificación y digitalización en la oficina.
2. Verificación computacional de los rangos válidos para la mayoría de las variables y en general de la consistencia interna de los datos.

En los estudios de movilidad la validación más importante se hace dentro de los propios datos de la encuesta y no con datos secundarios como los recuentos de tráfico. Sin embargo, se recomienda el uso de datos independientes para comprobar las cifras de todos los componentes de una encuesta metropolitana de viajes O-D. Las comparaciones objetivas de estas cifras, permiten detectar posibles sesgos y tomar medidas para corregirlos.

Recolección de datos longitudinales

Los investigadores del comportamiento de los viajes están convencidos de que los modelos empíricos transversales han sufrido de una falta de reconocimiento de la intertemporalidad de la mayoría de las opciones de viaje. Los datos de panel son una buena alternativa para

incorporar los efectos temporales porque en esta estructura de datos se entrevista a un determinado grupo de individuos en diferentes momentos del tiempo.

Encuestas de tiempo de viaje

Los datos detallados sobre el tiempo de viaje, la velocidad del vehículo y el retraso son importante para la calibración y validación de los sistemas de modelos. Los tiempos de viaje son un determinante clave de los costos, por lo tanto es importante asegurarse que el modelo represente correctamente los retrasos en la vía de interés. Lo más importante, son los tiempos de viaje de los vehículos en vías congestionadas, dividiéndose en:

- Tiempos de funcionamiento, mientras el vehículo está en movimiento.
- Retrasos, cuando el vehículo se detiene debido a congestión o medidas de control de tráfico.

Para los modelos estratégicos, los segmentos deben incluir al menos cinco enlaces o tener una longitud mínima de 1 km. Para los modelos de menor escala se pueden utilizar segmentos más cortos, pero las observaciones tendrán que repetirse más para obtener una estimación fiable a pesar de la variabilidad local en los tiempos de viaje. La técnica más común para la medición del tiempo de viaje se conoce como el “método del observador en movimiento”, donde un observador en el vehículo (o un GPS), registra los tiempos a intervalos regulares o cuando pasa por puntos específicos.

El diseño de una encuesta sobre el tiempo de viaje requiere:

- Especificación del nivel de precisión requerido.
- Identificación de uno o más circuitos a encuestar.
- Identificación de los tramos viales de interés.
- Selección de un método para la recopilación de datos: observador, GPS u otro.
- Selección de los días y horas en que se realizarán las encuestas.
- Número de ejecuciones que se necesitarán para cada circuito y tiempos de encuesta.

La precisión requerida dependerá del objetivo del modelo. Para los modelos estratégicos a gran escala es deseable tener una precisión de unos 5 a 8 km/hr (alrededor de ±10%). Para los estudios operativos, es deseable una mejor precisión de 2 a 5 km/hr. Los modelos de elección de modalidad de transporte desagregados, ha encontrado que el nivel de precisión debería ser más alto. La longitud de los tramos de carretera debe elegirse de forma que se reduzca la variabilidad que se encuentra en los cruces, especialmente si se controlan las señales; en las zonas urbanas densas, las secciones deben contener entre 7 y 10 cruces controlados por señales.

El tamaño de la muestra y el número de recorridos a realizar, dependerá de la variabilidad observada en diferentes tipos de carreteras bajo diferentes condiciones. Lo ideal sería que el coeficiente de variación del CV se estimará a partir de las observaciones, los valores típicos del CV estarían entre 9 y 15 para carreteras con baja y alta variabilidad.

Encuestas de preferencias declaradas

En términos de comprensión del comportamiento de los viajes, los datos de preferencias reveladas tienen las siguientes limitaciones:

- Las observaciones de las elecciones reales pueden no proporcionar suficiente variabilidad para construir buenos modelos de evaluación y pronóstico.
- El comportamiento observado puede estar dominado por algunos factores que dificultan la detección de la importancia de otras variables. Esto es cierto con variables cualitativas secundarias que también pueden costar dinero.
- Las dificultades en la recopilación de respuestas para políticas que son completamente nuevas.

Estas limitaciones se superarían si pudiéramos llevar a cabo experimentos controlados en la vida real dentro de las ciudades o los sistemas de transporte, pero las oportunidades para hacerlo en la práctica son muy limitadas. Por lo tanto, cuando no se dispone de datos para predecir el comportamiento o para obtener funciones de preferencia fiables, los investigadores han tenido que recurrir a métodos de preferencias declaradas. Estas cubren una gama de técnicas, que tienen en común la recolección de datos sobre las intenciones de los encuestados en escenarios hipotéticos. Los tres métodos más comunes de preferencias declaradas han sido la valoración contingente, el análisis conjunto y las técnicas de elección declarada.

Valoración contingente y análisis conjunto

La valoración contingente se ocupa de obtener información sobre la voluntad de pago para varias opciones de políticas o productos (Mitchell y Carson 1989); en la práctica suelen utilizar cuatro tipos de preguntas: preguntas directas, juegos de apuestas, opciones de pago y opciones de referéndum. A diferencia del valor contingente, el análisis conjunto tradicional permite al investigador examinar las preferencias, e incluso la VDP si se incluye un atributo de costo, no sólo para toda la política o el producto, sino también de las características individuales del objeto en estudio. En el análisis conjunto, a los encuestados se les presentan varias políticas o productos alternativos y se les pide que los califiquen o clasifiquen, los cuales son variados sistemáticamente.

El análisis conjunto tradicional ha tenido una aceptación limitada en los estudios de transporte debido a una serie de críticas que se han hecho al método a lo largo de los años. En primer lugar, se ha argumentado que los métodos estadísticos utilizados principalmente para analizar los datos son inapropiados, ya que la variable dependiente de un modelo de regresión lineal debe ser, como mínimo, escalada en intervalos. En segundo lugar, hacen referencia al uso mismo de las calificaciones de los datos como medida, argumentado que los resultados de las encuestas de análisis conjunto no tienen una interpretación psicológicamente significativa (Louviere y Lancsar 2009). Por lo tanto, los métodos de técnicas de elección declarada han tendido a dominar los estudios de transporte.

Métodos de elección declarados

Los estudios de elección de estado son similares a los métodos de análisis conjunto en la medida en que a los encuestados se les presenta una serie de alternativas hipotéticas; sin embargo, los dos métodos difieren en términos de la métrica de la respuesta. Mientras que la análisis conjunto pide a los encuestados que clasifiquen o califiquen las alternativas, a los

encuestados que realizan una encuesta de elección declarada se les pide que elijan su alternativa preferida entre un subconjunto del número total de alternativas hipotéticas construidas por el analista. En primer lugar, el análisis de los datos de elección discreta requiere un conjunto diferente de modelos econométricos desarrollados específicamente para analizar dichos datos; por lo tanto, la métrica de elección es coherente con el modelo estadístico que se le aplica. En segundo lugar, la selección de la única alternativa preferida es psicológicamente consistente entre los encuestados.

Por otro lado, la principal distinción entre las encuestas de preferencias reveladas y preferencias declaradas es que este último pregunta a los individuos sobre cómo clasificarían/clasificarían ciertas opciones en una o más situaciones hipotéticas. El grado de artificialidad de estas situaciones puede variar, según las necesidades y el rigor del ejercicio:

- El contexto de decisión puede ser hipotético o real.
- Algunas de las alternativas ofrecidas pueden ser hipotéticas, aunque se recomienda que una de ellas sea existente.

Un inconveniente en la recolección de datos de preferencias declaradas, es si los individuos realmente van a hacer lo que declararon que harían cuando se presente el caso. Sin embargo, los métodos de recolección de datos mejoraron y se volvieron exigentes, no sólo en términos de experiencia en el diseño de encuestas sino también en sus requerimientos de personal de encuestas capacitado y los procedimientos de garantía de calidad. Las principales características de una encuesta de técnicas de elección declaradas son:

a. Se basa en la obtención de declaraciones de los encuestados sobre cómo responderían a diferentes alternativas hipotéticas de desplazamiento.
b. Cada opción se representa como un "conjunto" de diferentes atributos como tiempo de viaje, precio, avance, confiabilidad, etc.
c. El analista construye estas alternativas hipotéticas para poder estimar el efecto individual de cada atributo, utilizando técnicas de diseño experimental que garantizan que los parámetros de los atributos elegidos se estimen con los errores estándar más pequeños. Un diseño experimental no es más que una matriz de números utilizada para asignar valores a los atributos de cada alternativa. Al utilizar la teoría del diseño experimental, la asignación de estos valores se produce de manera no aleatoria, y al variar sistemáticamente los atributos de diseño, los analistas pueden controlar tantos factores como sea posible que influyen en las elecciones observadas. Al crear el diseño de manera específica y precisa, el analista busca garantizar la capacidad de obtener estimaciones de parámetros confiables con un mínimo de confusión con las otras estimaciones de parámetros.
d. El investigador debe asegurarse de que los encuestados reciban alternativas hipotéticas que puedan comprender.
e. Las respuestas dadas por los individuos se analizan para proporcionar medidas cuantitativas según la importancia relativa de cada atributo.

Se aconseja realizar una amplia investigación cualitativa y secundaria para determinar el conjunto pertinente de alternativas, atributos y niveles de atributos que se utilizarán para conformar las alternativas hipotéticas; al decidir qué atributos usar, debemos determinar qué

factores representan mejor las decisiones que influyen entre las diversas alternativas, teniendo en en cuenta que otros criterios externos también pueden influir en esta tarea

En lo que respecta a los niveles de atributos, el analista debe definir valores para cada uno de ellos, incluidos valores cuantitativos específicos (por ejemplo, 5, 10 y 20 dólares) o etiquetas cualitativas (“bajo”, “medio" y “alto”). Una vez definido, se recomienda realizar pruebas piloto. Esto puede resultar en un mayor refinamiento del instrumento de encuesta. Sólo una vez que el analista esté satisfecho con la encuesta, el estudio de preferencias declaradas debe ser puesto en marcha.

El proceso de la encuesta

Al establecer una encuesta de preferencias declaradas, los analistas deben tratar de seguir cinco etapas. La primera etapa requiere que los objetivos del estudio estén claramente definidos y aclarados, esto implica la identificación de la población de interés, así como el perfeccionamiento de los objetos experimentales o las alternativas que se estudiarán los cuales deben ser definidos y probados. La segunda etapa requiere determinar el conjunto de supuestos que reflejan nuestras creencias generales en cuanto a las cualidades que son importantes para que un diseño experimental pueda ser desplegado, estos supuestos dictarán las propiedades estadísticas del diseño generado en la Etapa 3 del proceso. La tercera etapa consiste en generar el diseño experimental general especificando el número de tareas de elección y las posibles restricciones del diseño. En la cuarta etapa, el analista realiza pruebas piloto para determinar cómo es probable que el diseño funcione en la práctica, este tipo de pruebas puede permitir al analista corregir cualquier problema con el diseño antes de ir al campo. La etapa final implica tomar el diseño y usarlo para construir el cuestionario que se entregará a los encuestados.

***Diseños Factoriales Fraccionales*.** Consisten en un subconjunto de tareas de elección. Para construir un diseño factorial fraccional, uno podría seleccionar al azar tareas de elección de la factorial completo. El tipo de diseño factorial fraccional más conocido es el diseño ortogonal, el cual se produce de manera de tener cero correlaciones entre los atributos dentro del experimento de elección declarada el cual consiste en construir una matriz ortogonal.

Existen otros tipos de diseños factoriales fraccionales como los diseños D-óptimos o D-eficientes (Rose y Bliemer, 2008). Al generar este tipo de diseños, los investigadores definen su eficiencia en términos de varianzas y covarianzas de las estimaciones de los parámetros; cuanto más bajas sean estas (co)varianzas, más eficiente será el diseño experimental. El objetivo al generar este tipo de diseño es seleccionar combinaciones de niveles de atributos que resulten en las (co)desviaciones de parámetro más pequeñas posibles. Para ello, el analista debe hacer una serie de supuestos sobre el modelo que se va a estimar, así como las estimaciones de los parámetros que se obtendrán. Esto permite calcular la matriz de covarianza asintótica esperada del diseño, de la que se derivan las (co)varianzas.

Sin embargo, han surgido dos escuelas de generación de diseños experimentales para estudios de elección declarada:

1. Crea diseños bajo la llamada hipótesis nula, es decir, parámetros de valor cero anteriores (Street, 2005). Puede probar la optimización de sus diseños.

2. Asume prioridades de parámetros no valorados a cero. No puede probar la optimización de sus diseños.

Finalmente, los diseños óptimos sólo se han producido bajo el supuesto de estimar los modelos Multinomiales Logit, que son los modelos de elección discreta más sencillos (Domencich y McFadden, 1975). No obstante, el atractivo de este enfoque es:

- Los encuestados se ven obligados a hacer concesiones en todos y cada uno de los atributos del diseño, ya que no hay dos atributos en una situación de elección dada, cuando sea posible, tomarán el mismo valor.
- El enfoque no requiere un conocimiento a priori de las estimaciones de los parámetros, y esto puede ser particularmente adecuado para diseños que tienen principalmente atributos cualitativos.

Los investigadores han producido diseños bayesianos eficientes que no suponen un conocimiento preciso de las estimaciones de los parámetros, tales diseños permiten que la población real caiga dentro de alguna distribución de posibles estimaciones de parámetros, de tal manera que el analista optimice sobre la distribución de posibles prioridades. En esta etapa, se generan diseños que minimicen los elementos de varianza asociados con el modelo de elección discreta

La principal ventaja de este enfoque es que el diseño generado está directamente relacionado con el resultado esperado del proceso de modelación. Además, puede ser optimizado para cualquier tipo de modelo, además, el enfoque puede asumir cualquier estructura de datos.

Uso de computadoras en encuestas de preferencias declaradas

Los computadores ofrecen ventajas muy significativas sobre los métodos tradicionales, sin embargo, presenta algunas limitaciones. Con un sistema informático, las respuestas a la encuesta inicial pueden ser utilizadas para generar automáticamente los experimentos y opciones de preferencias declaradas para cada sujeto, siguiendo un diseño específico. Además, se pueden incorporar comprobaciones lógicas y de alcance en las respuestas y pantallas de ayuda emergentes o ventanas de búsqueda de información para mejorar la calidad de la entrevista.

También permiten experimentar con diseños adaptativos, es decir, modificar el diseño experimental a la luz de las respuestas del sujeto, siendo conscientes de que el uso de diseños adaptativos pueden conducir a un sesgo. El uso de computadores para las encuestas de preferencias declaradas permite diseñar entrevistas más complejas que las que se podrían intentar manualmente, aunque esta complejidad puede no ser nunca aparente para el encuestado, o incluso para el entrevistador. Además, un buen software permite la aleatorización del orden en que se ofrecen las opciones a cada individuo, eliminando así una posible fuente adicional de sesgo en las respuestas. Finalmente, como todas las respuestas se almacenan directamente en el disco, no hay costos de entrada de datos ni errores y los datos están disponibles inmediatamente para su procesamiento. Varios paquetes de software ofrecen excelentes facilidades para diseñar y codificar entrevistas muy complejas con un mínimo de comprensión de la informática en sí; entre los más conocidos están ACA (Sawtooth Software), ALASTAIR (Steer Davies Gleave), MINT (Hague Consulting Group) y Ngene 1.0

(Choice Metrics). En resumen, las ventajas de las entrevistas de preferencias declaradas por computadora son:

- Un formato interesante que es consistente en entrevistas y encuestados.
- Pregunta automática de ramificación, solicitud y validación de respuesta.
- Codificación y almacenamiento automático de datos.
- La facilidad con la que el ejercicio de elección declarada puede adaptarse a cada individuo.
- La reducción en el tiempo de entrevista, porque el entrevistador no tiene que calcular y preparar opciones escritas.
- Reducción de costos de capacitación e información.
- Las ventajas estadísticas de aleatorizar la secuencia de elecciones.

Cuestiones de calidad en las encuestas sobre preferencias declaradas

Cuanto más se interese el analista por predecir el comportamiento futuro, más importante será asegurarse de que el contexto de decisión sea específico (un viaje real, no uno hipotético) y que el espacio de respuesta sea conductual. El valor de los indicadores de bondad de ajuste en las encuestas de preferencias declaradas depende totalmente de la calidad y el realismo del experimento. El problema es que los modelos resultantes de los estudios “más baratos” sólo se encontrarán defectuosos mucho más tarde. Un buen análisis requerirá a menudo combinar los datos de preferencias declaradas y preferencias reveladas para asegurarse de que los modelos resultantes están bien ejecutados a los atributos y al comportamiento real.

Generación de viaje y accesibilidad

Daly (1997) propone un marco de tres componentes para la generación de viajes:

- El individuo en su contexto familiar formula un patrón de actividad para el período a modelar. Las actividades fuera del hogar son, por supuesto, las únicas actividades que generan viajes.
- Las actividades fuera del hogar se organizan en "estadías", que se definen como estancias en un lugar específico, cada una de las cuales tiene un propósito principal (y posiblemente propósitos secundarios al mismo tiempo) y una ubicación.
- Se formula un plan de viaje para vincular las estancias, en particular para decidir cuáles requieren ser realizadas por recorridos separados en el hogar (dos o más viajes) y que pueden vincularse con otras estancias por viajes no domiciliarios.

A partir de aquí, parece razonable intentar modelar el número de estadías generadas por un hogar o persona, y dividir esas estadías entre recorridos en el hogar y viajes fuera del hogar. Las variables dependientes serán enteros: 0, 1, 2, 3, etc. Además, la decisión entre viajar o no (es decir, entre 0 y 1) se puede tomar de manera diferente a la decisión sobre si hacer más de un viaje (la primera decisión es si participar en una actividad, y la segunda es cómo organizar el tiempo y ubicación dado que se llevará a cabo alguna participación). Otro punto es que viajar por todos los modos necesita ser incluido para asegurar que se consideren todas las actividades fuera del hogar; por lo tanto, la exclusión de viajes cortos o los viajes por modos no motorizados restarán valor a la calidad del modelo.

Se deben hacer predicciones de la cantidad de estadías para cada propósito de viaje (y tenga en cuenta que las variables que influyen en cada tipo, pueden variar). Lógicamente, debemos modelar los propósitos obligatorios primero y luego los propósitos no obligatorios. Del mismo

modo, la elección entre satisfacer una necesidad de viaje mediante un recorrido en el hogar o un viaje fuera del hogar como el desvío en un recorrido previamente planificado debe ser modelado explícitamente. Finalmente, los modelos de frecuencia pueden ser configurados para describir el comportamiento de hogares completos (es decir, considerando todas las interacciones que pueden ser relevante para el número de viajes realizados), el desarrollo de modelos basados en personas es mucho más simple en práctica, dados los datos que generalmente están disponibles.

El modelo logit de elección de frecuencia

Daly (1997) discutió varios modelos, concluyendo que el más adecuado era uno con un formulario Logit el cuál predeciría el número total de viajes calculando primero la probabilidad que cada individuo elegiría al hacer un viaje. El volumen total de viaje se puede obtener multiplicando el número de individuos de cada tipo por sus probabilidades de hacer un viaje. Si V es la utilidad de hacer un viaje (suponiendo que la utilidad de no viajar es cero, sin pérdida de generalidad), la probabilidad de hacer un viaje viene dada por:

$$P1 = \frac{1}{1 + \exp(-V)}$$

Donde V generalmente se especifica como una función lineal de parámetros desconocidos θ:

$$V = \sum_{k} \theta k * Xk$$

Donde X son elementos de datos medidos como ingresos, propiedad del automóvil y tamaño del hogar, y la accesibilidad que necesita ser ingresada en una forma consistente con la teoría de maximización de la utilidad (es decir, la teoría detrás del modelo Logit).

El modelo Logit representa la elección de cada individuo de hacer o no un viaje, y esto significa que es particularmente adecuado para tratar con datos desagregados. Pero también se pueden usar datos agregados; entonces las probabilidades P representan proporciones en lugar de probabilidades. Sin embargo, para obtener la mejor posibilidad de encontrar una relación significativa entre la accesibilidad y el número de viajes se utiliza desagregar datos ya que conserva la cantidad máxima de variación. Para modelar frecuencias de viaje más altas, Daly (1997) propone el uso de una estructura jerárquica que representa un número indefinido de opciones.

En cada nivel jerárquico, la elección es si hacer más viajes o detenerse (de ahí el nombre "modelo stop-go"). Debido a la gran diferencia en el comportamiento entre la opción 0/1 + y las opciones restantes, se ha encontrado que es preferible modelar la primera elección usando un modelo separado. Sin embargo, debido a que a menudo hay pocos datos sobre los viajeros que hacen múltiples viajes, también es necesario modelar las opciones restantes con un solo modelo "stop-go" (es decir, que predice la misma probabilidad de detenerse en todos los niveles de la jerarquía).

Se ha encontrado que aplicar este modelo de sistema es sencillo. Si la probabilidad de hacer cualquier viaje es p (del modelo 0/1 +) y la probabilidad de elegir la opción "ir" en cada etapa posterior es q (del modelo stop-go), entonces el número esperado de viajes es simplemente:

$$t = \frac{p}{1 - q}$$

El método se ha aplicado en varios estudios en Europa (Daly 1997), obteniendo coeficientes para variable de accesibilidad que varía de 0.07 a 0.33 para varios propósitos de viaje. Una versión más agregada del modelo, utilizando la regresión lineal en los viajes observados en una encuesta de intercepción de la mayoría de los caminos al norte de Chile, también dio

buenos resultados al proporcionar medidas de accesibilidad (del tipo log-sum) con coeficientes significativos del signo y la magnitud adecuados (Iglesias et al. 2008).

Variables de pronóstico en el análisis de generación de viajes

En los modelos de generación de viajes se pueden desarrollar conjuntos de tipos de hogares en donde se considere la edad de los miembros del hogar y su estilo de vida. Parece que la asignación de tiempo de los individuos varía sistemáticamente a través de diversos segmentos de la población, tales como edad, sexo, estado civil y carrera; esto puede ser porque diferentes estructuras domésticas imponen diferentes demandas a los individuos.
Un conjunto de hipótesis que puede ser probado empíricamente es si los principales puntos de ruptura (o etapas) en el ciclo de vida (o familiar) es coherente con los principales cambios de asignación de tiempo. Por ejemplo, el descanso los puntos pueden ser:

- La aparición de niños en edad preescolar;
- El momento en que el niño más pequeño alcanza la edad escolar;
- El momento en que un joven deja su hogar y vive solo, con otros adultos jóvenes o se casa;
- El momento en que todos los hijos de una pareja se han ido de casa pero la pareja aún no se ha retirado;
- El momento en que todos los miembros de un hogar han alcanzado la edad de jubilación.

Por lo general, es esclarecedor comparar hogares en una etapa de este ciclo de vida con hogares de etapa inmediatamente anterior. Los conceptos de estilo de vida y etapa del ciclo familiar son importantes desde dos puntos de vista: primero, que de identificar agrupaciones estables (basadas en la edad o el sexo) con diferentes horarios de actividades y, en consecuencia demandas de viaje; segundo, el de permitir el seguimiento de cambios sistemáticos que pueden basarse sobre variaciones demográficas (por ejemplo, cambios en la estructura de edad, estado civil o laboral). Las tendencias demográficas de importancia en términos de comportamiento de viaje han recibido cada vez más atención desde principios de la década de 1980. Uno de los más importantes para predecir el comportamiento del viaje.
Otra tendencia que ha sido bien discutida es el envejecimiento general de la población, nuevamente particularmente en naciones industrializadas. Esto es importante porque la edad tiende a asociarse con una disminución de la movilidad y un cambio en el estilo de vida. Finalmente, otra tendencia que vale la pena señalar es el aumento en la proporción de mujeres que se unen a la fuerza laboral. Su importancia para la planificación y el pronóstico del transporte se deriva de dos efectos. El primero es simplemente el efecto directo del empleo, donde la asignación de tiempo y, en consecuencia, el comportamiento de viaje son profundamente influenciados por los requisitos de ser realmente empleado. El segundo es más sutil y se preocupa por los cambios en los roles del hogar y sus impactos en el estilo de vida, particularmente para parejas con hijos.
Las categorías de estructura del hogar propuestas se basaron en la edad, el sexo, estado civil y apellido de cada miembro del hogar. Estas variables permitieron la determinación de la presencia o ausencia de dependientes en el hogar, el número y tipo de adultos presentes, y la relación entre los miembros del hogar.

Factores que influyen en la elección del modo

Los factores que influyen en la elección del modo se pueden clasificar en tres grupos:
1. Características de la persona que realiza los viajes. Generalmente se cree que las siguientes características son importantes:

- Disponibilidad y / o propiedad del automóvil;
- Posesión de un permiso de conducir;
- Estructura del hogar (pareja joven, pareja con hijos, jubilados, solteros, etc.);
- Ingresos;
- Decisiones tomadas en otros lugares, por ejemplo, la necesidad de usar un automóvil en el trabajo, llevar a los niños a la escuela, etc.
- Densidad residencial.

2. Características del viaje. La elección del modo está fuertemente influenciada por:

- El propósito del viaje; por ejemplo, el viaje al trabajo suele ser más fácil de realizar en transporte público que otros viajes debido a su regularidad y al posible ajuste a largo plazo;
- Hora del día, cuando se emprende el viaje; los viajes tardíos son más difíciles de acomodar transporte público;
- Si el viaje se realiza solo o con otros.

3. Características de la instalación de transporte. Estos se pueden dividir en dos categorías. Primero cuantitativo factores como:

- Componentes del tiempo de viaje: en el vehículo, tiempos de espera y caminata por cada modo;
- Componentes de los costos monetarios (tarifas, peajes, combustible y otros costos operativos);
- Disponibilidad y costo del estacionamiento;
- Fiabilidad del tiempo de viaje y regularidad del servicio.

En segundo lugar, los factores cualitativos que son menos fáciles (o imposibles) de medir en la práctica, como:

- Comodidad y conveniencia;
- Seguridad, protección, seguridad;
- Las demandas de la tarea de conducir;
- Oportunidades para realizar otras actividades durante el viaje (usar el teléfono, leer, etc.).

Los modelos de elección de modo se pueden agregar si se basan en información zonal (e interzonal). También se pueden tener modelos desagregados si se basan en datos del hogar y / o individuales. Una forma simplista pero útil de pensar sobre la elección del modo es la siguiente. Dado que alguien sabe hacia dónde va (Destino) esta persona tiene muchas "rutas" alternativas para llegar allí; algunos implican solo conducir el automóvil, mientras que otros pueden requerir caminar a una estación de metro, tomar el tren, bajarse en alguna otra estación y, por ejemplo, caminar hasta el destino final (además de muchas otras combinaciones de modos y rutas). Esta persona puede elegir la opción de costo generalizado más bajo, entre todos estos, y al hacerlo, Se encontraría la ruta física y la combinación de modos. Si todas las personas piensan lo mismo, lo haríamos tener un modelo de elección de ruta y modo "todo o nada". Por desgracia, la vida no es tan simple por varias razones:

- Algunas personas no tienen un automóvil disponible, por lo que su conjunto de opciones será más limitado. Como veremos, la congestión, tanto en carreteras como en transporte público, hace la elección de más de una ruta.
- Los costos generalizados no pueden esperar capturar todos los elementos relevantes que determinan la elección del modo; esto es particularmente relevante en el caso de

la elección entre automóvil y transporte público que se centran en parámetros adicional a los relevantes para la elección de ruta.

- Diferentes personas percibirían los costos de diferentes maneras y tratarían de minimizar una diferencia de costos generalizados (minimizadores de tiempo versus dinero, por ejemplo)
- Los costos modelados en un modelo basado en zonas son solo promedios de los costos (tiempo, dinero) realmente percibido por los individuos; por ejemplo, algunos pueden vivir más cerca de una estación de ferrocarril y por lo tanto, estar más inclinado a usar el transporte público.

Modelos de demanda directa

Los modelos de demanda directa pueden ser de dos tipos: puramente directos, que utilizan una sola ecuación estimada para relacionar la demanda de viaje directamente con los atributos de modo, viaje y persona; y un enfoque casi directo que emplea una forma de separación entre la división de modo y la demanda de viaje total (O – D).

Se han intentado muchas variantes diferentes de modelos de demanda directa sobre una base heurística. Su uso principalmente es en el contexto interurbano con muy pocas aplicaciones en áreas urbanas. Por lo general los logaritmos del número de viajes y variables explicativas se toman para hacer que el modelo de demanda directa sea log-lineal y por lo tanto estimable usando un software de modelo lineal generalizado como GLIM.

Los modelos de demanda directa son ciertamente una propuesta atractiva, por lo general en áreas donde las zonas son grandes, por ejemplo, estudios interurbanos. Timberlake (1988) ha discutido el uso de los modelos de demanda directa en países en desarrollo y se encontró que es mejor que los enfoques convencionales. Por ejemplo, en el corredor Karthoum-Wad Medani en Sudán, el modelo de demanda directa se ajustaba mejor que el modelo de gravedad debido a las características de tráfico únicas exhibidas por Karthoum y Port Sudan en comparación con el resto del país. El modelo de demanda directa pudo acomodar mejor estas diferencias que el modelo de gravedad.

Modelos de elección discreta

Los dos modelos más populares de elección discreta es el Logit multinomial y el anidado.

Los modelos de transporte de demanda agregada, son basados en relaciones observadas para grupos de viajeros, o en relaciones promedio a nivel de zona. Por otro lado, los modelos de demanda desagregada se basan en elecciones observadas hechas por viajeros individuales o hogares. Se esperaba que el uso de este marco permitiría modelos más realistas para ser desarrollado a utilidad observable generalmente se define como una combinación lineal de variables, como:

$$Vcar = 0.25 - 1.2 * IVT - 2.5 * ACC - 0.3 * \frac{C}{I} + 1.1 * NCAR$$

Donde cada variable representa un atributo de la opción o del viajero. La influencia relativa de cada atributo, en términos de contribuir a la satisfacción general producida por la alternativa, está dada por su coeficiente. Por ejemplo, un cambio de unidad en el tiempo de acceso (ACC) tiene aproximadamente el doble de impacto de un cambio de unidad en el tiempo de viaje en el vehículo (IVT) y más de siete veces el impacto de un cambio de unidad sobre el costo / ingreso variable (C / I). Las variables también pueden representar características del individuo; por ejemplo, esperaríamos que un individuo perteneciente a un hogar con una gran cantidad de automóviles (NCAR), sería más probable que elija la opción de automóvil que otra perteneciente a una familia con solo uno vehículo. La constante alternativa específica, 0.25 en la ecuación, normalmente se interpreta como representativa influencia neta de todas las características no observadas o no incluidas explícitamente del individuo y opción en su función de utilidad. Por ejemplo, podría incluir elementos como comodidad y conveniencia que no son fáciles de medir u observar.

Para predecir si se elegirá una alternativa, según el modelo, el valor de su utilidad debe ser contrastado con los de opciones alternativas y transformado en un valor de probabilidad entre 0 y 1.

El marco teórico o paradigma más común para generar modelos de elección discreta es la teorria de la utilidad aleatoria, que básicamente postula que:
1. Los individuos pertenecen a una población homogénea dada Q, actúan racionalmente y poseen información perfecta, es decir, siempre seleccionan esa opción que maximiza su utilidad personal neta sujeto a asuntos legales, sociales, físicos y / o restricciones presupuestarias (ambos en términos de tiempo y dinero).
2. Hay un cierto conjunto A = {A 1, ... , A j , ... , A N } de alternativas disponibles y un conjunto X de vectores de atributos medidos de los individuos y sus alternativas. Un individuo dado q está dotado de un particular conjunto de atributos x ∈ X y en general se enfrentará a un conjunto de elección A (q) ∈ A. En lo que sigue asumiremos que el conjunto de elección del individuo está predeterminado; esto implica que el efecto de las restricciones ya ha sido atendido y no afecta el proceso de selección entre las alternativas disponibles.
3. Cada opción A j ∈ A ha asociado una utilidad neta U jq para q individual. El modelista, que es un observador del sistema no posee información completa sobre todos los elementos considerados por el individuo haciendo una elección; por lo tanto, el modelista supone que U jq puede ser representado por dos componentes: r una parte medible, sistemática o representativa V jq que es una función de los atributos medidos x ; y r una parte aleatoria ε jq que refleja las idiosincrasias y gustos particulares de cada individuo, con cualquier error de medición o de observación realizado por el modelista.
Por lo tanto, el modelista postula que:

$$U_{jq} = V_{jq} + \in_{jq}$$

Que permite explicar dos aparentes 'irracionalidades': que dos individuos con el mismo atributo y frente al mismo conjunto de opciones pueden seleccionar diferentes opciones, y que algunas personas pueden no siempre seleccionar la que parece ser la mejor alternativa (desde el punto de vista de los atributos considerado por el modelista). Para que la descomposición sea correcta, necesitamos cierta homogeneidad en la población bajo estudio. En principio, exigimos que todas las personas compartan el mismo conjunto de alternativas y enfrenten las mismas limitaciones, y para lograr esto es posible que necesitemos segmentar el mercado.
Aunque lo hemos denominado V, lleva el subíndice q porque es una función de los atributos x y esto pueden variar de un individuo a otro. Por otro lado, sin pérdida de probabilidad en general se puede suponer que los residuos ε son variables aleatorias con media 0 y cierta distribución de probabilidad a especificar. Una expresión popular y simple para V es:

$$V_{jq} = \sum_{k} \theta kj * Xjkq$$

Donde se supone que los parámetros θ son constantes para todos los individuos en el conjunto homogéneo (fijo-modelo de coeficientes) pero puede variar según las alternativas. En primer lugar, el del individuo que sopesa tranquilamente todos los elementos de interés (sin aleatoriedad) y selecciona la opción más conveniente; segundo, el del modelista que al observar solo algunos de los elementos anteriores necesitan los residuos ε para explicar lo que de otro modo equivaldría a comportamiento no racional.
4. El individuo q selecciona la alternativa de máxima utilidad, es decir, el individuo elige A j si y sólo si:

$$U_{jq} \geq U_{iq}, \forall\, Ai \in A(q)$$

es decir

$$V_{jq} - V_{Iq} \geq \in_{iq} - \in_{jq}$$

Los residuos son variables aleatorios con una cierta distribución que podemos denotar por f (ε) = f (ε 1 , ... , ε N). Teniendo en cuenta que la distribución de U, f (U), es la misma pero con una media diferente (es decir, V en lugar de 0).
Por lo tanto, lo podemos escribir de manera más concisa como:

$$P_{jq} = Prob\{\in_{iq} \leq \in_{jq} + (V_{jq} - V_{iq}), \forall\, Ai \in A(q)\}$$

Dónde:

$$R_N = \begin{cases} \in iq \leq \in jq + (Vjq - Viq), \forall\, Ai \in A(q) \\ Vjq + \in jq \geq 0 \end{cases}$$

y se pueden generar diferentes modelos de formas dependiendo de la distribución de los residuos ε .
Una clase importante de modelos de utilidad aleatorios es la generada por funciones de utilidad con funciones independientes y residuales idénticamente distribuidos (IID). En este caso, f (ε) se puede descomponer en:

$$f(\in 1, \dots, \in N) = \prod_n g(\in n)$$

Donde g (ε n) es la distribución de utilidad asociada con la opción A n, y la expresión general se reduce a:

$$P_j = \int_{-\infty}^{\infty} g(\in j) d(\in j) \prod_{i \neq j} \int_{-\infty}^{Vj - Vi + \in j} g(\in i) d \in i$$

Donde hemos ampliado el rango de ambas integrales a −∞ (una ligera inconsistencia) para resolverlos.
Una interpretación geométrica bidimensional de este modelo, junto con extensiones a las más generales.
Ortúzar y Williams (1982) presentan y discuten casos de correlación y variaciones desiguales.
Esta última ecuación también se puede expresar como:

$$Pj = \int_{-\infty}^{\infty} g(\in j) d \in j \prod_{i \neq j} G(\in j + Vj - Vi)$$

Con

$$G(x) = \int_{-\infty}^{x} g(x) dx$$

Y es interesante mencionar que se ha dedicado una gran cantidad de esfuerzo al tratar de averiguar formas apropiadas para g que permiten que se resuelva en forma cerrada.
Tenga en cuenta que el requisito de residuos de IID significa que las alternativas deberían ser, de hecho, independientes.
Las opciones de modo mixto, por ejemplo, combinaciones de riel de automóvil, generalmente violarán esta condición

Modelo logit multinomial (MNL)
Modelo logit binario

Considere el siguiente modelo binario de Logit:

$$P1 = \frac{\exp(V_1)}{[\exp(V_1) + \exp(V_2)]} = \frac{1}{[1 + \exp(V_2 - V_1)]}$$

Donde las utilidades observables se postulan como funciones lineales de dos variables genéricas x1 y x2, y dos constantes (con coeficientes θ3 y θ4) de la siguiente manera:

$$V_1 = \theta_1(x_{11}) + \theta_2(x_{12}) + (\theta_3)$$

$$V_2 = \theta_1(x_{21}) + \theta_2(x_{22}) + (\theta_4)$$

Como se puede ver en la expresión del modelo, el factor relevante es la diferencia entre ambas utilidades:

$$V_2 - V_1 = \theta_1(x_{21} - x_{11}) + \theta_2(x_{22} - x_{12}) + (\theta_4 - \theta_3)$$

y esto nos permite deducir lo siguiente:

- No es posible estimar tanto θ3 como θ4, solo su diferencia; Por esta razón no hay pérdida de generalidad si uno se toma como 0 y el otro se estima en relación con él (esto, por supuesto, se aplica a cualquier número de alternativas).
- Si x1j o x2j tienen el mismo valor para ambas opciones (como en el caso de variables que representan atributos individuales, tales como ingresos, edad, sexo o número de automóviles en el hogar), un coeficiente genérico no se puede estimar ya que siempre multiplicaría un valor cero. Esto también se aplica a las variables de nivel de servicio que comparten un valor común para dos o más opciones (por ejemplo, tarifas de transporte público en un mercado regulado). En cualquier caso, solo pueden aparecer en algunas (pero no todas) opciones, o se necesitan ingresar como variables específicas (es decir, con diferentes coeficientes para cada alternativa, excepto una).

El problema planteado por los atributos individuales se agrava aún más por el hecho de que no siempre es fácil o claro decidir en qué utilidad (es) alternativa (s) debería aparecer la variable. Considera el caso de una variable como el sexo (es decir, 0 para hombres, 1 para mujeres) en un estudio de elección de modo. Sin embargo, es posible que no tengamos ideas sobre cómo ingresarlo en las utilidades de otros modos, por ejemplo, autobús o metro. El problema es que ingresar la variable de diferentes maneras generalmente produce resultados de estimación diferentes y elegir el óptimo puede convertirse en un problema combinatorio difícil, incluso para un pequeño número de opciones y atributos.
Si nos falta conocimiento y no hay bases teóricas para preferir una forma sobre otra, la única forma puede ser prueba y error.

El modelo satisface el axioma de independencia de alternativas irrelevantes (IIA) que pueden ser declaradas como:
Cuando dos alternativas tienen una probabilidad distinta de cero de ser elegidas, la razón de una probabilidad sobre el otro no se ve afectado por la presencia o ausencia de cualquier alternativa adicional en el conjunto de elección.
Como se puede ver, en el caso de MNL la relación

$$\frac{Pj}{Pi} = exp\{\beta(Vj - Vi)\}$$

De hecho, es una constante independiente del resto de las opciones. Inicialmente esto se consideró una ventaja del modelo, ya que nos permite tratar con bastante cuidado el nuevo problema alternativo (es decir, poder pronosticar la participación de una alternativa no presente en la etapa de calibración, si se conocen sus atributos); sin embargo, hoy en día

esta propiedad se percibe como una desventaja potencialmente grave que hace que el modelo falle en presencia de alternativas correlacionadas.

6.2. MARCO CONCEPTUAL

Bicicleta: Tipo de vehículo que posee dos ruedas movidas por dos pedales y una cadena, que se accionan a través de la fuerza que ejercen las piernas de quien los moviliza. https://www.definicionabc.com/tecnologia/bicicleta.php

Desarrollo sustentable: Es el desarrollo que satisface las necesidades de la sociedad sin comprometer la estabilidad del futuro, implica una importante relación entre diferentes áreas de una comunidad en las que se relacionan los aspectos culturales, económicos, sociales y ambientales. (S.f., 2011)

Encuestas de preferencias declaradas: Son un conjunto de metodologías que se basan en datos declarados por individuos acerca de cómo actuarían frente a diferentes situaciones hipotéticas que le son presentadas y que deben ser lo más aproximadas a la realidad (Ortúzar, 2000)

Encuestas de preferencias reveladas: Son datos que reflejan el comportamiento actual de los individuos en sus decisiones de viaje. Estos se obtienen a partir de encuestas que permiten recoger información de las variables que explican la utilidad de las distintas alternativas y de las elecciones realizadas. Estas encuestas arrojan mejores resultados para evaluar las características objeto de esta investigación ya que permiten diseñar un conjunto eficiente de situaciones de intercambio para evaluar las preferencias de los usuarios http://www.eumed.net/tesis-doctorales/ree/2d.htm

Infraestructura: Es todo el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos en forma confortable y segura desde un punto a otro. https://www.ecured.cu/Infraestructura_vial

Movilidad: Conjunto de desplazamientos que se realizan en un espacio físico. La bicicleta es una parte fundamental de la movilidad de la ciudad ya que trasladan a las personas de un lado a otro. https://www.comunidadvialmx.org/articulos/2015-05-05-qu-es-movilidad

Modelos de elección discreta: Las fuentes de información empleadas comúnmente por los modelos desagregados son las *preferencias reveladas y las preferencias declaradas*.

- Preferencias reveladas: se basan en las elecciones realizadas por los individuos y aportan información acerca de la importancia relativa de las distintas variables que influyen en su decisión.
- Preferencias declaradas: se basan en la construcción de escenarios hipotéticos que son presentados al consumidor para que indique su elección.

La principal ventaja que presentan estos métodos es que pueden ser empleados para analizar la demanda de alternativas no existentes en el mercado.

Los modelos de transporte de demanda desagregada, se basan en elecciones observadas hechas por viajeros individuales u hogares, postulando que la probabilidad de que las personas elijan una opción dada es una función de sus características socioeconómicas y la relativa actividad de la opción.

Para representar el atractivo de las alternativas, se utiliza el concepto de utilidad (que es una construcción teórica coherente definida como lo que el individuo busca maximizar). Las alternativas, no producen utilidad, esto se deriva de sus características y las del individuo; cada variable representa un atributo de la opción o del viajero, dando como resultado la influencia relativa de cada atributo, en términos de contribuir a la satisfacción general producida por la alternativa que viene dada por su coeficiente.

La constante específica, normalmente se interpreta como la representación de la influencia neta de todas las características no observadas o no incluidas explícitamente del individuo y la opción en su función de utilidad. Para predecir si se elegirá una alternativa, de acuerdo con el modelo, el valor de su utilidad debe contrastarse con el de las opciones alternativas y transformarse en un valor de probabilidad entre 0 y 1. Los modelos de elección discreta no se pueden calibrar en general utilizando técnicas estándar de ajuste de curvas, como los mínimos cuadrados, porque su variable dependiente P es una probabilidad no observada (entre 0 y 1) y las observaciones son las elecciones individuales (que son 0 o 1)

Spear resumió algunas propiedades útiles de estos modelos (1977):

i. Los modelos de demanda desagregada (DM) se basan en teorías del comportamiento individual y no constituyen analogías físicas de ningún tipo. Por lo tanto, a medida que se intenta explicar el comportamiento individual, una ventaja potencial importante sobre los modelos agregados es que es más probable que los modelos DM sean estables (o transferibles) en el tiempo y el espacio.
ii. Los modelos DM se estiman utilizando datos individuales y esto tiene las siguientes implicaciones:

    - Los modelos DM pueden ser más eficientes que los modelos agregados en términos de uso de información
    - Se requieren menos puntos de datos ya que cada opción individual se utiliza como observación.
    - A medida que se utilizan datos individuales, se puede utilizar toda la variabilidad inherente en la información.
    - Los modelos DM pueden aplicarse, en principio, a cualquier nivel de agregación.
    - Los modelos DM tienen menos probabilidades de sufrir sesgos debido a la correlación entre las unidades agregadas.

iii. Los modelos desagregados son probabilísticos, ofrecen la probabilidad de elegir cada alternativa y no indican cuál es la seleccionada, se deben utilizar conceptos básicos de probabilidad, tales como:

- El número esperado de personas que usan una determinada opción de viaje es igual a la suma de cada individuo de las probabilidades de elegir esa alternativa.
- Un conjunto independiente de decisiones puede modelarse por separado considerando cada una como una opción condicional, entonces las probabilidades resultantes se pueden multiplicar para obtener probabilidades conjuntas.

iv. Las variables explicativas incluidas en el modelo pueden tener coeficientes explícitamente estimados. La función de utilidad permite cualquier número y especificación de las variables explicativas, a diferencia del caso de la función de costo generalizado en modelos agregados que generalmente es limitada y tiene varios parámetros fijos.

- Los modelos DM permiten una representación más flexible de las variables consideradas relevantes para el estudio.
- Los coeficientes de las variables explicativas tienen una interpretación de utilidad marginal directa (es decir, reflejan la importancia relativa de cada atributo).

6.3. MARCO INSTITUCIONAL

Secretaría Distrital de Movilidad

Según el artículo 108 del Acuerdo 257 de 2006, la Secretaría Distrital de Movilidad “es un organismo del Sector Central con autonomía administrativa y financiera que tiene por objeto orientar y liderar la formulación de las políticas del sistema de movilidad para atender los requerimientos de desplazamiento de pasajeros y de carga en la zona urbana, tanto vehicular como peatonal”, organizados bajo la regulación y control del transporte público individual, transporte privado, transporte en bicicleta y motos cada una como una dependencia interna de la Secretaría.

En el tema de transporte en bicicleta, la Secretaria Distrital de Movilidad en 2016 durante la administración de Enrique Peñalosa, desarrollo el *Plan Bici* - bajo la necesidad de coordinar las decisiones en torno a la movilidad en bicicleta, convertir e incentivar este medio de transporte como el principal para los ciudadanos y consolidar a Bogotá como la capital mundial de la bicicleta. El desarrollo de políticas públicas, permite transformar y fomentar la cultura de la bici, registrando actualmente más de 800.000 viajes diarios por parte de personas de todas las edades y para todo tipo de actividades diarias.

La movilidad sostenible hace parte de la promoción desarrollada por parte de entidades públicas y privadas de la ciudad, haciendo énfasis en el número de personas que logran desplazarse en el mismo espacio a través de políticas como Visión Cero (no más víctimas en las vías), el Día sin Carro (realizado una vez al año en la ciudad) y la ciclovía los días domingos y festivos (lo integra más de 1.5 millones de personas y 125 kilómetros de infraestructura vial).

Algunas políticas y planes actuales de promoción y cultura de la bicicleta desarrollados por la Secretaría Distrital de Movilidad, son:

- Semana de la bicicleta: es un evento que se desarrolla desde el año 2007 con el fin de promover el uso de la bicicleta.
- Cascos héroes: es una exposición que cuenta historias reales de personas que han salvado su vida o integridad física por el uso correcto del casco mientras realizaban alguna actividad en bicicleta.
- Vidas reflectivas: es una estrategia de concientización que incentiva el uso de objetos reflectivos en horario nocturno.
- Manual del buen ciclista: es una serie de recomendaciones sobre los comportamientos que debe tener un ciclista y desarrolla aclaraciones sobre las señales de tránsito.
- Puntos ciegos: etiqueta adherida en los buses del SITP para que peatones, ciclistas o motociclistas, reconozcan el grado de vulnerabilidad al transitar cerca.
- Más mujeres en bici: actividad desarrollada en la semana de la bicicleta, para incentivar a las mujeres a que hagan uso de este medio de transporte en sus actividades diarias.
- Congreso internacional 50-50 más mujeres en bici: panelistas expertas en planeación urbana y movilidad, hablan de la bicicleta bajo una perspectiva de género.
- Cursos de mecánica de bicicleta gratuitos.
- Becas Bogotá Capital Mundial de la Bici.
- Muévete en bici por Bogotá: es una sección de la página web de la Secretaría Distrital de Movilidad que permite conocer la red de ciclorrutas y calcular la ruta en bicicleta que se vaya a realizar.

Secretaria de la Mujer

La Secretaría de la Mujer lidera, coordina y orienta la implementación, seguimiento y evaluación de la Política Pública de Mujeres y Equidad de Género, en los planes, programas, proyectos y políticas públicas distritales, para la protección, garantía y materialización de los derechos de género.

Según el artículo No. 3 del Decreto Distrital No. 428 del 27 de septiembre de 2013, algunas funciones de la Secretaría de la Mujer son:

i. En las etapas de diseño, formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de las políticas en el Sector Mujeres, actúa como ente rector.
ii. Promueve la eliminación de formas de discriminación en temas de sexo-racismo y violencias contra las mujeres de diversas etnias culturales.
iii. Asesora a entes de la administración distrital de la ciudad, en la incorporación de derechos. planes, políticas y programas para la mujer.
iv. En planes de desarrollo económico, social, ambiental y de obras públicas, evalúa y verifica su cumplimiento e integración con los derechos de la mujer.
v. Brinda asistencia técnica para las mujeres y garantiza cobertura en el territorio.
vi. Evalúa la Política Pública de Mujeres y Equidad de Género del Distrito Capital, mediante un sistema de indicadores.
vii. Asesora, asiste y coordina de manera oportuna a mujeres víctimas de cualquier tipo de violencia con el fin de hacer valer y restablecer los derechos vulnerados.
viii. A través del lenguaje incluyente, impulsa estrategias para la transformación cultural, institucional y ciudadana.

ix. Facilita y promueve la participación ciudadana en la toma de decisiones y fortalecimiento del control social.

6.4. MARCO LEGAL

i. Ley 769 de 2002. Código Nacional de Tránsito Terrestre

ii. Ley 1811 de 2016. Por la cual se otorgan incentivos para promover el uso de la bicicleta en el territorio nacional y se modifica el Código Nacional de Tránsito.

- El artículo 9 de la ley 1811, exige a los ciclistas que transiten ocupando un carril, y cuando vayan en grupo también lo ocupen, pero sin utilizar las vías exclusivas para servicio público colectivo.
- Nunca deben utilizar los carriles destinados al uso del transporte público.
- Los conductores y sus acompañantes tienen que vestir chalecos o chaquetas que los hagan visibles para los demás conductores, entre las 6 de la tarde y las 6 de la mañana o cuando las condiciones climáticas o ambientales dificulten su visibilidad.
- Si conducen varios ciclistas en grupo, tienen que ir uno detrás del otro.
- No deben sujetarse de otro vehículo o viajar cerca de otro de mayor tamaño que lo oculte de la vista de los demás conductores.
- Tienen prohibido cruzar por la acera, lugares destinados al tránsito de peatones y por aquellas vías prohibidas por los agentes de tránsito.
- Están obligados conducir en las vías públicas permitidas, y, si existen, en aquellas diseñadas para ello.
- Deben respetar las señales de tránsito y las normas y los límites de velocidad.
- No deben adelantar a otros vehículos por la derecha o transitar entre carros y motos que van por sus respectivos carriles.
- Siempre tendrán que utilizar el carril libre a la izquierda del vehículo a sobrepasar.
- Si la bicicleta permite el tránsito de pasajeros, estos tienen que usar casco de seguridad, de acuerdo como lo fije el Ministerio de Transporte.
- No podrán transportar objetos que disminuyan su visibilidad o los incomoden en la conducción.
- Si se conduce en la noche, deben llevar prendidas una luz blanca en la parte delantera de la bicicleta y una luz roja en la parte trasera.
- Cuando se trate de ciclistas afiliados a las ligas de ciclismo o similares, cumplirán las normas que establezcan las organizaciones deportivas a cargo.
- El incumplimiento de estas normas, puede acarrear una sanción o comparendo pedagógico por parte de las autoridades locales.

iii. Ley 1257 de 2008. Por la cual se dictan normas de sensibilización, prevención y sanción de formas de violencia y discriminación contra las mujeres.

iv. Resolución 0001885 de 2015. Por lo cual se adopta el manual de señalización vial - Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia

6.5. MARCO HISTÓRICO

La máquina sobre una silla de montar y dos ruedas tiene una historia como medio de transporte que se ha ido transformando a lo largo del tiempo. A continuación, se presenta un resumen de cómo ha sido este proceso:

Año 1493: Leonardo da Vinci realiza el primer boceto de la bicicleta, el cual fue encontrado en la restauración del *Codex Atlanticus.*

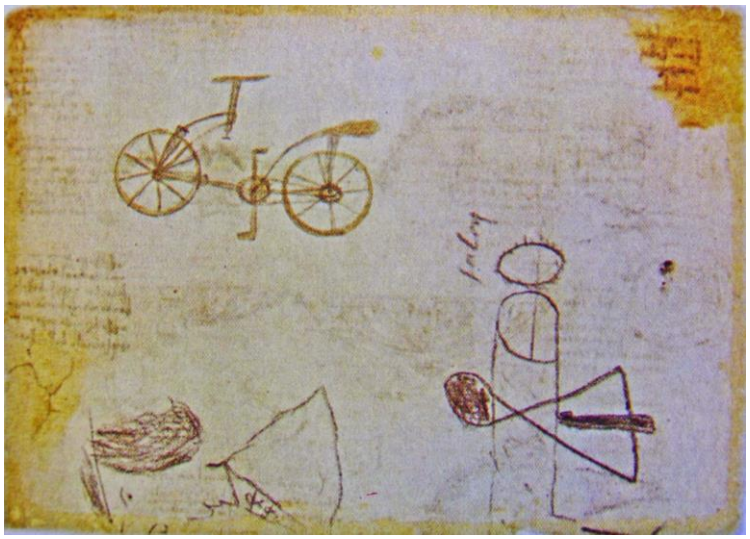

Ilustración 2. Primero boceto de la bicicleta a cargo de Leonardo da Vinci

Año 1790: el francés Comte Mede de Sivrac dice ser el primero en unir a través de un trozo de madera con forma de animal dos ruedas en cada extremo, invención conocida como "Velocifero" o "Celerífero". La persona que lo usara tenía que impulsarse con los pies y solo podía avanzar en línea recta.

Ilustración 3. Celerífero

Año 1817: Karl Drais von Sauerbronn en Alemania construyó el "Draisine", primer vehículo de dos ruedas conocido como Velocípedo.

Ilustración 4. Draisine

Año 1818: en Inglaterra, Denis Johnson mejoró el “Draisine” cambiando las ruedas a unas más grandes y ligeras, a esta mejora la llamó "Dandy Horse".
Año 1830: Thomas McCall en Escocia, realiza una mejora del velocípedo.

Ilustración 5. Mejora del Velocípedo

Año 1839: el escocés Kirkpatrick MacMillan inspirado en la locomotora, implementó por primera vez los pedales a la bicicleta los cuales estaban unidos con palancas a la rueda de atrás.

Ilustración 6. Implementación de los pedales a la bicicleta

Año 1846: en Estados Unidos, Ben Bowden diseño “la bicicleta del futuro” con la influencia del estilo aerodinámico.

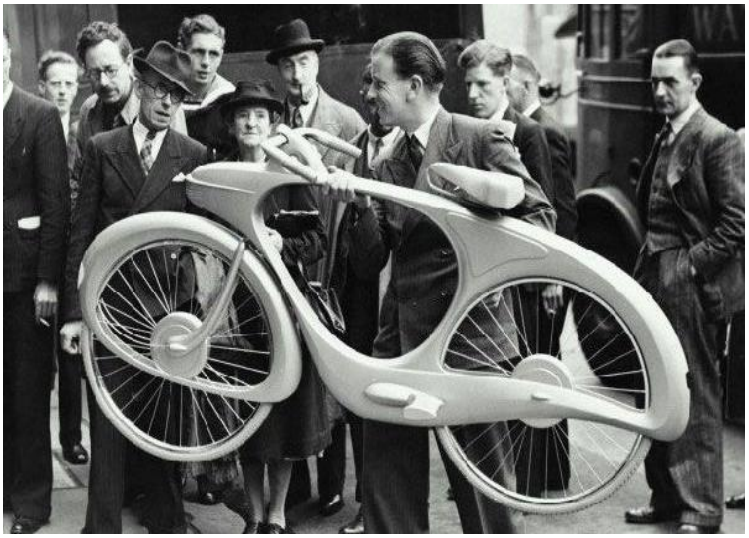

Ilustración 7. Ben Bowden y la bicicleta del futuro

Año 1866: el francés Pierre Lallement articula los pedales a la rueda delantera del velocípedo y un sistema de engranaje, el cual nombró "El Boneshaker".

Ilustración 8. El Boneshaker

Año 1868: los hermanos Oliver en asociación con una empresa fabricante de bicicletas, organizaron la primera carrera de velocípedos en París, donde solo participaron 7 ciclistas que tenían que recorrer 1200 metros de distancia.

Año 1869: el francés Eugene Meyer ideó la primera bicicleta de alto con ruedas, conocida como “Penny-Farthing”.

Ilustración 9. Penny-Farthing

Año 1870: el inglés James Starley realizó mejoras al modelo de Eugene Meyer dando paso al "Ariel".
Año 1879: el inglés Harry J. Lawson, accionó por primera en “Bicyclette” la cadena.
Año 1880 al año 1885: los estadounidenses GW Pressey y William Kelley inventaron la bicicleta "American Star" y " Pony Star Bicycle", respectivamente.
Año 1885: el inglés J. K. Starley diseñó una bicicleta similar a la que existe hoy día con frenos incluidos. De ahí su nombre “Rover Safety Bicycle”

Ilustración 10. Rover Safety Bicycle

Año 1889: se realizó la primera competencia de ciclismo en Francia, en la cual se incluyó el diseño de bicicletas personalizadas y marcas en la industria.
Año 1890: C. D. Rice.
Año 1891: W. Scantlebury
Año 1946:

Años 70's: en Estados Unidos se empiezan a diseñar las primeras bicicletas con estilo motociclista.
Años 90´s: se creó un diseño dedicado a las mujeres y otro a los hombres en el cual la bicicleta tenía el tubo de en medio más abajo si era para una mujer o recto si era para un caballero.
Año 1960: se diseñó la bicicleta de montaña, que desde entonces tiene un sinfín de modelos y estilos.

Ilustración 11. Bicicleta de montaña

La aparición y creación de este vehículo a finales del siglo XVIII en Europa, permitió que las personas pudieran llevar a cabo sus recorridos de largas distancias en menor tiempo. Para el siglo XX la bicicleta se convirtió en un transporte popular y asequible para clases medias y bajas, hasta la llegada de la Segunda Guerra Mundial cuando el uso del carro se incrementó y la bicicleta quedó relegada a actividades deportivas o recreativas. Posteriormente, el mundo entró en una etapa de reflexión acerca del calentamiento global que dio como resultado la creación de planes y políticas que incentivan el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible y la ampliación de vías exclusivas para ciclistas, que hasta el día de hoy siguen estando en auge.

En Latinoamérica, la bicicleta tardó varios años en llegar y cuando lo hizo sustituyó el uso de transporte de tracción animal y se convirtió en una herramienta de trabajo para algunos oficios de desplazamiento constante.

Actualmente, la bicicleta es una opción de transporte ecoamigable (no emite gases contaminantes y disminuye la congestión de vehículos motorizados en las calles), su uso trae consigo excelentes beneficios a la salud y se ha convertido en referente de una sociedad que busca generar cambios positivos, transformando el panorama de las ciudades y creando opciones para todo tipo de personas.

6.6. MARCO AMBIENTAL

Por medio de la movilidad sostenible se minimizan algunos impactos ecológicos como la contaminación causada por automóviles que generan problemas como el efecto invernadero,

el calentamiento global y el cambio climático; por esto, una ciudad en donde sus habitantes utilicen la bicicleta como medio de transporte, es una ciudad amigable con el medio ambiente ya que reduce niveles de contaminación atmosférica (monóxido, dióxido de carbono e hidrocarburos), lo que trae grandes ventajas principalmente en las ciudades muy pobladas ya que al tener un aire más limpio las enfermedades respiratorias disminuyen, al igual que las alergias y otras patologías. A su vez, también se reduce la contaminación acústica que es producida por el tránsito de vehículos. Por otro lado, para la fabricación, funcionamiento y mantenimiento de las bicicletas se usan menos materiales en comparación con los vehículos automotores.

7. METODOLOGÍA

Las actividades que se llevaron a cabo para el desarrollo de esta investigación, se presentan a continuación:

7.1. Revisión de la literatura

Se realizó una revisión de la literatura donde se conocieron los principales documentos e investigaciones previas llevadas a cabo en otros casos de estudio, que permitieron identificar las causas de la baja participación de la mujer en el ciclismo urbano.

7.2. Identificación y caracterización de los corredores para bicicletas

Se identificaron los principales corredores para bicicletas, los puntos de mayor accidentalidad y las zonas de mayor cantidad de viajes en la ciudad de Bogotá, con el propósito de plantear el lugar donde se van a llevar a cabo estudios de aforos.

7.3. Trabajo de campo

Se realizó un trabajo de campo mediante una serie de aforos en los cuales hicieron parte hombres y mujeres de dos localidades de la ciudad de Bogotá: Kennedy y Suba, zonas que presentan mayor cantidad de viajes diarios (92.570 y 73.397 respectivamente, frente a un total de viajes diarios de 441.135 en la ciudad de Bogotá).

El horario elegido para llevar a cabo este conteo fue el día martes dos horas en la mañana (de 6:00 a 8:00) y dos horas en la tarde (de 17:00 a 19:00), ya que es el día y las horas en las cuales se presenta un mayor número de accidentalidad de ciclista en la capital (Bocarejo, 2016). El método de muestreo fue el aforo manual, usando un formato en hojas de papel y contadores manuales. El formato se diseñó con los siguientes datos generales: fecha, hora inicio, hora final y número de intersección; y con los siguientes datos de estudio: períodos de 15 minutos por hora (para un total de 8 períodos por aforo); elementos de seguridad que portaban los usuarios clasificados como completos (casco, chaleco anti-reflectivo y luces en la bicicleta), incompletos (hace falta alguno de los elementos de seguridad) y ninguno (no hace uso de ningún elemento de seguridad); escenarios viales por el cual transitaba el usuario al momento del conteo, divididos en calzada y cicloruta; infracciones cometidas por la personas, catalogados como: no respetar el semáforo, ir en contravía, transportar personas de forma inadecuada y sin elementos de seguridad, y agarrarse de otro vehículo. En total se

realizaron cuatro aforos, dos en la mañana y dos en la tarde, en las dos localidades de la ciudad y en el mismo día.

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA	FORMATO DE AFORO PARA LOS CICLISTAS URBANOS									
Fecha				Interseccion						
Hora inicio				Hoja						
Hora final				De						
Periodo		Elementos de seguridad			Escenarios viales		Infracciones			
		Completo	Incompleto	Ninguno	calzada	cicloruta	No respetar semáforo	Contravía	Transportar personas de forma inadecuada	Agarrarse de otro vehículo
	Hombre									
	Mujer									
	Total									
	Hombre									
	Mujer									
	Total									
	Hombre									
	Mujer									
	Total									
	Hombre									
	Mujer									
	Total									

Ilustración 12. Formato diseñado y usado para aforar

7.4. Encuestas

Seguido del conteo con aforos, este estudio empleó una encuesta de preferencias reveladas y una encuesta de preferencias declaradas (PR-PD), que dieron a conocer el punto de vista de las personas que hacen y no hacen uso la bicicleta como medio de transporte, con el fin de interpretar los factores que influyen en la brecha del ciclismo urbano entre hombres y mujeres en términos de movilidad e infraestructura.

El tamaño muestral de las encuestas fue de 504 personas donde 252 fueron mujeres y 252 fueron hombres, ubicadas en 4 bloques diferentes y aplicando 126 encuestas por bloques, para un total de 4536 observaciones distintas.

Esta encuesta fue diseñada por medio de la opción de documentos de la plataforma de Google y se dividió en tres secciones, diseñadas se la siguiente manera:

i. Sección de preguntas socioeconómicas.

ii. Sección de preferencias reveladas: su objetivo es observar el comportamiento de los ciudadanos cuando toman la decisión de elegir ciertos atributos o no hacerlo; se desarrolló mediante la aplicación de una encuesta conformada por 16 preguntas, con las cuales se quiere identificar el panorama actual de las personas que hacen uso o no de la bicicleta como medio de transporte diario para poder identificar los factores que influyen en la ampliación de la brecha.

iii. Sección de preferencias declaradas: esta fue utilizada para determinar en qué condiciones del entorno la persona haría uso o no de la bicicleta. Para diseñar el sondeo, se determinaron las variables a aplicar y su clasificación:

CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS			INFRAESTRUCTURA				ILUMINACIÓN		CLIMA		FLUJO VEHICULAR - PEATONAL		
Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	Sin ciclobanda	Con ciclobanda	Ciclobanda con separador	Ciclovía en el andén	Noche sin luz	Noche con luz	Día	Con lluvia	Sin lluvia	Tráfico pesado	Tráfico mixto	Tráfico liviano

Tabla 1. Variables usadas en la encuesta

Luego las variables fueron ingresadas al software N-Gene para diseñar el experimento fraccional factorial más óptimo que permitiera maximizar la información, generando los casos más realistas y familiares para los encuestados; el software arrojó un total de 4 bloques con 9 escenarios cada uno para un total de 36 escenarios distintos, de los cuales se debe aplicar la misma cantidad de bloques a la misma cantidad de encuestados. Finalmente, mediante el uso de fotografías de locaciones reales (Ilustración -) modificadas con el software Photoshop (Ilustración -), se crearon cada uno de los escenarios que fueron mostrados a los encuestados uno por uno donde tenían que responder, sí o no, a la pregunta ¿usted usaría la bicicleta en este escenario?

Ilustración 13. Foto real del escenario de estrato alto, día y ciclovía en el andén.

Ilustración 14. Ejemplo del escenario con las variables: lluvia, estrato alto, día, ciclovía en el andén y tráfico pesado.

7.5. Modelo

Basados en la utilidad aleatoria (Ortúzar y Willumsen, 2011) esta investigación hizo uso de modelos de elección discreta, en el cual la persona participe de las pruebas de campo tiene la posibilidad de tomar una decisión justificándose en la utilidad que obtiene. No obstante, el individuo que hace parte del sondeo puede decir la respuesta que cree que el modelador está buscando sin darle el verdadero valor a la alternativa elegida que define su utilidad. Es allí, cuando el modelo hace uso sólo de una parte de la utilidad generando un error, el cual se especifica como una función lineal de los atributos observados.

El error ocasionado puede dar paso a un modelo logit binario de forma funcional, el cual permite obtener la probabilidad de que el individuo escoja una alternativa de mayor utilidad, y de esta manera identificar los factores contribuyen al crecimiento de la brecha del ciclismo urbano entre hombres y mujeres.

7.6. Análisis de los resultados

Para el análisis de los resultados de las encuestas y los aforos se hizo uso de estadística descriptiva, la cual permitió obtener gráficas de la información recopilada para posteriormente ser analizada, junto con el modelo logit binario.

Está información nos permitirá determinar las variables representativas de cada género, que para hombres y mujeres varían debido a la percepción de diversos factores que influyen al momento de hacer uso de la bicicleta

7.7. Conclusiones y recomendaciones

El planteamiento de recomendaciones y conclusiones se realizó mediante la revisión y comparación de casos de éxito en otras ciudades del mundo.

8. RESULTADOS

El procesamiento de los datos aforados, permitió determinar cómo actúan los ciclistas durante su recorrido al lugar de destino. Los resultados de cada factor estudiado son los siguientes: en los elementos de seguridad, se puede evidenciar que el 6% de las mujeres encuestadas llevaban sus elementos de seguridad completos, el 37% incompletos y el 58% no llevaba ningún elemento de seguridad; por otra parte, el 6% de los hombres llevaba todos los elementos de seguridad, el 33% los llevaba incompletos y el 62% no llevaba ninguno. En el caso de los escenarios viales, el 6% de las mujeres transitaban por la calzada y el 94% por la cicloruta; en contraste, el 29% de los hombres transitaban por la calzada y el 71% por la cicloruta, hay que tener en cuenta que las dos zonas escogidas para este estudio cuentan con cicloruta sobre los andenes y que en la calzada no hay ninguna infraestructura para el paso del biciusuario. El registro de las infracciones da conocer que, el 5% de mujeres y el 6% de los hombres transportaba alguna persona de forma inadecuada, cabe aclarar que en los aforos no se evidenció que algún ciclista se sujetará de otro vehículo.

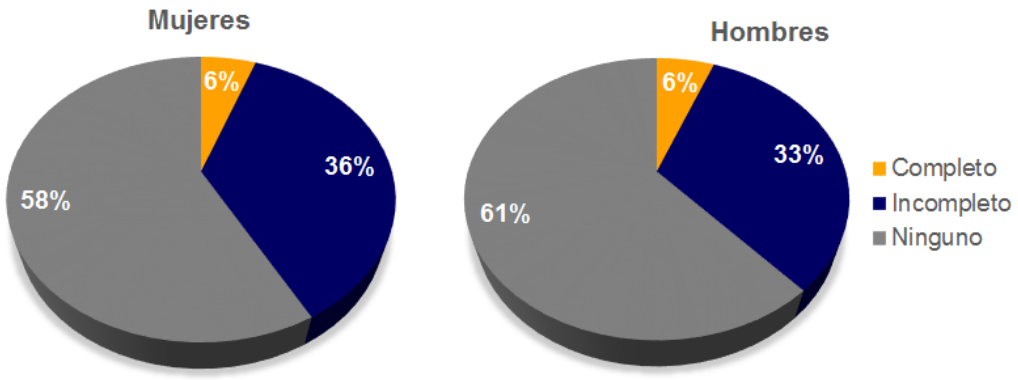

Ilustración 15. Elementos de seguridad

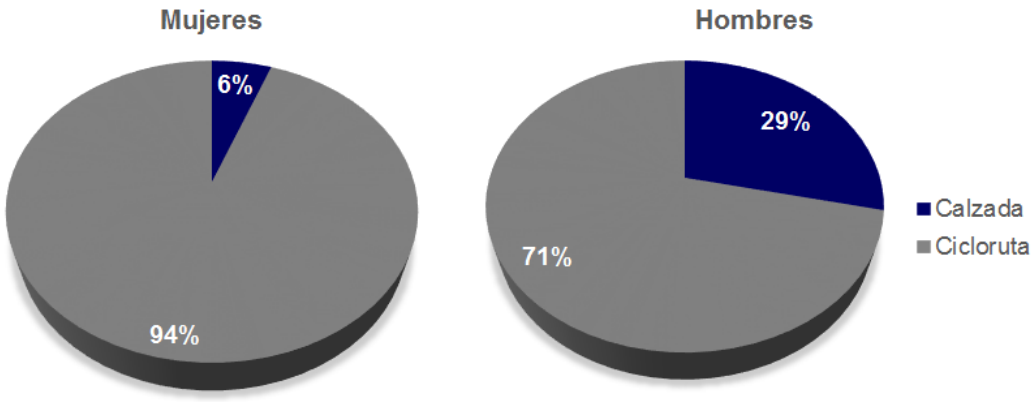

Ilustración 16. Escenarios viales

El tema de la accidentalidad de ciclistas se da principalmente a causa de choques con vehículos livianos y motocicletas con un 24%, donde al menos un ciclista está involucrado en el 4% de los accidentes de tránsito anuales en la ciudad; por lo tanto se puede deducir que como el 94% de las mujeres ciclistas que transitan por la cicloruta tienen menor porcentaje de accidentalidad que los hombres; según estadísticas del estado, las mujeres son víctimas de 14% de los accidentes ocurridos y los hombres de 86% (Bocarejo, 2016).

En las encuestas de preferencias reveladas, se evidencia que las mujeres presentan mayor preocupación por la inseguridad (43% de las mujeres no hacen uso de la bicicleta como medio de transporte por las condiciones del entorno en temas de seguridad, mientras que esta preocupación disminuye en los hombres con un 30%), mientras que la falta de infraestructura (20%) inciden de igual forma para hombres y mujeres. En cuanto a la infraestructura el 59% de los encuestados coincide en que la ciudad está diseñada para utilizar la bicicleta como medio de transporte únicamente en algunas zonas de la ciudad y el 1% asegura no haberse fijado en infraestructura de los bicicarriles por lo que no pudieron afirmar o negar si Bogotá estaba diseñada para el uso de la bicicleta.

Ilustración 17. ¿Cree usted que la ciudad está diseñada para andar en bicicleta?

La encuesta de preferencias reveladas y declaradas, fue realizada a personas entre 11 y 75 años de edad donde predominaron jóvenes de 22 años. De acuerdo con los resultados obtenidos, se encuentran grandes diferencias de género en el comportamiento del viaje

relacionado con la distancia, la duración, el propósito del viaje, la frecuencia de uso y el modo de viaje, lo que genera que haya una mayor dependencia del automóvil y del transporte público. Por ejemplo, los hombres usan más la bicicleta como medio de transporte habitual (46%) que las mujeres (31%); así mismo, las mujeres al usar en menor proporción la bicicleta desarrollan menos capacidad de maniobra, es decir, solo el 4% de las mujeres encuestadas se consideran expertas y predomina un nivel de capacidad normal (74%), mientras que los hombres tampoco se consideran expertos al momento de manejar pero el nivel de capacidad normal disminuye sin ser una apreciación ajena al de las mujeres (73%). Desde otro ángulo, los resultados mostraron que las principales razones de la brecha que existe en el ciclismo urbano entre hombres y mujeres se da por factores como la percepción de riesgo provocada por características físico-sociales del entorno en que se desplazan, acoso, violencia, mayores riesgos en cuanto a su integridad, condiciones climáticas, distancia y que el uso de este medio de transporte no satisface sus necesidades.

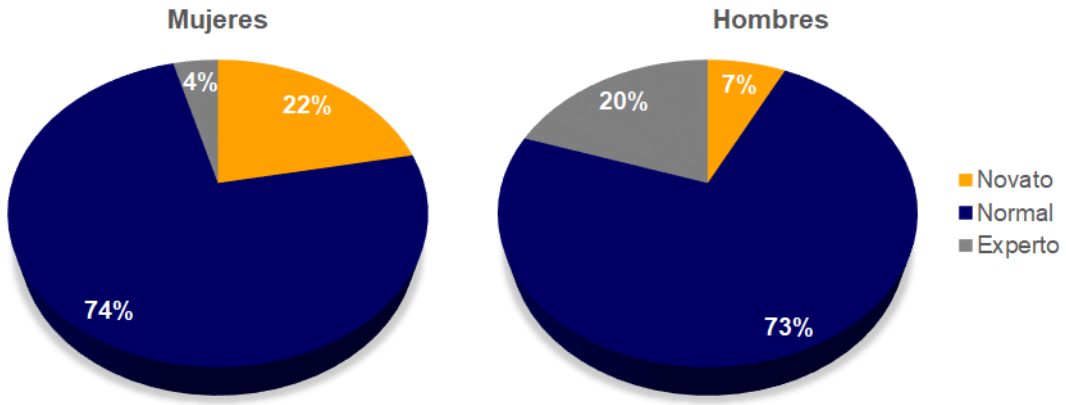

Ilustración 18. ¿Cómo se considera al montar en bicicleta?

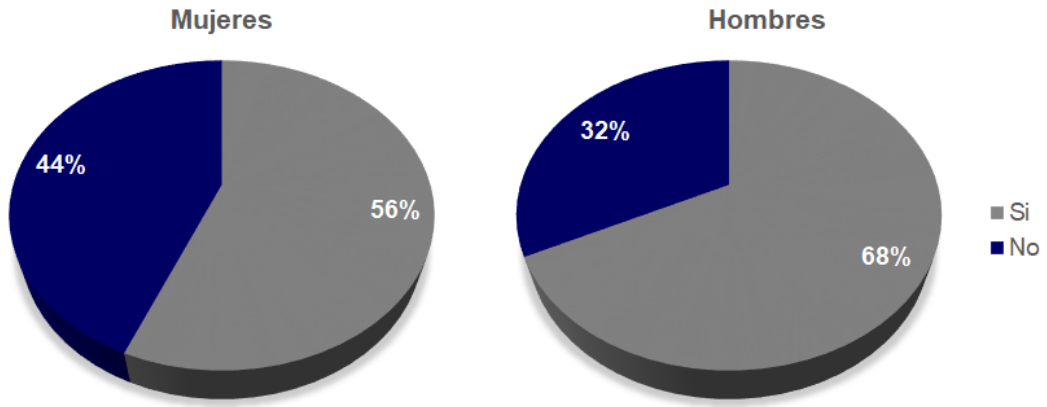

Ilustración 19. ¿Usted tiene bicicleta propia?

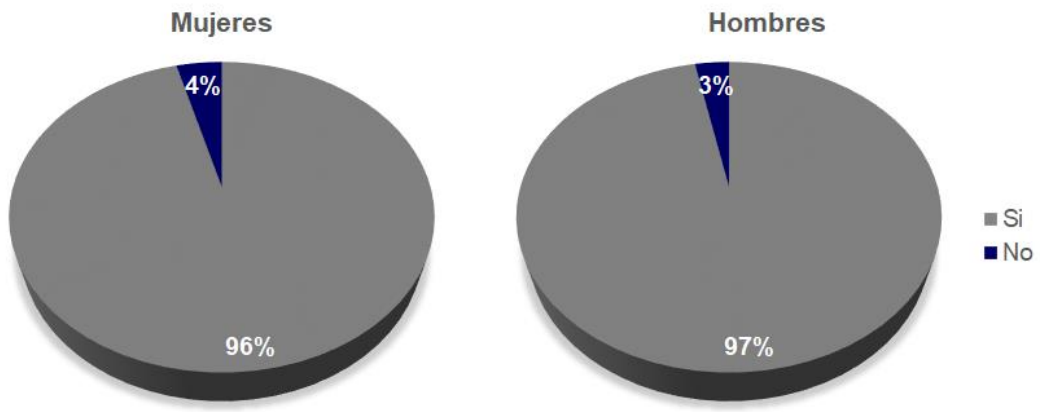

Ilustración 20. ¿Sabe utilizar la bicicleta?

Por otra parte, la frecuencia con la que las mujeres usan la bicicleta la mayoría lo hace varias veces al mes (31%), mientras que los hombres prefieren usarla varias veces a la semana (37%) teniendo en cuenta que los dos géneros consideran que el trayecto en el que manejan bicicleta es intermedio y que se encuentran satisfechos con este medio de transporte no motorizado. Así mismo, en la encuesta dieron a conocer el motivo por el cual utilizan la bicicleta que para el caso de las mujeres predomina la economía (22%) y para los hombres hacer ejercicio (20%), frente a la propuesta de ocho opciones diferentes.

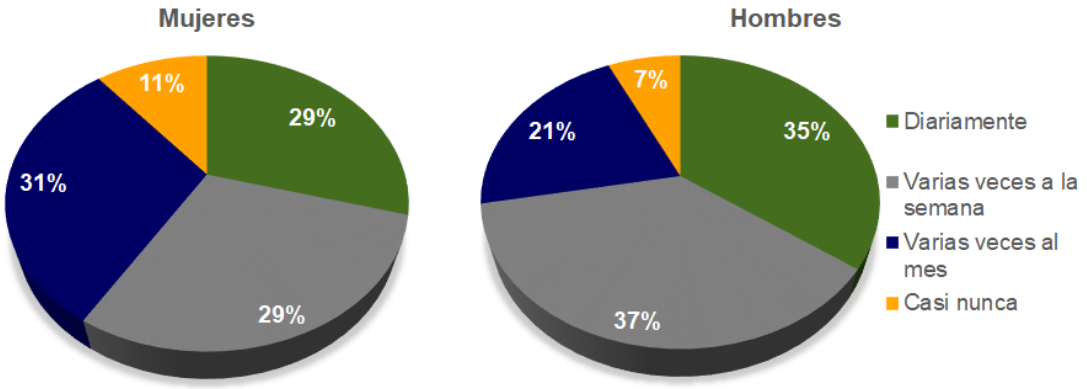

Ilustración 21. ¿Con qué frecuencia utiliza usted la bicicleta?

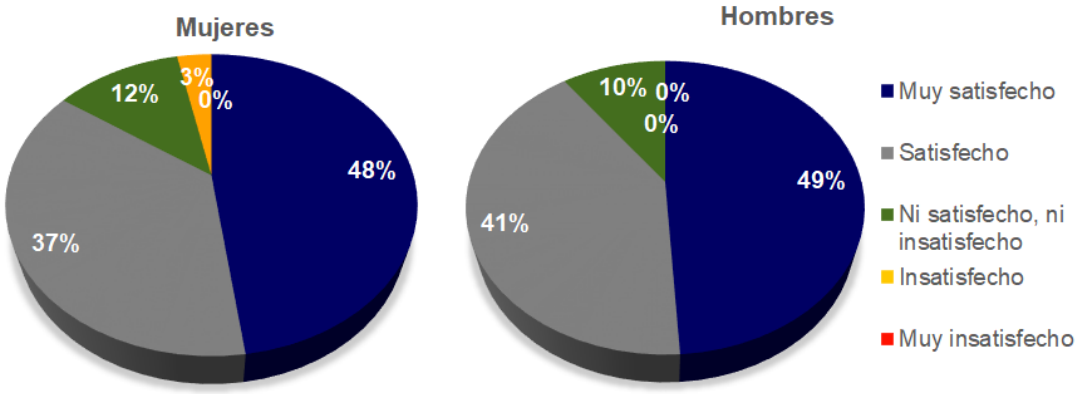

Ilustración 22. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la bicicleta como medio de transporte?

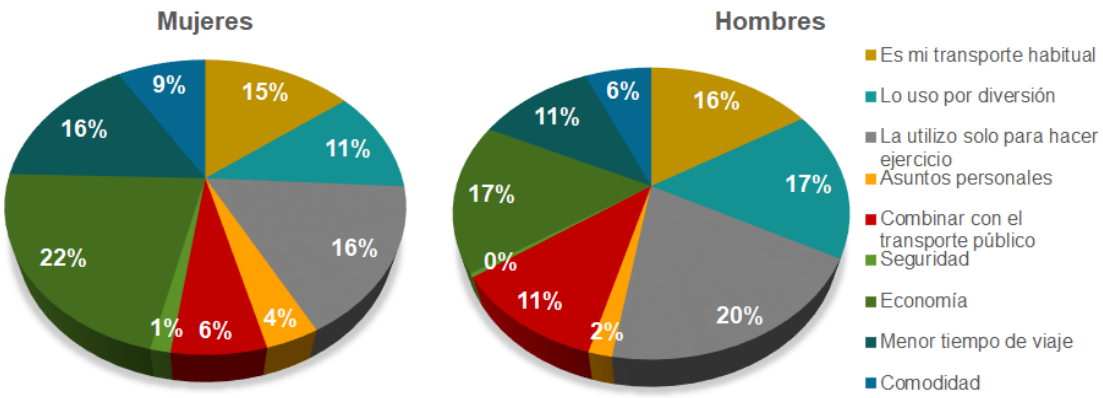

Ilustración 23. ¿Por qué motivo hace uso de la bicicleta?

En cuanto a los modelos que se realizaron en el programa Guibiogeme se evidencia que la lluvia es un factor que impacta negativamente a los ciclistas urbanos puesto que, entre más lluvia, menos personas prefieren hacer uso de la bicicleta. Siendo también una gran limitante la noche, debido a que la percepción de inseguridad aumenta. Siendo así el escenario ideal para las mujeres sería una infraestructura compuesta por ciclobandas en zonas de estrato alto de la ciudad en horas del día, sin lluvia y que el tráfico que transite por la zona sea liviano; pues como se evidencia en el modelo, la cicloruta no es de preferencia para las mujeres ya que esto genera muchos conflictos con peatones, mientras que en la ciclobanda se sienten más seguras en cuanto a accidentes o incidentes que se puedan presentar. Mientras que los hombres tienden a hacer más arriesgados, pues para ellos no es significante la infraestructura, el estrato de la zona por donde deban transitar, ni si son horas del día o de la noche en las que se deben desplazar; aunque si prefieren que el tráfico sea liviano y que haya buena iluminación principalmente en horas de la noche.

Name	Value	Std err	t-test	p-val		Rob. Std err	Rob. T-test	Rob. P-val	
ASCA	0	---fixed---							
ILUMINACIÓN	0.600	0.153	3.93	0.00		0.156	3.86	0.00	
SIN CICLOBANDA	0.000186	0.00583	0.03	0.97	*	0.00588	0.03	0.97	*
LLUVIA	-0.781	0.139	-5.61	0.00		0.138	-5.66	0.00	
TRAFICO LIVIANO	0.625	0.186	3.36	0.00		0.182	3.44	0.00	

Tabla 2. Modelo hombres

Name	Value	Std err	t-test	p-val		Rob. Std err	Rob. T-test	Rob. P-val	
ASCA	0	---fixed---							
ESTRATO ALTO	0.984	0.293	3.35	0.00		0.293	3.35	0.00	
CICLOVIA ANDEN	-1.09	0.293	-3.73	0.00		0.293	-3.73	0.00	
CICLOBANDA	0.994	0.449	2.21	0.03		0.449	2.21	0.03	
SIN LLUVIA	0.33	0.174	1.9	0.06	*	0.174	1.9	0.06	*
NOCHE	-1.50	0.206	-7.31	0.00		0.206	-7.31	0.00	
TRAFICO LIVIANO	0.671	0.342	1.96	0.05		0.342	1.96	0.05	

Tabla 3. Modelo mujeres

9. CONCLUSIONES

Este estudio realizó una evaluación de los factores que influyen en el momento de elegir o no la bicicleta como medio de transporte tomando como caso de estudio Bogotá, Colombia, utilizando encuestas de preferencias declaradas y reveladas, junto con un modelo logit binario con variables sistemáticas.

En las observaciones que se hicieron en campo al momento de realizar los aforos, se presenciaron hombres y mujeres que transportaban niños al colegio en el mismo vehículo en el que se movilizaban, sin contar con la silla adecuada o los elementos pertinentes para esta actividad ocasionando un problema de seguridad vial.

Por medio de las encuestas de preferencias reveladas y declaradas se evidenció que los factores más influyentes para descartar la bicicleta como medio de transporte en hombres y mujeres es la inseguridad y la infraestructura inadecuada. Y aunque normalmente se habla de infraestructura inadecuada por mal estado de los bicicarriles o no tenerlos y la falta de continuidad de estos, no se debe olvidar que cuando se habla de infraestructura se hace referencia al conjunto de medios técnicos, servicios e instalaciones necesarias para el uso de una actividad, en este caso la bicicleta. Por lo que se evidencia una relación directa entre la infraestructura y la seguridad, pues al garantizar bicicarriles en buen estado de pavimento y con buena iluminación, más personas se van a sentir seguras, pues disminuiría el porcentaje de robos de bicicletas, accidentes por parte de la vía en mal estado y aumentaría el flujo de personas lo que de una u otra forma garantiza la seguridad de los biciusuarios.

Por último, el modelo logit binario nos permitieron identificar las variables que influyen en cada género. En el modelo que se llevó a cabo con los resultados de las encuestas de preferencia reveladas, se utilizaron variables como:

- El tráfico (ligero, mixto y pesado) en donde se evidencio que hombres y mujeres prefieren que el tráfico sea liviano,
- La infraestructura (ciclobanda, cicloseparador y sin bici-carril), pero estas últimas no fueron significativas para los hombres, mientras que las mujeres prefieren la ciclobanda ya que no hay conflictos con peatones y menos probabilidades de ser acosadas o robadas.
- Estratos socioeconómicos (alto, medio y bajo), el cual fue significativo únicamente para mujeres, pues se sienten más seguras en un estrato socioeconómico alto.
- Condiciones climáticas (Lluvia y sin lluvia), estas variables fueron muy significativas tanto para hombres como para mujeres, pues prefieren hacer uso de la bicicleta cuando no está lloviendo.
- Iluminación (noche con luz, noche sin luz y día), este factor es muy importante para los ciclistas urbanos, pues al momento de realizar los aforos se evidenció que cuando se acercaba la noche la cantidad de mujeres ciclistas disminuía, mientras que para los hombres esto no es ninguna limitación siempre y cuando se cuente con buena iluminación.

Al momento de realizar la investigación, se tuvieron varias limitaciones importantes ya que no fue posible tener zonas de estudio más amplias debido a la falta de tiempo, por esto fue necesario escoger las dos zonas con mayor afluencia de ciclistas urbanos en la ciudad de Bogotá, Colombia, para poder realizar las encuestas y los aforos. La falta de información, también fue una gran limitación, por lo cual fue necesario buscar investigaciones realizadas en otros países para poder analizar de una forma más integral la brecha que presentan las mujeres en el uso de bicicletas como medio de transporte.

10. RECOMENDACIONES

Es evidente la necesidad de implementar un sistema de bicicletas público en sitios estratégicos de la ciudad, debido a que una de las razones por las cuales las personas no utilizan la bicicleta como medio de transporte es porque no tienen.

Se recomienda que académicos y profesionales aborden el tema de seguridad e infraestructura al momento de implementar los diseños de transporte, ya que, garantizando comodidad y seguridad, el uso de la bicicleta como medio de transporte aumentaría, generando un impacto positivo en el transporte sostenible y a su vez un medio ambiente más limpio lo que conlleva a menos problemas de salud. Por otro lado, las políticas de movilidad pública deben tomar en consideración las desigualdades y las razones de las mujeres por las que hacen o no uso de la bicicleta como medio de transporte para que la administración de la ciudad pueda implementar políticas y mejoras de infraestructura que den un mayor uso a la bicicleta como un medio de transporte.

Para implementar soluciones estratégicas a esta brecha, es necesario aumentar la investigación centrada en este tema, generando conciencia de la existencia e importancia de este tipo de problemas en la planificación de la ciudad, con el fin de implementar acciones por parte del estado y la sociedad. Los proyectos con objetivos claros de planificación urbana y territorial deben iniciarse en conjunto con el gobierno, gestionando el uso del suelo, la conectividad de las rutas ciclistas para hacer que la infraestructura de movilidad sea eficiente y facilitar la participación de las mujeres en el uso de bicicletas como medio de transporte diario. Esto se logra mediante la elaboración de normas para el uso adecuado del espacio público, dando prioridad al sistema alternativo de movilidad no motorizada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Adeel, M. Yeh, A. y Feng, Z. Gender, mobility and travel behavior in Pakistan: Analysis of 2007 time use survey in Conference on Research on Women's Issues in Transportation. 2014. Paris, Francia: Transportation Research Board Conference.
2. WIIT. Bridging the Gap: 5th International Conference. 2014. Paris, Francia: Transportation Research Board Conference.
3. Díaz, R. y Rojas, F. Mujeres y ciclismo urbano: Promoviendo políticas inclusivas de movilidad en América Latina. 2016. Buenos Aires, Argentina.
4. Osorio,P. and Pinillos,M. La mujer usuaria de la bicicleta como modo de transporte en Bogotá. Retos y oportunidades. 2017. Bogotá, Colombia: Universidad de la Salle.
5. Bocarejo, J. La bicicleta en Bogotá: SIMUR. 2016. Bogotá, Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá.
6. Ortúzar, J. and Willumsen, L. Modelling Transport, fourth edition. 2011.
7. Albarrán, P. Modelos de elección discreta. 2010. Alicante, España: Universidad de Alicante.
8. Ho, U. Joburg's pioneering cyclists are breaking down social barriers, one ride at a time. 2015. Johannesburg , Sudáfrica.
9. Shilton, A. A Beginner's Guide to Biking to Work. 2017. Nueva York, Estados Unidos.
10. Smith, O. Commute well-being differences by mode: Evidence from Portland,Oregon, USA. 2016. Portland, USA: Portland State University.
11. Garrard, J. Handy, S. Dill, J. Women and cycling. 2012. MIT Press, Cambridge, USA.

12. Aldred, R. Woodcock, J. Goodman, A. Does more cycling mean more diversity in cycling? 2016. New York, US.
13. Prati, G. Fraboni, F. De Angelis, M. Pietrantoni, L. Johnson, D y Shires, J. Gender differences in cycling patterns and attitudes towards cycling in a sample of European regular cyclists. 2019. Italia y Reino Unido.
14. Le, H. Quinn, F. West, A y Hankey, S. Advancing cycling among women: An exploratory study of North American cyclists. 2019. Minnesota, US.
15. Koglin, T. Vélomobility – A critical perspective on planning and space. 2013. Doctoral Dissertation, Lund University, Department of Technology and society, Transport and Roads, Bulletin 284.
16. Koglin, T. Vélomobility and the politics of transport planning. 2015a. GeoJournal, Vol. 80, pp. 569-586.
17. Garrard, J., Rissel, C. y Bauman, A. Health Benefits of Cycling. In Pucher and Buehler (eds.) City Cycling. 2012. The MIT Press, Cambridge.
18. Cooper, A.R., Wedderkopp, N., Jago, R., Kristensen, P.L., Moller, N.C., Froberg, K., Page,A.S., Andersen, L.B. Longitudinal associations of cycling to school with adolescent fitness. 2008. Preventive Med, Vol. 47, pp. 324-328.
19. Tranter, P. Effective Speed: Cycling Because It's "Faster". In Pucher and Buehler (eds.) City Cycling. 2012. The MIT Press, Cambridge.
20. Pozueta, J. Movilidad y planeamiento sostenible: hacia una consideración inteligente del transporte y la movilidad en el planeamiento y en el diseño urbano. 2000. Madrid, España.
21. Ferri, M., Vilallonga, A., y París, A. 2009. Obtenido de http://docplayer.es/7426820-Glosario-de-movilidad-sostenible.html
22. Red Muévete Mejor. Cómo construir e implementar un plan integral de movilidad sostenible PIMS en las organizaciones - Guía práctica. 2018. Bogotá, Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá.
23. Página web de la Secretaría Distrital de Movilidad. Obtenido de https://www.movilidadbogota.gov.co/web/
24. Página web de la Secretaría de la Mujer. Obtenido de http://www.sdmujer.gov.co/
25. Vestergaard, T. Multimedia Revista Semana Sostenible: La evolución de la bicicleta en un minuto. 2015. Bogotá, Colombia.
26. Gassire W. Deportes Revista Open - Historia sobre ruedas: la evolución de la bicicleta.
27. Ortúzar, J. Modelos de demanda de transporte. 2000. Alfaomega Grupo Editor, 2da. Edición.
28. Allen, H. Cardenas, G. Pereyra, L. Sagaris, L. Ella se mueve segura (ESMS). Un estudio sobre la seguridad personal de las mujeres y el transporte público en tres ciudades de América Latina. 2018. Caracas: CAF y FIA Foundation, América Latina y el Caribe.
29. Mellgren, C., Andersson, M., Ivert, A.-K. "It happens all the time": women's experiences and normalization of sexual harassment in public space. 2018. Women Crim. Justice 28, 262–281. https://doi.org/10.1080/08974454.2017.1372328
30. Soto, P. Diferencias de género en la movilidad urbana. Las experiencias de viaje de mujeres en el Metro de la Ciudad de México. 2017. Rev. Transp. Territ. 16,127–146.
31. Thomson Reuters Foundation. Most Dangerous Transport Systems for Women. 2014.
32. Orozco, M. Soto, J. Arévalo, A. Oviedo, O. Women's perceived risk of sexual harassment in a Bus Rapid Transit (BRT) system: The case of Barranquilla, Colombia. 2019. Barranquilla, Colombia.