UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Inclusión de la percepción del tiempo de espera en fila en modelos de Elección de cables aéreos: caso Metrocable Medellín

Daniela Sofía Jurado Ramírez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento de ingeniería civil
Medellín, Colombia
2018

Inclusión de la percepción del tiempo de espera en fila en modelos de Elección de cables aéreos: caso Metrocable Medellín

Daniela Sofía Jurado Ramírez

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería: infraestructura y sistemas de transporte

Director:

Ph.D. Iván Reinaldo Sarmiento Ordosgoitia

Codirector:

Ph.D. Jorge Eliecer Córdoba Maquilón

Línea de investigación: Planeamiento del transporte

Grupo de Investigación: Vías y Transporte - Vitra

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de minas, Departamento de ingeniería civil

Medellín, Colombia

2018

Soy de las que piensa que la ciencia tiene una gran belleza. Un científico en su laboratorio no es solo un técnico: es también un niño colocado ante fenómenos naturales que lo impresionan como un cuento de hadas.

Marie Curie

Agradecimientos

Mis más sinceros agradecimientos a mi director el profesor Iván Sarmiento, por su apoyo y consejos durante el proceso de elaboración de esta tesis. A mi codirector el profesor Jorge Córdoba por sus aportes y comentarios. Al profesor Rodrigo Mesa por su consejo y guía en el proceso de elaboración de esta investigación. A mis amigos: Francisco Mafla por su ayuda en la toma y recolección de información y por siempre incentivarme a continuar; Daniel Ramírez por sus continuas revisiones y apoyo; A Luis Sánchez por presentarme en la organización Youth for Public Transport Y4PT; a Oscar Arbeláez por su asesoramiento en cuanto a modelos de elección discreta y a mi familia por su continuo apoyo, compañía durante el arduo trabajo de encuestas y alientos en este proceso.

Resumen

Esta investigación estudia el efecto de la percepción del tiempo de espera en fila en la selección de un Modo de Transporte Aéreo urbano empleando modelos econométricos avanzados. El Metrocable de Medellín-Colombia, primera implementación mundial de un ART como parte de un sistema de transporte público urbano, sirve como caso de estudio para esta investigación. Empleando 228 encuestas recolectadas en la zona de influencia de la línea K entre usuarios de Metrocable y Bus (su principal competidor) en el área de influencia de la línea K de Metrocable. Se estima un Modelo Logit Multinomial con parámetros aleatorios para comprender el efecto de la percepción del tiempo de espera en la elección de modo de transporte. Los resultados muestran que este último afecta significativamente la elección, adicionalmente, se encuentra que otras variables relacionadas con las tarifas, el tiempo de viaje y la estación más cercana al usuario impactan considerablemente las decisiones de elección de entre estos modos. Los resultados son útiles para apoyar políticas implementables para aumentar la demanda de ART al mismo tiempo que se mantienen niveles adecuados de servicio. Esta investigación también proporciona conocimiento valioso que es transferible a regiones con condiciones similares que actualmente consideran u operan sistemas de ART, principalmente en países en desarrollo.

Palabras clave: Percepción del tiempo, tiempo de espera, fila, congestión, Modelos de elección discreta, Góndolas urbanas, Cable aéreo.

Abstract

This investigation studies the effect of queue waiting time perception in the selection of an urban aerial ropeway transit (ART) mode with advanced econometric modeling. The Metrocable of Medellin-Colombia, world's first implementation of an ART as part of a urban public system, serves as case study for this investigation. Using 228 surveys collected through a stated choice experiment conducted to collect data on the selection between Metrocable and Bus (its main competitor) on the influence area of Metrocable's line K. A multinomial logit model with random parameters is estimated to understand the effect of waiting time perception on mode choice, which is found to significantly affect modal preferences. Other variables as transit fares, travel time and station geolocation are found to considerably impact mode-choice decisions. Results are useful to support actionable policies to increase ART demand while maintaining appropriate levels of service. This research also provides valuable knowledge that is transferable to regions with similar conditions currently considering or operating ART systems, mostly in developing countries.

Keywords: Time perception, waiting time, queue, congestion, discrete choice models, urban gondola, aerial ropeway, cable car.

Contenido

Pág.

Resumen ..... **IX**

Lista de figuras ..... **XIII**

Lista de tablas ..... **XIV**

Lista de Símbolos y abreviaturas ..... **XV**

Introducción **1**
1.1 Objetivos 5
1.1.1 Objetivo general 5
1.1.2 Objetivos específicos 5
1.2 Alcance de la investigación 5

2. Antecedentes **7**
2.1 Que son los sistemas de transporte mediante cables aéreos ART 7
2.2 Historia del transporte mediante cables aéreos 8
2.3 Perspectiva general de los sistemas de transporte por cable aéreo 12
2.3.1 Componentes de los sistemas ART 12
2.3.2 Clasificación 13
2.3.3 Características operativas 14

3. Marco Teórico **17**
3.1 Modelo clásico del transporte 17
3.1.1 Reparto modal 18
3.1.2 Modelos de elección discreta 19
3.2 Encuestas de preferencias reveladas (PR), declaradas (PD) y preferencias automáticas (PA) 22
3.3 Congestión en el transporte público 24
3.3.1 Valor del tiempo 26
3.4 Percepción del tiempo 27
3.5 Cables aéreos 30
3.5.1 Estudios de accesibilidad en sistemas ART 31
3.5.2 Estudios de factibilidad en sistemas ART 32
3.5.3 Modelos econométricos empleados para sistemas ART 33

4. Recolección de información y diseño de experimento **37**
4.1 Metodología propuesta para el diseño de encuesta 37
4.1.1 Grupo Focal 38
4.1.2 Encuesta piloto 39

4.1.3 Encuesta definitiva 42
4.2 Caracterización de la muestra 44
4.3 Caracterización socioeconómica de la población. 50

5. Resultados 55
5.1 Selección del modelo 55
5.2 Análisis de resultados 58
5.3 Discusión de resultados 61

6. Conclusiones y recomendaciones 65
6.1 Conclusiones 65
6.2 Recomendaciones 66

A. Anexo 1: Transcripción de grupo focal 69

B. Anexo 2: Base de datos 77

Bibliografía 79

Lista de figuras

Pág.

Figura 1-1: Cables aéreos urbanos existentes y proyectados [a, b]. 2
Figura 1-2: Sistema de transporte masivo del Valle de Aburrá – Sistema Metro..... 3
Figura 2-1: Primeros sistema de cabinas transportadas por cable aéreo. 8
Figura 2-2: Sistema de transporte por cable aéreo, Gibraltar 1890. 9
Figura 2-3: Sistema de Telesillas en Killington, Vermont, EEUU, 1958..... 10
Figura 2-4: Clasificación de los sistemas ART 13
Figura 2-5: Capacidad en diferentes tipos de transporte público PuT 15
Figura 3-1: Encuestas para modelación de la demanda de transporte..... 23
Figura 3-2: Inclusión de tiempo de viaje en modelos de elección modal..... 29
Figura 4-1: Grupos focales registro fotográfico 38
Figura 4-2: Muestra de escenario SP presentado en la encuestas 41
Figura 4-3: Distribución de ingreso en muestra de datos recopilada en encuestas.. 45
Figura 4-4: Porcentaje de respuesta por nivel de estudios alcanzado..... 46
Figura 4-5: Distribución por ocupación..... 47
Figura 4-6: Distribución por motivo de viaje 47
Figura 4-7: Clima y su incidencia en la decisión 48
Figura 4-8: Actividad realizada durante la espera 49
Figura 4-9: Ingresos población comunas Popular y SantaCruz..... 51
Figura 4-10: Ingresos población comunas Popular y SantaCruz..... 52
Figura 4-11: Ocupación población comunas Popular y SantaCruz 53
Figura 4-12: Distribución por motivo de viaje 53

Lista de tablas

Pág.

Tabla 2-1: Características de los diferentes tipos de ART 14
Tabla 2-2: Límites de diferentes tipos de ART en cuatro ciudades de Latinoamérica . 14
Tabla 3-1: Variables empleadas en modelos econométricos para sistemas ART 36
Tabla 4-1: Variables empleadas en encuestas de preferencias declaradas (SP) 40
Tabla 4-2: Diseño de casos para encuesta de preferencias declaradas 40
Tabla 4-3: Estadísticas descriptivas de las diferentes variables 50
Tabla 5-1: Resultados del modelo seleccionado MNL con parámetros aleatorios 56
Tabla 5-2: Resultados del modelo seleccionado MNL con parámetros aleatorios 57

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término en Español, Inglés
ART	Sistemas de transporte por cable aéreo, *Aerial Ropeway Transit*
CUF	Función de utilidad correspondiente, *Corresponding Utility Function*
DCM	Modelos de elección discreta, *Discrete Choice Models*
ME	Efectos Marginales, *Marginal Effects*
E	Elasticidades, *Elasticities*
MCDG	Góndola Monocable Desengachable, *Monocable Detachable Gondola*
MNL	Modelo Logit Munltinomial, *MultiNomial Logit*
MNP	Modelo Probit Multinomial, *MultiNomial Probit*
NL	Modelo logit Anidado, *Nested Logit*
SP	Preferencias declaradas, *Stated Preferences*
RP	Preferencias reveladas, *Revealed Preferences*
PuT	Transporte Público, *Public Transport*
RUM	Maximización de la utilidad aleatoria*, Random Utility Maximization*
VST	Valor Subjetivo del tiempo.

Introducción

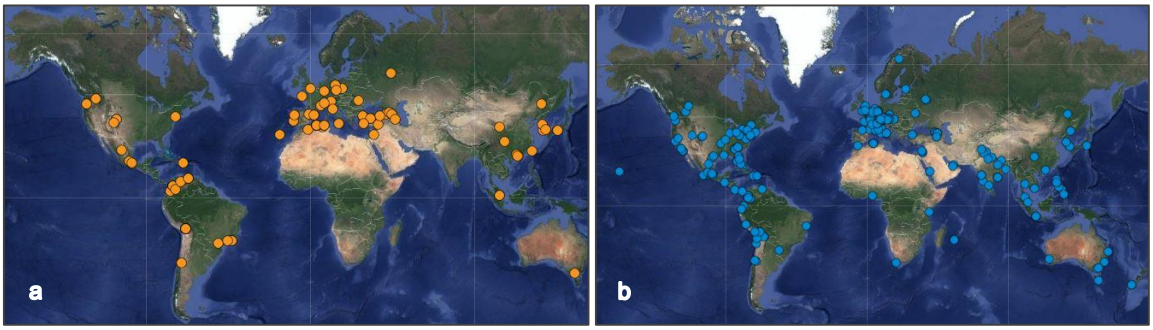
Muchas ciudades, sobretodo en América Latina, cuentan con zonas consolidadas con poca o ninguna planificación sobre todo en laderas con altas pendientes. En su mayoría, estos asentamientos corresponden a barrios de invasión para los cuales el acceso mediante modos de transporte público convencionales, como el autobús, metro o tranvía es difícil o costoso y, por tanto, estos sistemas no son capaces de brindar una solución definitiva a la problemática de accesibilidad del transporte público generada en dichas zonas. El Metrocable ha surgido como una opción para brindar acceso al transporte público en este tipo de asentamientos. (Brand & Davila, 2011; Brand & Dávila, 2011) explican que “los Metrocables fueron construidos en áreas de relativo bajo ingreso y con infraestructura vial deficiente, pero relativamente bien servidos por buses convencionales”.

En el pasado, los sistemas de transporte por cable aéreo ART, por sus siglas en inglés *Aerial Ropeway Transit*, se consideraban para fines exclusivamente turísticos como mencionan B. Alshalalfah, Shalaby, Dale, & Othman, (2012); Jouzou, (2017). En 2004, la ciudad de Medellín unió por primera vez un ART a un sistema de transporte masivo de pasajeros, para conectar barrios altamente aislados con el Línea A de la ciudad. Ante la mirada crítica del mundo la primera línea del Metrocable de Medellín, línea K, mostró a los cables aéreos como una opción de transporte público adecuada y viable para muchas ciudades con pendientes pronunciadas o dificultades de acceso de modos convencionales en todo el mundo. Como menciona Alshalalfah et al., (2012), "lo que alguna vez se consideró una posibilidad poco probable, ha ganado más atención en todo el mundo, y ahora se utiliza como transporte público en varias áreas urbanas con restricciones espaciales alrededor del mundo".

Ejemplos de ciudades relacionadas con los sistemas ART incluyen: Medellín, Bogotá, Cali y Manizales (Colombia), Graz (Austria), Ankara (Turquía), Lima (Perú), La Paz (Bolivia), La Meca (Arabia Saudita) y Ecatepec (México), entre otros. La Figura 1-1 a muestra la

ubicación de los más de 170 sistemas ART existentes en el mundo. Por su parte, la Figura 1-1 b presenta los casi 230 sistemas ART que se planea construir en los próximos 10 años.

Figura 1-1: Cables aéreos urbanos existentes y proyectados [a, b].



Fuente: The Gondola Project, (2017)

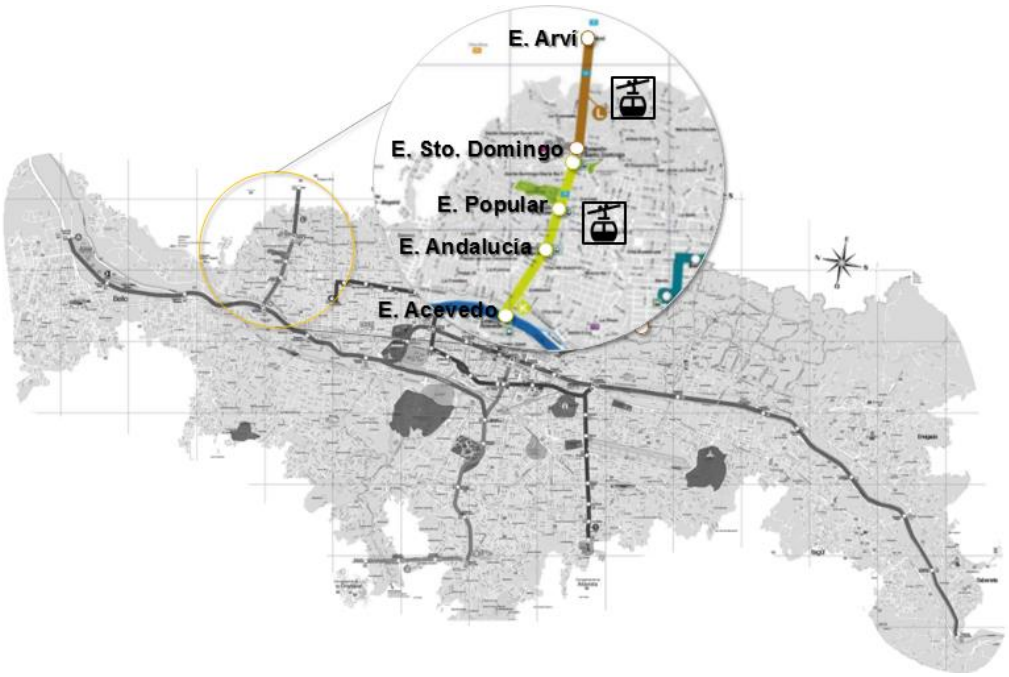
Contrastando con el auge de los cables aéreos, la investigación en este campo es relativamente poca y muchos temas asociados con estos sistemas no han sido estudiados a cabalidad. Tal es el ejemplo del estudio de los beneficios potenciales frente a los reales de estos sistemas; la factibilidad; el manejo de la demanda una vez alcanzada la capacidad, como es el caso de la Línea K del sistema Metro de Medellín, correspondiente al objeto de estudio de esta investigación o la insuficiente disponibilidad de demanda en otras regiones, como el caso de Manizales, Colombia, presentado por Escobar, Tapasco, & Giraldo, (2015); entre otros.

Los estudios de factibilidad disponibles en la literatura para los sistemas de ART, se basan en modelos empíricos o sin adaptar, que fallan al describir las características específicas de los sistemas ART (B. W. Alshalalfah, Shalaby, Dale, & Othman, 2015; Cottrell et al., 2010; Mbereyaho, Dushimimana, & Nzapfakumunsi, 2018). Además, los estudios de demanda realizados anteriormente para los ART, en general, emplean enfoques econométricos simples que potencialmente inducen errores de especificación incorrecta y no pueden capturar la heterogeneidad de los usuarios, es el caso de, Orsi & Geneletti, (2014 y 2016) y Hofer et al., (2016). Se encuentra en la literatura sin embargo, el estudio realizado por Dávila et al., (2013), en donde mediante modelos híbridos analizan la influencia de variables seguridad y comodidad. Sin embargo, el estudio no se enfoca en estudiar cómo la percepción del tiempo de espera de los usuarios en la fila afecta la elección modal de los potenciales usuarios. Esta investigación intenta abordar dicha

limitación mediante el análisis adecuado de la elección del modo ART en el contexto de Metrocable.

El estudio de caso tiene lugar en la Línea K del Metro de Medellín, un ART urbano ubicado en el noreste de la ciudad. El sistema de transporte masivo Metro Figura 1-2 está compuesto actualmente (2018) por dos líneas de tren urbano (A y B), dos líneas de autobús de tránsito rápido (BRT) (1 y 2), un tranvía (Línea TA) y cuatro líneas de cable aéreo (K, J, H y L). La Línea K está compuesta por una estación intermodal, es decir, Acevedo, que conecta con la Línea A (tren urbano) en el oeste, una estación de transferencia, es decir, Santo Domingo, que conecta con la Línea L (con fines turísticos) en el Este, y dos estaciones intermedias adicionales (Andalucía y Popular). El Metro compite con una serie de rutas de autobús peculiares, el Autobús en este estudio, que en general no siguen horarios predefinidos, operan dentro del tráfico mixto y se detienen en cualquier lugar de la ruta para recoger o dejar a los pasajeros.

Figura 1-2: Sistema de transporte masivo del Valle de Aburrá – Sistema Metro



Fuente: Elaboración propia a partir de Metro de Medellín, (2016)

Basado en el contexto anterior y la brecha de investigación correspondiente, se desarrolla un total de 242 encuestas para recopilar datos sobre la percepción del tiempo de espera de los usuarios de Metrocable y Bus, así como información socioeconómica de los

encuestados y elección frente a diferentes escenarios de tiempos de espera, viaje y tarifa. Con estos se desarrolla un modelo avanzado de elección discreta para comprender la conveniencia para los usuarios de cada modo en función de las variables.

Los resultados numéricos indican que las variables clásicas producen resultados intuitivos, es decir, el tiempo de viaje y la tarifa, reducen la conveniencia del modo. La nueva variable que introduce la percepción del tiempo de espera de cola, afecta significativamente tanto al bus como al ART, con una mayor influencia en Metrocable. Se encuentra también que la estación más cercana al usuario afecta la decisión de los mismos. Los parámetros aleatorios muestran que el tiempo de viaje y el tiempo de espera de la cola tienen efectos diferentes, pero principalmente negativos, en la elección del modo. Estos resultados son significativos para los planificadores de transporte para alentar actividades destinadas a reducir el tiempo de espera de cola mientras se mantiene, y posiblemente se incrementa, la demanda y el nivel de servicio del sistema.

El documento está organizado de la siguiente manera. Inicialmente se presenta una introducción, presentando el problema a analizar y contextualizando al lector con el tema a tratar en el texto, en esta misma sección se presentan los objetivos y el alcance de la investigación desarrollada. Posteriormente se estudian los antecedentes, en los cuales se incluye una explicación sobre qué son los sistemas de transporte por cable, seguidos de una reseña histórica de estos sistemas, la sección finaliza con una perspectiva general del sistema, ilustrando los componentes principales, clasificación y características operativas. El marco teórico de la investigación es presentado en el capítulo 2, en éste se examinan los enfoques metodológicos y modela las tendencias que ilustran las brechas en la literatura en las cuales se enmarca el siguiente trabajo investigativo. La sección de recolección de información (capítulo 3) explica la metodología de diseño de encuesta y toma de datos, también presenta las estadísticas descriptivas de la muestra y del experimento realizado mediante una encuesta de preferencias declaradas (SP) y ofrece una visión general del conjunto de datos recopilados. El capítulo 4 presenta los resultados encontrados en los modelos y una discusión acerca de estos. Finalmente, se encuentra la sección de conclusiones y recomendaciones en la cual se proporcionan también futuras direcciones de investigación.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Establecer, mediante modelos de elección discreta, el efecto de la percepción de los tiempos de espera en fila para abordar las cabinas en la elección modal de los potenciales usuarios del Metrocable línea K de Medellín.

1.1.2 Objetivos específicos

- Estimar modelos de elección discreta que tomen en cuenta la percepción tiempos de espera en fila para abordar las cabinas de Metrocable.

- Determinar la percepción de los tiempos de espera en fila para los potenciales usuarios del Metrocable Línea K, de Medellín.

- Establecer el efecto de la percepción de los tiempos de espera en la elección de los potenciales usuarios de la línea K del Metrocable de Medellín.

1.2 Alcance de la investigación

El estudio abarcará a los residentes del área de influencia del Metrocable Línea K del sistema Metro de Medellín, en este contexto se encuestará a usuarios de Metrocable o usuarios bus que puedan emplear el Metrocable para realizar sus desplazamientos, y que, debido a los tiempos de espera en las filas para abordar el Metrocable, se han visto en la necesidad de tomar bus para desplazarse. No se tomará en cuenta a los individuos cuyo modo principal sea auto, moto o caminata.

El estudio considera que los posibles usuarios no cuentan con información en tiempo real del estado del sistema. Se plantea no considerar usuarios que accedan en el sentido inverso del Metrocable para tomar asiento en las cabinas evitando las filas, esto se debe a que durante los estudios previos a la toma de información, no se observó este comportamiento en los usuarios.

Se asume una capacidad limitada en el sistema, por tanto, es posible que durante alguna hora del día la capacidad del modo se vea excedida y se presenten filas, para tal fin, será estudiado el pico am de la línea estudiada, en la cual se congrega el mayor número de usuarios.

Tomando en consideración que durante el pico de la tarde en la línea, los usuarios del modo competidor analizado (bus), acceden al mismo desde diferentes puntos del Área Metropolitana y las dificultades que esto representa para la toma de datos, puesto que se desconoce el lugar en el que toman este modo, no se encuentra dentro del alcance la evaluación de este periodo. Por otro lado, mediante los datos de la encuesta origen destino 2012 (Área metropolitana del Valle de Aburrá, 2012) y las observaciones realizadas en campo previas a la toma de datos, se encuentra que durante el pico de la mañana no existe fila en la estación Acevedo.

Por último, un último aspecto relevante a considerar es que, debido a que el objetivo de la tesis incluye la medición de los tiempos de espera percibidos en fila de los usuarios, estos deben ser encuestados *in-situ*, es decir las encuestas deben ser realizadas durante las esperas de los usuarios para conseguir datos asociados a las esperas en la fila.

2. Antecedentes

En este capítulo se abarcan temas generales del transporte mediante cables aéreos, presentando inicialmente qué son los sistemas ART, secuencialmente es presentada la historia del transporte en cables desde sus inicios hasta la actualidad, posteriormente se introducen los diferentes sistemas de cables aéreos disponibles y sus principales características, por último, se estudian los diferentes modelos que han sido empleados para la estimación de la demanda de sistemas ART alrededor del mundo.

2.1 Qué son los sistemas de transporte mediante cables aéreos ART

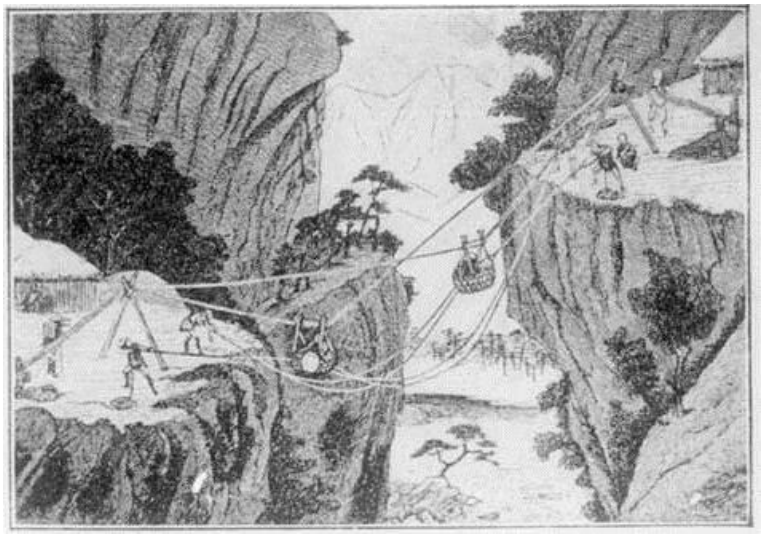
Los sistemas de transporte mediante cables aéreos o ART, por sus siglas en inglés, son sistemas que emplean cables, cuerdas u otros elementos flexibles para la transmisión de potencia en el sistema (B. Alshalalfah, Shalaby, Dale, et al., 2012), este tipo de sistemas incluye tranvías aéreos, elevadores aéreos (telesillas) extraíbles y de agarre fijo, góndolas y funiteles. En general, estos corresponden a sistemas en los cuales las cabinas (también llamadas portadoras, vehículos o automóviles) se encuentran suspendidas y propulsadas desde arriba mediante cables. Por su parte, el tránsito aéreo por cable, describe cualquier tipo de modo de transporte aéreo en el cual los pasajeros son transportados en una cabina que está suspendida y tirada por cables (B. Alshalalfah, et al., 2012).

En su mayoría, los sistemas ART se encuentran conformados por los mismos componentes básicos, independientemente de la tecnología utilizada, los cuales incluyen portadores (cabinas), terminales, torres, cuerdas o cables y sistemas de evacuación y rescate. Los detalles acerca de este tipo de componentes se tratarán más adelante en la sección 2.3.

2.2 Historia del transporte mediante cables aéreos

Antiguos dibujos Chinos evidencian que la historia del transporte mediante cables se remonta a hace más de 2000 años, incluso se ha datado su uso en 250 A.C. (Decker, 2011; Hoffmann & Liehl, 2005). También se ha encontrado que en la antigüedad, nativos en Sur América y el subcontinente de la India, empleaban los cables aéreos para facilitar el cruce de carga a través de valles y ríos (Taylor, 1938). El transporte se realizaba primordialmente empleando las manos para movilizarse a través de las cuerdas o empleando la gravedad en los casos en que el punto de llegada se encontrara más bajo que el de salida ver Figura 2-1. Este tipo de medio se llegó emplear también para la movilización de carga y animales. Una de las primeras menciones de la literatura sobre los cables aéreos se dio en el siglo XIV, en donde se menciona a un emperador japonés escapando a través de un sistema de cuerdas de sus enemigos (Decker, 2011).

Figura 2-1: Primeros sistema de cabinas transportadas por cable aéreo.

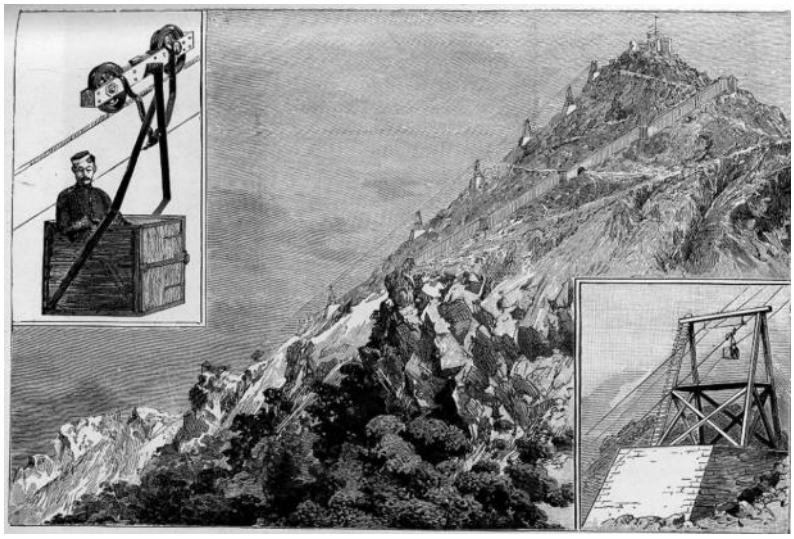


Fuente: (Decker, 2011)

Como se menciona en Decker, (2011), en Europa, durante el siglo XV se hace mención a los cables aéreos en el catálogo de armas Bellifortis, mientras en 1411 se presenta el primer dibujo moderno de un sistema de cable aéreo. En el siglo XVII Fausto Veranzio bosquejó un refinado sistema bi-cable y en 1644 Adam Wybe construyó un sistema operacional de gran escala para movilizar materiales de excavación hacia una fortaleza ubicada en una montaña. A pesar de esto, no fue hasta la década de 1890, cuando gracias

a la invención del cable de acero durante la revolución industrial, sobrevino un auge en el transporte mediante cables, focalizándose inicialmente en vehículos terrestre guiados (Hoffmann & Liehl, 2005). Por otro lado, el primer cable aéreo moderno con fines de transporte de bienes y pasajeros documentado en la historia fue implementado en Gibraltar en la década de 1890 (ver Figura 2-2. En los Estados Unidos, el primer sistema ART con finalidad de movilizar pasajeros fue construido en 1893 para cruzar el río Tennessee en Knoxville.

Figura 2-2: Sistema de transporte por cable aéreo, Gibraltar 1890.



Fuente: (Queen, 2016)

El inicio del siglo XX marcó la diferencia en cuanto a la necesidad de transportar armas, municiones y soldados heridos durante la primera guerra mundial, acelerando la construcción de numerosos sistemas de transporte por cable aéreo en Francia, Alemania, Italia, Suiza y Austria. A pesar del abrupto despegue del transporte guiado por cable, en la época posterior a la primera guerra mundial, muchos de los sistemas creados se centraron en vehículos terrestres, como funiculares y los llamados “carros cable” o cable-cars en inglés, dispersando la atención de los sistemas aéreos de cable y relegándolos a zonas alpinas con fines tanto utilitarios como turísticos (Neumann, 1998).

En 1930, en Freiburg, Alemania, reaparece el interés por los cables aéreos, surgiendo las primeras góndolas desenganchables para el transporte de pasajeros del mundo (Queen, 2016). En esta misma época finaliza la construcción del *Teleférico del Puerto*, en

Barcelona, España, un teleférico planeado en 1926 con fines turísticos; como una conexión entre Exposición Internacional de Barcelona y el puerto de la ciudad; el cual no finalizó a tiempo para la exposición de 1929 y finalmente se inauguró en 1931 (Nuessgen & Researcher, 2015); por otro lado, el primer teleférico urbano, Grenoble-Bastille, abre al público en 1934 en Grenoble, Francia (Office de tourisme Grenoble-Alpes Metropole, n.d.; Queen, 2016). Estos dos últimos, tras algunas modificaciones se mantienen operativos hasta la fecha.

Durante la década de los cincuenta se presenta una nueva proliferación de este tipo de sistemas. Para 1956, en la ciudad de Argel en Argelia, se construye el teleférico *El Mandania* buscando conectar el distrito de Hamma con la ciudadela Diar el Mahcoul. Posteriormente se inaugura el teleférico de Colonia, atravesando el rio Rin y creado inicialmente con fines turísticos para facilitar el acceso a una exposición botánica.

Gracias a su acogida, el sistema fue relocalizado para continuar su funcionamiento. En esta misma década, de acuerdo con Leich (2015) y Queen, (2016), en 1957 se desarrollan los primeros sistemas de telesillas de Estados Unidos en la zona de esquí conocida como Killington, localizada en Vermont, Estados Unidos (ver Figura 2-3) .

Figura 2-3: Sistema de Telesillas en Killington, Vermont, EEUU, 1958

Fuente: (Leich, 2015)

El siguiente año, se planeó la construcción de un tercer sistema de telesillas, el cual, a pesar de las dificultosa labores de construcción abrió al público en marzo de 1960. Entre los años 1968 a 1970 se construye en la misma zona un sistema ART de góndolas con capacidad de cuatro personas.

Como expresa Queen, (2016), los años ochenta fueron para el transporte por cable aéreo una época de innovación, con la construcción en 1986 de la primera góndola de 8 pasajeros del mundo por parte de la empresa Doppelmayr y la ideación en 1989 Quad Monocable Funitel QMF por parte de Jan Kunczynski, para ser instalado por primera vez en la estación de esquí Val Thorens en Francia en 1990.

Hasta este punto las góndolas eran construidas en su mayoría con propósitos turísticos. Sin embargo, la ciudad de Medellín, Colombia da apertura en 2004 al primer cable aéreo de entorno urbano ideado para funcionar como transporte público unido al existente sistema de metro de la ciudad a través de una estación de transferencia. El resurgimiento de los cables aéreos en esta época se dio con el cambio de la finalidad principal del mismo, incluyéndolo como una alternativa para brindar accesibilidad al transporte público a zonas altamente aisladas o con problemas de transporte, mostrando, ante la mirada crítica del mundo a este tipo de sistemas como una opción de transporte público adecuada y viable para muchas ciudades con pendientes pronunciadas o dificultades de acceso de modos convencionales.

A 2018 existen en el mundo cerca de 170 líneas de cable aéreo y se planea la construcción de alrededor de 230 líneas más. Desde 2004, se han construido docenas de líneas de góndolas urbanas en América del Sur, Europa, Asia y África; ciudades en donde se han empleado sistemas ART incluyen: Medellín, Bogotá, Cali y Manizales (Colombia), Graz (Austria), Ankara (Turquía), Lima (Perú), Quito (Ecuador), La Paz (Bolivia), La Meca (Arabia Saudita), Caracas, Mérida (Venezuela) y Ecatepec (México), entre otros (The Gondola Project, 2017).

2.3 Perspectiva general de los sistemas de transporte por cable aéreo

Después de la contextualización acerca de la historia y relevancia del transporte mediante cables aéreos, el lector deseará informarse más acerca de sus componentes; principal funcionalidad; diferentes tecnologías disponibles, un comparativo frente a otros sistemas de transporte público, características operativas y valor promedio en su implementación. Este sub capitulo presenta un acercamiento a estos temas, mostrando una perspectiva general sobre los sistemas de transporte público mediante cables aéreos.

2.3.1 Componentes de los sistemas ART

Como se mencionó anteriormente, los sistemas ART, casi en su totalidad, se encuentran conformados por los mismos componentes básicos, independientemente de la tecnología utilizada. A continuación se presenta una descripción de cada uno de estos componentes básicos:

Cabinas o carros

Las cabinas o carros comprenden todo el conjunto estructural y mecánico en el que se transportan los pasajeros de un sistema de ART, incluyendo el propio gancho o agarradero, el carro, vagón o la cabina de pasajeros y el colgador (National Ski Areas Association & American National Standards Institute (ANSI), 2011).

Estaciones

Los sistemas ART cuentan con al menos dos estaciones o terminales entre las cuales circulan los vehículos; sin embargo estos sistemas pueden contar con múltiples estaciones a lo largo de su trazado las cuales funcionan como estaciones intermedias, facilitando el ascenso y descenso de pasajeros a los diferentes puntos a lo largo del recorrido del sistema.

Pilas o torres

Éstas corresponden a estructuras intermedias, las cuales son empleadas según la longitud de los tramos entre estaciones para soportar los cables transportadores y mantener el movimiento del cable entre las diferentes terminales.

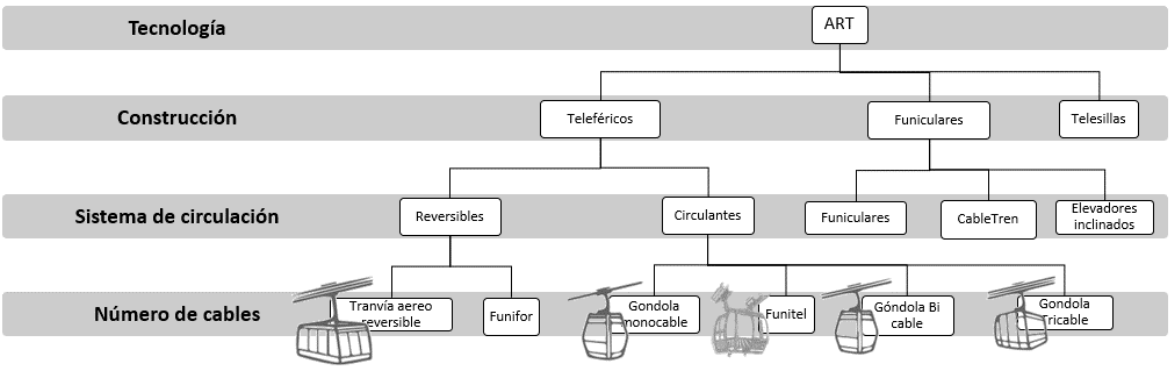
Cuerdas o cables

Éstas dan el nombre al sistema y comprenden el principal elemento diferenciador de los sistemas de transporte mediante cables. Según menciona B. Alshalalfah, Shalaby, Dale, et al., (2012), la cuerda se forma al entrelazar cables individuales para formar una hebra y luego los hilos para formar una cuerda (cable). Existen dos tipos de propósito que determinarán las características de la cuerda y dependerán a su vez del tipo de sistema la que sea necesario adaptarla, en primera medida se encuentran las cuerda de seguimiento, como las empleadas en los tranvías aéreos, en un segundo caso se encuentran las cuerdas de transporte un tercer caso se presenta cuando es necesario que la cuerda admita ambas funciones, como es el caso de MDG.

2.3.2 Clasificación

Hofer et al., (2016) presentan una clasificación de los sistemas de transporte mediante cables aéreos, en ésta definen diferentes categorías en las cuales se subdividen las diferentes tecnologías para dar lugar a una clasificación exacta para estos sistemas. Según éstos, los ART pueden ser clasificados de acuerdo con el tipo de construcción, sistema de circulación y el número de cables empleados, como se presenta en la Figura 2-4.

Figura 2-4: Clasificación de los sistemas ART



Fuente: Elaboración propia a partir de (Hofer et al., 2016; Leitner Ropeways, n.d.)

2.3.3 Características operativas

Un aspecto relevante de los diferentes sistemas de transporte por cable es que de acuerdo con su clasificación, les es posible ofrecer una variedad de ventajas a diferentes tipos de necesidades; una de las mayores variabilidades de acuerdo con la clasificación se encuentra en la capacidad máxima de pasajeros por hora que son capaces de transportar, ver Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Características de los diferentes tipos de ART

Tipo	Velocidades empleadas (m/s)	Longitud de sección (m)	Máxima Capacidad (pasajeros/cabina)	Máxima Capacidad (pasajeros/hora/sentido)
Cables aéreos bicable circulantes	5 a 7	Hasta 5500	17	Hasta 4000
Cables aéreos monocable circulantes	5 a 7	Hasta 5500	15	Hasta 4000
Funicular circulante	10-14	Hasta 5000	50	5000
Funicular reversible	10-14	Hasta 5000	450	8000
Elevador inclinado	1,5 a 5	Hasta 300	30	500

Fuente: Elaboración propia a partir de (Hoffmann & Liehl, 2005)

La línea K del Metrocable de Medellín clasificada como góndola Monocable desengachable se sitúa en la segunda clasificación de la Tabla 2-1, con velocidad de 5 m/s y capacidad de 3000 pasajeros/hora/sentido. Por otro lado, la Tabla 2-2 muestra, mediante un comparativo de características operacionales de diferentes sistemas ART urbanos en funcionamiento, como esta línea cuenta con menor extensión y número de estaciones que las construidas en otras ciudades de Latino América.

Tabla 2-2: Límites de diferentes tipos de ART en cuatro ciudades de Latinoamérica

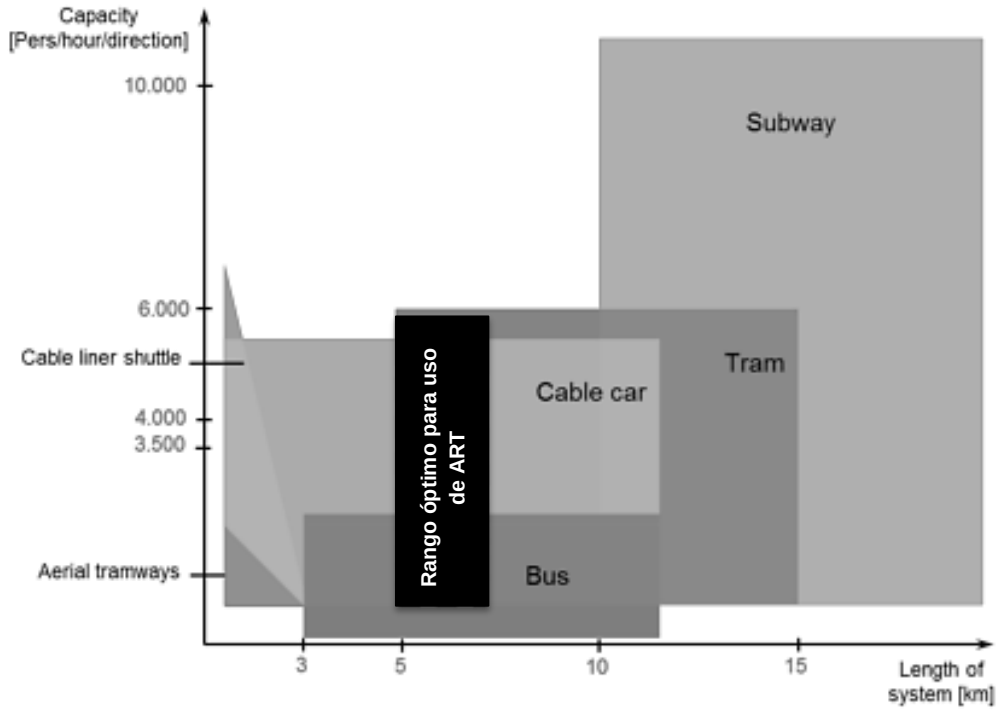
	Caracas Venezuela	Medellín Colombia - K	Medellín Colombia - J	La Paz Bolivia - 1	Rio de Janeiro Brasil
Longitud (km)	1.8	2	4.8	10	3.5
Año Inauguración	2010	2004	2008	2014	2011
Número de estaciones	5	4	4	11	6
Velocidad máxima (km/h)	18	18	18	20	18
Velocidad promedio (km/h)	12	17	16	19	13
Capacidad de cabina	10	10	10	10	10
Tiempo de viaje	9	7	10	43	16
Cantidad de viajes diarios	5000	35000	15000	80000	13000
Costo de implementación	21M	26M	50M	235M	133
Costo por km/$ USD[1]	9M	13M	19.2M	23.5M	38M
Tarifa $ USD[1]	0.23	0.87	0.87	0.43	0.32
Horas diarias de operación	15	19	19	17	17

[1]Tasa de cambio marzo 2017

Fuente: Elaboración propia a partir de (Garsous, Suárez-Alemán, & Serebrisky, 2017) y (J. Dávila et al., 2013), citado en (Jouzou, 2017)

Mientras que las características operacionales tales como velocidad y cantidad de pasajeros por cabina son presentadas en la Tabla 2-2, ciertamente una de las medidas más universales para la selección de un tipo de un transporte público sobre otros corresponde a la capacidad ofrecida por el modo.

Figura 2-5: Capacidad en diferentes tipos de transporte público PuT



Fuente: elaboración propia a partir de (Hofer et al., 2016)

La Figura 2-5 presenta un comparativo entre las capacidades de diferentes modos de transporte empleados como transporte público, especificando el umbral óptimo en cuanto a demanda y longitud de línea para el uso de sistemas de transporte ART.

3. Marco Teórico

Para estimar la influencia de los tiempos de espera percibidos, asociados a las filas para abordar una cabina, en la elección del Metrocable, es necesario tener claridad acerca de las temáticas fundamentales sobre las cuales se basa el presente trabajo investigativo, las cuales abarcan las técnicas empleadas para la modelación de la demanda de transporte. En cuanto a la recolección de información, es importante tener en cuenta los tipos de encuestas disponibles, su aplicabilidad, posibilidades ofrecidas y requerimientos.

También es necesario conocer la literatura existente en torno a temas como la congestión, percepción del tiempo y su inclusión en modelos elección de modos de transporte, y estudios relacionados con cables aéreos. En este último aspecto interesa saber: qué estudios se han desarrollado, qué temas se han abordado, cómo han sido abordados y en qué direcciones apunta lo encontrado.

El siguiente subcapítulo presenta inicialmente una contextualización acerca de los modelos de elección discreta y la teoría de la utilidad aleatoria que posteriormente será empleada en la elaboración de los modelos, seguido de un resumen de investigaciones anteriormente realizadas acerca de la congestión del transporte público, la percepción del tiempo y los sistemas ART. Posteriormente se presenta una contextualización en cuanto a los modelos empleados en la estimación de la demanda de transporte y un acercamiento detallado a los estudios realizados sobre sistemas ART.

3.1 Modelo clásico del transporte

De acuerdo con lo mencionado por Ortúzar & Willumsen, (2008). El modelo clásico del transporte fue desarrollado en los años 60 y ha permanecido prácticamente inalterado en su forma general desde la época, éste consiste en 4 etapas: generación, distribución, reparto modal y asignación de viajes. Para implementar el modelo de cuatro etapas, es

necesario iniciar considerando una zonificación y un sistema de redes, también se debe contar con información del año base acerca de características socioeconómicas de la población y usos de suelo de las zonas involucradas (Ortúzar & Willumsen, 2008). Posteriormente, estos datos se emplean como variables independientes de la función de demanda, para la estimación de los viajes producidos y atraídos por cada zona, a lo cual se le denomina generación de viajes. Una vez se cuenta con los modelos de generación, el siguiente paso es distribuir los viajes en el espacio, dando lugar a lo denominado como matriz origen-destino; el paso siguiente en el modelo, comprende la elección de los modos, en la cual se distribuyen los viajes en los diferentes modos disponibles. Por último, la asignación de los viajes de cada modo a su red y la elección de la ruta a seguir.

3.1.1 Reparto modal

Durante la etapa de partición modal o reparto modal, se divide la matriz origen destino, obtenida durante la segunda etapa del modelo de cuatro etapas de transporte, en tantas matrices como modos disponibles existan para los usuarios de la zona de estudio (Ministerios de transportes y Comunicaciones, 2010). La primera generación de estos modelos o modelos agregados fueron empleados hasta finales de los años setenta; la segunda generación de modelos o modelos desagregados, empleados desde los años ochenta, permiten evaluación individual o con mayor desagregación que los primeros, favoreciendo la mayor comprensión de los comportamientos del viaje, el estudio de proyectos y políticas.

Acerca de los factores que influyen en el reparto modal, Ortúzar & Willumsen, (2008) apuntan a que, en general, corresponden a características propias de: el viaje (propósito y periodo); el individuo (características socio-económicas y psicológicas, de acuerdo con Córdoba, González, & Posada, (2011) y de los modos disponibles; para este último, tal como lo describe Lancaster, (1966) “la utilidad se deriva de las características de los bienes y no de los bienes per se”, para lo cual el individuo tomará en cuenta características subjetivas de los modos como la comodidad y/o conveniencia; la confiabilidad y regularidad; la protección y seguridad ciudadana, de acuerdo con lo establecido por Ortúzar & Willumsen, (2008).

3.1.2 Modelos de elección discreta

En el campo de la economía, y más en concreto de la microeconomía, se han desarrollado los modelos de elección discreta (DCM), partiendo generalmente de la base de la maximización de la utilidad aleatoria (RUM), que supone individuos plenamente racionales e informados (Orro, 2005). Sin embargo, se asume que el analista cuenta con información incompleta, y por tanto, se deberá tomar en cuenta la incertidumbre (Ben-akiva & Bierlaire, 1999). Manski, (1977) identifica cuatro diferentes fuentes de error: los primeros debidos a atributos inobservados de las alternativas, como segunda fuente de posibles errores presenta las características inobservadas del individuo, continua después con los errores en las mediciones y por último presenta las variables proxi o instrumentales (citado en Ben-akiva & Bierlaire, 1999, p. 5)

En transporte, los modelos de elección discreta estudian la elección de alternativa de transporte de los individuos frente a un conjunto finito de posibilidades (Ortúzar & Willumsen, 2008). Los modelos presentan la probabilidad de elección de un modo en función de las características del individuo y atractividad debida a las características propias de cada una de las alternativas disponibles para este individuo. Para representar estas características se define una función de utilidad U, según la cual el individuo elegirá la alternativa que represente una mayor utilidad. Buscando representar su incertidumbre, la utilidad es modelada como una variable aleatoria, de esta forma, un individuo n, elegirá una alternativa i dentro del conjunto de posibles alternativas An y su utilidad estará dada por la ecuación (3.1).

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \tag{3.1}$$

Con V_{in} como componente determinística y ε_{in} como componente estocástica, entonces, de acuerdo a Ben-akiva & Bierlaire, (1999), la probabilidad de que un individuo n elija la alternativa i corresponde a lo establecido en la ecuación (3.2):

$$P\ (i|An) = P\left[U_{in} = \underset{a \in An}{Max}\ U_{an}\ \right] \tag{3.2}$$

Existe una gran variedad de modelos de elección discreta disponibles para su aplicación en el campo del transporte derivados del término aleatorio de la utilidad, éstos se clasifican

de acuerdo al tipo de distribución de probabilidad como Probit y logit. Los primeros emplean una distribución normal y son, en general, más complejos por lo cual han sido menos empleados, aunque presentan bondades como la posibilidad de captar correlaciones entre alternativas. Por otro lado, la familia de modelos logit, provenientes del Logit binario y considerados más sencillos en sus inicios, emplean distribución logística y han sido más ampliamente empleados en la modelación del transporte que los primeros, avanzando hasta alcanzar niveles de complejidad equiparables a los modelos Probit, con lo cual actualmente permiten considerar, entre otros aspectos, las correlaciones entre alternativas mediante especificaciones avanzadas. En adelante se presentarán algunos de los modelos más ampliamente utilizados en el transporte.

Modelo Logit Multinomial

Los Modelos Logit Multinomiales (MNL), provenientes de la generalización del modelo Logit binario, el cual toma en cuenta únicamente dos alternativas, permiten incluir múltiples alternativas dentro del conjunto de elección. Estos son los modelos de elección discreta más ampliamente utilizados en la modelación de la demanda de transporte; y asumen términos de error independientes e idénticamente distribuidos (iid), empleando una distribución Gumbel con parámetro de localización cero (Orro, 2005).

Orro, (2005) presenta algunas de las limitaciones del modelo logit simple o estandar, entre las cuales se encuentra, que el modelo no admite correlación de las observaciones y que este tipo de modelos no admite diferencias en la variabilidad de la evaluación de la utilidad para las diferentes alternativas o individuos.

Modelo Logit Multinomial con parámetros aleatorios

De acuerdo con la investigación realizada por Jorge E. Córdoba, (2007), en su análisis del estudio realizado por McFadden D & Train K, (2000), los Modelos Logit multinomiales con parámetros aleatorios son funciones altamente flexibles que pueden aproximar cualquier modelo de utilidad aleatoria. En este modelo los factores no observados se dividen en una parte que contiene la posible correlación y heteroscedasticidad y otra parte que es Gumbel iid, La primera parte puede seguir cualquier distribución, incluso las no normales (Orro, 2005). Entre sus ventajas se encuentra que, al igual que el Multinomial Probit (MNP), estos modelos resuelven las limitaciones del logit estándar permitiendo incluir correlación entre

alternativas, correlación entre observaciones, heterocedasticidad entre alternativas y heterocedasticidad entre observaciones; aunque no están restringidos a distribuciones normales como los MNP, su derivación es directa, y son computacionalmente más simple que en el caso de los MNP como menciona Córdoba, (2007).

Para la modelación de la elección ART/Bus, el modelo Logit Mixto proporciona un marco de modelación adecuado para considerar las variaciones aleatorias en los gustos de los encuestados, la correlación de factores no observables, así como la heterogeneidad de los usuarios. Dado que cada encuestado se enfrenta a múltiples escenarios de SP, se necesitan datos de panel para capturar adecuadamente la heterogeneidad no observada del encuestado.

Tomando como base el trabajo de Train, (2009) se presenta la ecuación (3.3) la cual muestra la utilidad U de seleccionar la alternativa i para el caso n por el usuario t, donde β' es un vector de parámetros estimables, X_{nit} es un vector de variables explicativas y ε_{nit} es un término aleatorio independiente entre los usuarios.

$$U_{ni} = \beta' X_{nit} + \varepsilon_{nit} \tag{3.3}$$

La probabilidad $L_{ni}(\beta)$ de seleccionar la alternativa i en el caso n condicional en β se da en la ecuación (3.4), como la productoria de logit individuales, donde T es el número total de encuestas en la muestra.

$$L_{ni}(\beta) = \prod_{t=1}^{T} \frac{e^{\beta' X_{nit}}}{\sum_j e^{\beta' X_{njt}}} \tag{3.4}$$

La ecuación (3.5) muestra la probabilidad como la integral del producto $L_{ni}(\beta)$ sobre todos los valores de β, con $f\ (\beta)$ como su función de densidad continua.

$$P_{ni} = \int L_{ni}(\beta) f(\beta) d(\beta) \tag{3.5}$$

Las elasticidades (E) se encuentran dadas por ecuación (3.6), estas se entienden como el cambio porcentual en la probabilidad P_{ni} para la alternativa i debido a un cambio de 1% en la variable continua x para la alternativa j.

$$E_{nix_{nj}} = \frac{x_{nj}}{P_{ni}} \int \beta^m L_{nj}(\beta) \left[\frac{L_{ni}(\beta)}{P_{ni}}\right] f(\beta) d\beta \tag{3.6}$$

Los efectos marginales (ME), presentados en la ecuación (3.7), describen el cambio promedio en la probabilidad P_i debidos a un cambio unitario en la variable dummy x_{nit}.

$$ME_{x_{nit}}^{\mathrm{P_i}} = \frac{\delta P_i}{\delta x_{nit}} \tag{3.7}$$

3.2 Encuestas de preferencias reveladas (PR), declaradas (PD) y preferencias automáticas (PA)

Para la modelación del transporte es necesario disponer de datos acerca de los individuos que se desea analizar y modelar, para este fin se han desarrollado encuestas que pretenden obtener información acerca de las características de los individuos, su comportamiento y elección de este mismo individuo en torno a las diferentes variables apreciables en torno al transporte. En este contexto Fajardo & Gómez, (2008) explican que los modelos de demanda de transporte se enmarcan en los enfoques de preferencias reveladas y declaras o una combinación de ambas.

“Las encuestas de preferencias reveladas (PR), permiten conocer información acerca de las elecciones y decisiones observadas” (Ortúzar & Willumsen, 2008), aunque no permiten obtener información acerca de atributos poco observables o alternativas nuevas.

Las encuestas de preferencias declaradas (PD) plantean situaciones hipotéticas, que “pueden comprender una gama de atributos y condiciones mayor que las del sistema real” (Ortúzar & Willumsen, 2008) y, según Espino, Ortúzar, & Román, (2004) con lo que, en general, permite resolver algunos problemas que presentan las encuestas PR, presentando las siguientes ventajas:

- Son susceptibles de ampliar el rango de variación hasta el nivel que exista un real compromiso entre las alternativas.

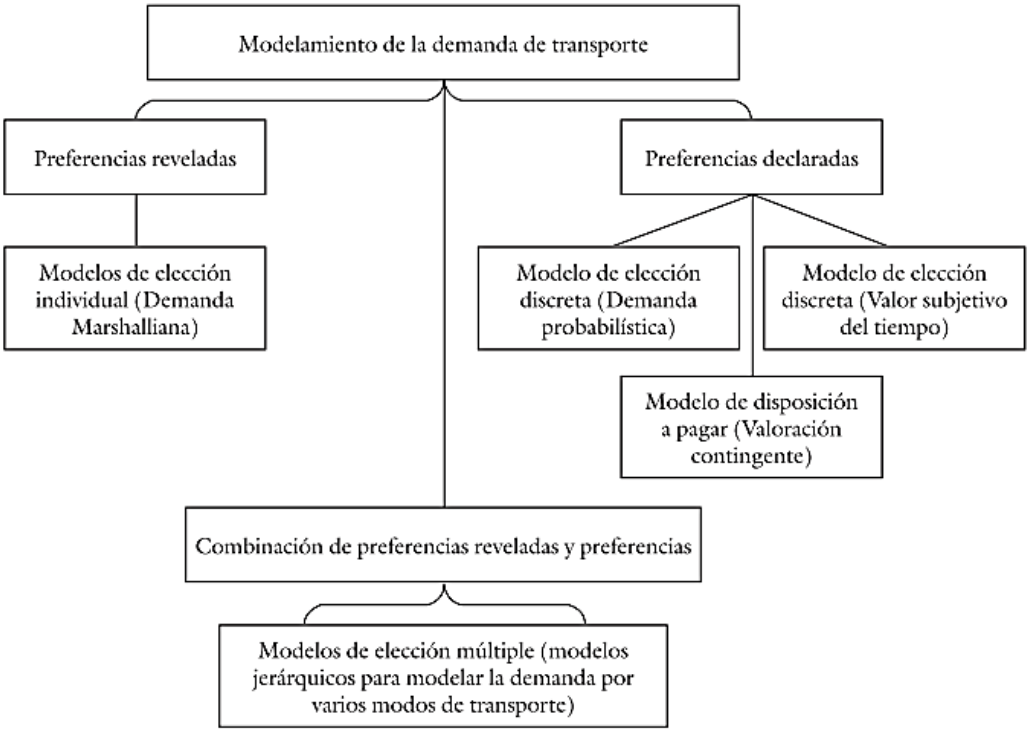
- Permiten evitar la correlación entre variables durante la construcción de escenarios.

- Es posible incorporar tanto atributos como alternativas no disponibles

- Permite aislar el efecto de un determinado atributo, a la vez que también permite considerar variables latentes, entre otras.

La Figura 3-1 presenta los dos enfoques para la toma de datos en los cuales se enmarcan los modelos de elección discreta, tal como se describió anteriormente, esto es, basados en encuestas de preferencias reveladas, declaradas o una combinación de ambas.

Figura 3-1: Encuestas para modelación de la demanda de transporte



Fuente: (Mendieta & Perdomo, 2008), citado en Fajardo & Gómez, (2008)

En la literatura se encuentra un tercer tipo de encuestas, las cuales reciben el nombre de encuestas de preferencias automáticas PA, estas, tal como menciona Arbeláez, (2015), hacen referencia a la inclinación de elegir de manera automática un objeto debido a una conexión entre el subconsciente del individuo y un constructo positivo del objeto en cuestión, este tipo de técnica presenta una gran ventaja sobre las técnicas de PD Y PR vistas anteriormente, la cual corresponde a la dificultad del encuestado de manipular la respuesta. Córdoba, (2014) presenta una metodología para emplear estas preferencias en modelos de elección discreta, específicamente en modelos destinados a la elección de un modo de transporte.

3.3 Congestión en el transporte público

Gracias al crecimiento de las grandes urbes y la extensión y densidad de los asentamientos urbanos alrededor del mundo, muchas ciudades han volcado su atención hacia el transporte público, generando políticas y estrategias para incentivar el transporte público y desincentivar el transporte privado; sin embargo estas políticas han tenido como resultado el crecimiento en la demanda de viajes en el transporte público derivando en sistemas con demandas que desbordan la capacidad de los modos disponibles y que repercuten en un detrimento en los niveles de servicio y deseo de uso de los viajeros. Tales razones han llevado a un creciente interés en estudiar el fenómeno de la congestión del transporte público en ciudades alrededor del mundo, por lo cual se han destinado grandes fondos resultando en una cantidad significativa de investigaciones alrededor de estos temas.

Uno de los principales aspectos estudiados es la congestión en el transporte público como un problema de asignación. Fu, Liu, & Hess, (2012) realizan una revisión detallada de la literatura en torno a este tema, presentando los diferentes modelos de asignación y enfoques empleados en cada uno de ellos. Sin embargo, en cuanto a lo concerniente a este estudio, es necesario considerar la congestión desde un punto de vista de elección modal, tomando en cuenta que los usuarios de Metrocable afrontan el problema de la congestión en el sistema sin contar con líneas alternativas del mismo modo por lo cual se enfrentan a un problema de elección modal en la que deberán tomar en cuenta las diferentes características de cada una de las alternativas disponibles en su proceso de decisión.

Algunos estudios como los realizados por Batarce, Muñoz, & Ortúzar, (2016); Douglas & Karpouzis, (2005 y 2006); Haywood, Koning, & Monchambert, (2017) yTirachini, Hensher, & Rose, (2013), se han centrado en este aspecto que es el enfoque seguido en este estudio.

La mayoría de los enfoques basados en elección de modo (Batarce et al., 2016; Douglas & Karpouzis, 2005, 2006; Haywood et al., 2017; Tirachini et al., 2013) emplean técnicas de recolección de datos que incluyen encuestas de SP, con las cuales logran una mayor comprensión de la congestión del transporte público con la inclusión de escenarios hipotéticos que permiten la evaluación de la elección de un mismo usuario frente a diferentes escenarios deseados por los modeladores. Otros estudios (de Palma, Lindsey, & Monchambert, 2017; Li & Hensher, 2011; Wardman & Whelan, 2011) utilizan encuestas SP para el análisis de elección de modo bajo escenarios de elección hipotéticos. El trabajo actual emplea encuestas SP para comprender la elección del modo y el impacto de algunas variables relacionadas con la congestión en la elección de un ART.

Douglas & Karpouzis, (2005 y 2006) presentan estudios realizados en Sídney, Australia, para comprender los efectos de congestión en el Metro. Para esto se basan en resultados de encuestas para incluir la valoración de la congestión, tomando en cuenta el hacinamiento tanto en la estación como dentro de los vehículos, para realizar un análisis de costo/beneficio a partir de resultados de modelos de elección discreta.

Otro ejemplo del uso de modelos de utilidad para estudiar la congestión en el transporte público, es la investigación desarrollada por Haywood, Koning, & Monchambert, (2017) para la ciudad de París, Francia; en el cual analizan cómo usuarios enfrentados a diferentes niveles de congestión en los vehículos perciben la comodidad en su viaje, empleando una escalas para medir la incomodidad de los usuarios frente a aspectos como la cercanía con otros pasajeros, encontrarse de pie, olores, pérdidas de tiempo, ocurrencia de accidentes o atracos e imposibilidad de realizar otras actividades durante el viaje.

Un estudio similar a los desarrollados por Douglas & Karpouzis, (2005 y 2006), es la investigación de Batarce, Muñoz, & Ortúzar, (2016), en la cual analizan la congestión desde el punto de vista de la valoración de la densidad de pasajeros dentro de los vehículos de transporte público, sus implicaciones en la estimación de la demanda y en los análisis

de costo-beneficio de las alternativas. La investigación emplea encuestas con imágenes de diferentes niveles de aglomeración en los autobuses a las cuales agrega algunas características operacionales, permitiendo de esta manera capturar los efectos en diferentes tecnologías de transporte público como BRT y Metro. Como resultado, esta investigación modela la interacción entre la densidad de pasajeros y el tiempo de viaje, señala que el nivel de hacinamiento dentro de los vehículos tiene un efecto significativo sobre la utilidad y ofrece conclusiones sobre el impacto de incluir el hacinamiento en los análisis de costo-beneficio.

3.3.1Valor del tiempo

El tiempo cronológico es una referencia patrón que no necesariamente coincide con la forma en que cada uno de nosotros lo captura (Jara-Diaz, 1999). Diversos estudios tendientes a analizar los factores que presentan una mayor influencia en las diferencias de percepción de los tiempos de viaje, han encontrado que la hora en la cual se realiza el viaje, propósito, longitud del viaje, ingreso, son algunas de las variables que influyen en mayor medida en las fluctuaciones de la percepción, por ejemplo, se ha evidenciado que en situaciones de congestión los individuos tienden a contar con un Valor Subjetivo del Tiempo – VST más bajo.

Según describe Jara-Diaz, (1999), los individuos tienden a percibir de distinta forma los tiempos relativos a cada una de las etapas de sus viajes. La diferente valoración de los tiempos de espera o de movimiento en un vehículo, tiene su base en fenómenos de subestimación y sobreestimación debida a factores externos al tiempo transcurrido, considerando que la espera es un intervalo vacío separado del término esperado y que el viaje está activamente ligado al fin, mientras que, *el acceso*, ligado a caminatas corresponde a un trabajo, en general indeseado, en tanto que *el viaje* permite realizar otras acciones potencialmente placenteras.

En esta misma investigación hace referencia al valor del tiempo en términos microeconómicos, como un artefacto a través del cual se intenta captar el equivalente monetario de la disminución, en una unidad, del tiempo necesario para realizar una actividad. Cuando esta equivalencia captura la percepción individual, se habla del valor subjetivo del tiempo o disponibilidad a pagar.

Para estimar la disposición a pagar por ahorros en tiempo, es necesario medir el ahorro en tiempo frente al costo incurrido en durante el viaje. Esta disposición a pagar por la reducción de una unidad de tiempo se obtiene del resultado de la razón entre el coeficiente estimado para el tiempo de viaje y el coeficiente estimado del costo de viaje en la función de utilidad sistemática y se encuentra dada por la ecuación (3.8).

$$VST = \frac{|VMg_{tiempo}|}{-VMg_{costo}} = \frac{\beta_{tiempo}}{\beta_{costo}} \tag{3.8}$$

Para los modelos MNL este cálculo se realiza directamente empleando los parámetros β obtenidos para el tiempo y el costo; sin embargo, en el caso de los modelos con parámetros aleatorios, la comunidad científica no ha llegado a un consenso para la evaluación del VST en este tipo de modelos; considerando lo anterior (Sillano & Ortúzar, 2005), realizan un estudio acerca de las diferentes aproximaciones para obtener el valor subjetivo del tiempo en este tipo de modelos, en donde analizan para cada una sus ventajas y falencias.

En este estudio encuentran que, si bien el enfoque más simple, en el cual se emplean las medias del costo y el tiempo analizados, tiende a generar problemas en cuanto a la sobreestimación o subestimación del VST, enfoques más complejos como son el uso de la distribución log-normal o el enfoque de simulación presentados en el estudio, muestran problemas particulares, en el primero de los casos, mencionan que el uso de distribuciones log-normales no es recomendable debido a las largas colas, las cuales pueden llegar a distorsionar los resultados debido a cantidad de posibles valores tendientes a cero. Por otro lado, el uso de simulación, el cual consiste en la obtención de diferentes valores para los atributos evaluados de acuerdo con su distribución. Sin embargo, en el caso de presentarse dos variables con distribución normal, la relación entre ambas puede resultar en una distribución inestable.

3.4 Percepción del tiempo

El tiempo no es percibido de la misma forma por los individuos, diversas investigaciones se han encaminado en el estudio de la percepción del tiempo en humanos encontrando

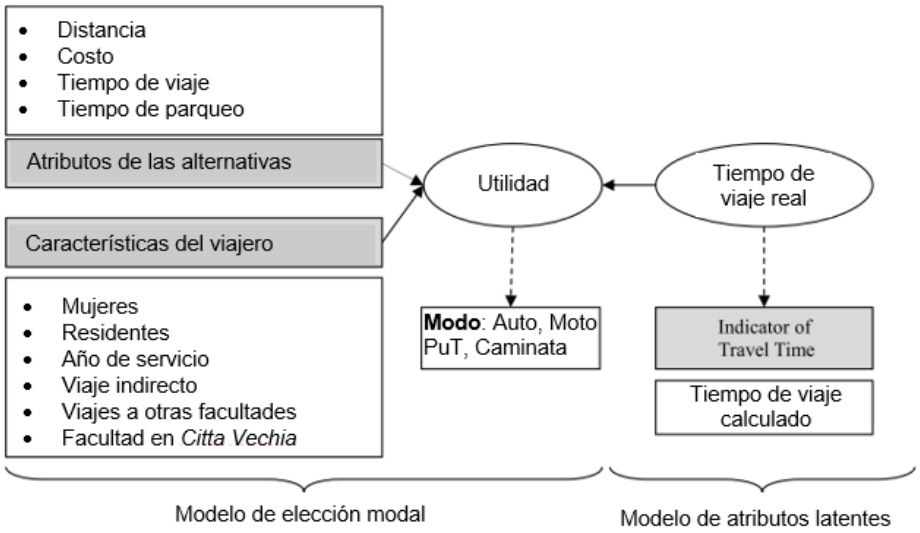
que las emociones, personalidad y otros aspectos del entorno tienen influencia en la percepción del tiempo.

De acuerdo con Allan (1979), quien revisó la literatura de percepción del tiempo en los años 70, los primeros intentos para evaluar la percepción del tiempo se realizaron bajo un tratamiento poco teórico, utilizando la percepción del tiempo de espera de encuestados como estimaciones directas de la duración percibida, la evolución de este tratamiento se logró con la inclusión de la escala de duración y discriminación de las duraciones. Algunas investigaciones más recientes como la realizada por Vasile, (2015) muestran cómo la mayoría los últimos estudios analizan la percepción del tiempo considerando enfoques como la neurociencia, consideraciones sociodemográficas o personalidad de los individuos.

En el transporte, el tiempo pocas veces ha sido analizado tomando en cuenta la percepción de los individuos, sin embargo, algunas investigaciones ha incluido la percepción del tiempo para estudiar los sesgos de su influencia en las decisiones de los usuarios, por ejemplo, Wan & Lo, (2005) emplean datos hipotéticos para evaluar los sesgos en el tiempo y la tarifa empleando modelos logit kernel, descubriendo que se presenta una mayor similitud entre las percepciones de usuarios de un mismo modo que entre usuarios de modos diferentes; otro hallazgo notable es que los viajeros consideran y aprovechan la información incierta de una manera optimista.

Buscando incluir el tiempo de viaje como variable latente y comparar el mismo con respecto a valores de tiempo de viaje medido de manera externa, Varotto, Glerum, Stathopoulos, Bierlaire, & Longo, (2015) estudian el tiempo de viaje y su influencia en la elección del modo, a partir de modelos de elección modal que emplean variable latente de tiempo de viaje, trabajando el mismo como una variable latente de percepción con el viaje reportado y el real (tiempo de viaje calculado mediante la simulación) como indicadores de un tiempo real de viaje inobservable (ver Figura 3-2). Si bien estos autores trabajan enfocándose en los autobuses y no consideran la percepción del tiempo de espera, este enfoque puede conducir a una posible dirección futura para modelar la percepción del tiempo de viaje en Metrocables.

Figura 3-2: Inclusión de tiempo de viaje en modelos de elección modal



Fuente: elaboración propia a partir de (Varotto et al., 2015)

Para obtener datos reales y percibidos de los tiempos a lo largo del viaje, Meng, Rau, & Mahardhika, (2017), recolectaron datos de encuestas realizadas mediante el acompañamiento de los viajeros, recopilando información sobre las características socioeconómicas, condiciones externas tales como el clima y datos revelados del viaje (datos provenientes de encuestas de preferencias reveladas), obteniendo así tiempos reales y percibidos de viaje, acceso y espera en diferentes etapas de los viajes. Valiéndose de regresiones lineales para estimar los tiempos de viaje, espera y caminata, la investigación apunta hacia la incidencia de las características socioeconómicas, del viaje y de las instalaciones.

Estudios específicos desarrollados en torno a la percepción del tiempo de espera en los viajes, como el desarrollado por Millonig, Sleszynski, & Ulm, (2012), utilizan la regresión logística para estudiar los tiempos de espera en las estaciones de autobús y ferrocarril, midiendo la influencia de las actividades realizadas durante la espera del vehículo en la percepción del tiempo. Un estudio similar al de Millonig, Sleszynski, & Ulm, (2012) es el de Fan, Guthrie, & Levinson, (2016) quienes también emplean regresiones lineales, con la diferencia que estos últimos se enfocan en la incidencia de las instalaciones en la percepción del tiempo.

Otra investigación que abarca el estudio de la incidencia de las características socioeconómicas sobre la percepción de los tiempos es la de Psarros, Kepaptsoglou, & Karlaftis, (2011), en él los investigadores miden el efecto de ciertos atributos del viaje y del individuo sobre el tiempo de espera percibido en las paradas de autobús utilizando modelos basados en riesgos. Por último se encuentran las investigaciones desarrolladas por Mishalani, Mccord, & Wirtz, (2006) y Watkins, Ferris, Borning, Rutherford, & Layton, (2011) los cuales han estudiado la influencia de la información en tiempo real sobre la percepción del tiempo de espera, empleando como supuesto principal que la información en tiempo real elimina los sesgos de percepción del tiempo del pasajero.

Dentro de la anterior revisión de la literatura sobre la percepción del tiempo se encuentra como primer aspecto relevante, lo que se ha desarrollado el tema en torno al transporte, más aun, sólo se encuentra en la literatura un estudio que abarque modelos de elección modal que empleen la percepción del tiempo como variable y a pesar de esto, el mismo únicamente toma en cuenta el tiempo de total de viaje, no el de espera. Por tal motivo se encuentra que en modos en los que se presenta congestión en el sistema, y en los cuales, como resultado de dicha congestión aumentan los tiempos de espera, es posible considerar que la percepción de los mismos juega un papel importante en la decisión de qué modo elegir para realizar un viaje, como es el caso del Metrocable.

3.5 Cables aéreos

A pesar de ser uno de los modos de transporte más antiguos como se ha visto en la sección de introducción, se encuentra poca literatura que estudie el transporte mediante cables aéreos. En conjunto, muchos estudios acerca de este tipo de transporte, se enfocan en su historia, al igual que en sus características operativas y funcionales. Sin embargo no es el objetivo de esta sección ahondar demasiado en estos aspectos, que ya han sido tratados previamente, por lo que únicamente se mencionan algunos de los estudios realizados. Por el contrario este apartado pretende contextualizar en otros temas críticos del transporte por cable aéreo como son: estudios del impacto social de los cables, estudios sobre el impacto de estos modos en la accesibilidad, análisis de factibilidad y por último elección modal de estas tecnologías.

Neumann, (1992) es uno de los primeros acercamientos para señalar la importancia de los sistemas ART en un contexto urbano, éste estudia las tecnologías disponibles para ART, su desempeño general y capacidades; por su parte Oliveira & Andrade, (2017) y Queen, (2016) comparan diferentes sistemas de transporte público, incluido ART, para destacar sus ventajas y desventajas en diferentes entornos de aplicación. Otras investigaciones como las de B. Alshalalfah, Shalaby, Dale, et al., (2012); Bergerhoff & Seilbahnen, (2017); Tezak, Sever, & Lep,(2016) se centran en las posibilidades que ofrecen los ART para resolver las necesidades de transporte público. B. Alshalalfah et al., (2012) y Bergerhoff & Seilbahnen, (2017) revisaron diferentes estudios de caso de teleféricos urbanos revelando ventajas, desventajas y posibilidades de aplicación, mientras que (Tezak et al., 2016) proporciona posibles soluciones para aumentar la capacidad del sistema al implementar múltiples plataformas en sistemas ART. Dado que las tecnologías ART no están bien establecidas en Europa, Reichenbach & Puhe, (2017) consideran una perspectiva multidimensional realizando un análisis acerca de los desafíos que rodean una posible implementación de ART en Alemania

3.5.1 Estudios de accesibilidad en sistemas ART

Debido al gran potencial que representan los sistemas ART para las zonas con dificultad de accesibilidad, tal como mencionan Heinrichs & Bernet, (2014), el mayor potencial de los teleféricos se ve en el aumento significativo de la accesibilidad entre estos asentamientos y otros lugares dentro de las zonas urbanas. Tal es que los sistemas ART han llegado a posicionarse en pocos años, luego de su primera implementación como parte de un sistema de transporte masivo en un contexto urbano en 2004, como una de las opciones más favorecidas para zonas con dificultades de acceso.

En la literatura se encuentran algunos estudios que abarcan temas de accesibilidad en torno a sistemas de cables aéreos. En La Paz, Bolivia, (Garsous et al., 2017) realiza una comparación entre los tiempos de viaje para un grupo de usuarios de cable con un grupo que denomina usuarios de control, compuestos de usuarios que no emplean el cable como modo de transporte principal; la investigación encuentra una reducción del 22% de los tiempos de viaje para los usuarios de cable en comparación con los tiempos de viaje de los usuarios de control. Por otro lado Escobar et al., (2015) se basa en simulaciones,

analizando la accesibilidad para estudiar el problema de baja demanda asociado con el sistema de ART urbano en Manizales, Colombia.

Debido a que el sistema de cable aéreo de Medellín se considera el primer cable aéreo urbano en ser empleado como parte de un sistema masivo de transporte ha sido foco de atención de varios estudios de accesibilidad, los cuales han desarrollado estudios similares en el área de influencia de la línea K de Medellín como es el caso de Heinrichs & Bernet, (2012) y Heinrichs y Bernet, (2014). En el primer estudio analizan cómo el Metrocable afecta la accesibilidad de los residentes, mientras que en el segundo analizan la accesibilidad de usuarios de género femenino mediante información de encuestas de origen-destino y datos de entrevistas personalizadas.

3.5.2 Estudios de factibilidad en sistemas ART

La mayoría de los estudios de factibilidad desarrollados en los cables han sido realizados por agencias gubernamentales o consultores para estudiar la posibilidad de implementar sistemas ART, en general estos estudios se han realizado en modelos de transporte y no toman en cuenta la congestión en las estaciones o en las cabinas como aspectos importantes en la elección de los usuarios (Ministerios de transportes y Comunicaciones, 2010) o como el caso de la ciudad de la Meca, Arabia Saudita; en la cual, para establecer la posible demanda del sistema, el estudio se basó, en ausencia de información y datos de encuestas, en un estimativo de viajes realizado por expertos tomando en consideración los días atípicos, de peregrinaciones y el Haram (B. Alshalalfah, Shalaby, & Othman, 2012).

A pesar de contar con alrededor de 170 sistemas construidos en el mundo, es poca la literatura disponible en acerca de estudios de factibilidad realizados que contemplen sistemas ART, B. Alshalalfah, Shalaby, & Othman, (2012), Cottrell et al., (2010) y Mbereyaho et al., (2018) han realizado este tipo de estudios analizando diferentes aspectos detallados a continuación.

Mbereyaho et al., (2018) se centra en cómo establecer los cables aéreos como una solución alternativa a los sistemas de transporte público congestionados de la ciudad de Kigali, Ruanda, en este la estimación de la demanda de se basa en encuestas donde se

preguntó a los encuestados sobre su nivel de aceptación para la opción de teleférico empleando una escala de tres niveles de validación (acepta a los cables aéreo como posible modo de transporte / no se encuentra totalmente convencido / rechaza a los cables aéreo como posible modo de transporte), con lo cual basado en estadísticas descriptivas de los resultados de aceptación del nuevo modo se realiza la estimación de la demanda.

Empleando un enfoque basado en las estadísticas descriptivas Cottrell et al., (2010) estudia la viabilidad de implementar un teleférico de pasajeros en el campus mediante una encuesta de preferencias declaradas, con la cual establece el porcentaje de usuarios potenciales que desean utilizar el teleférico, estimando así el número real de pasajeros con base en el número de viajes realizados por día en las diferentes zonas analizadas.

En el caso de la ciudad de La Meca, Arabia Saudita, el análisis de factibilidad realizado para introducir el servicio ART en la ciudad y dada la falta de información referente a los viajes de los habitantes y la ausencia de transporte público, se toman como base los datos obtenidos de manera empírica mediante entrevistas con expertos en planificación y transporte locales.

En la mayor parte de los estudios de factibilidad presentados anteriormente, se encuentra que los mismos dedican gran parte de su atención a establecer el tipo de sistema óptimo a implementar careciendo de una estimación de demanda igualmente rigurosa. Enfocándose en las tecnologías disponibles; dificultades en implementación ventajas y desventajas operativas, entre otros; a pesar de esto, sin desconocer la importancia de implementar el sistema adecuado para las características especiales de la zona de implementación, es requisito también que los estudios de demanda asociados a la misma sean lo más certeros posible a la hora de predecir la demanda con la cual se establecerá la viabilidad de la implementación, en especial en sistemas de transporte que requieran un autosostenimiento en su operación.

3.5.3 Modelos econométricos empleados para sistemas ART

Como en la mayoría de los aspectos que rodean a los cables aéreos, se encuentra poca literatura abarcando modelos econométricos que involucren sistemas de teleféricos, bien

sea en ambientes urbanos o rurales, estos estudios previos realizados para ART como los desarrollados por J. Dávila et al., (2013); Hofer et al., (2016); Orsi & Geneletti, (2014, 2016)

Hofer et al., (2016) desarrollan un estudio para el teleférico aéreo localizado en Graz, Austria, donde la demanda se estima mediante una función de utilidad incluyendo variables tales como: tiempo de viaje, tiempo de acceso y egreso, y frecuencia del servicio. Desafortunadamente el modelo no incluye características del modelo y tampoco contempla el tiempo de espera en fila para abordar cabinas, o cualquier otro tiempo de espera asociado al modo, que es crítico para las ART debido a su propensión natural a la formación de colas. Los resultados de este modelo pueden ser aplicables en casos donde la demanda no alcanza o supera la capacidad del sistema.

Orsi & Geneletti, (2014) desarrollan un estudio para una elección modal en un teleférico con propósito turístico, en una zona alpina, la elección modal planteada cubre sistemas de transporte alternativos como teleféricos y telesillas contra modos más convencionales como buses y vehículo privado; para la modelación la investigación se basa en un modelo Logit Anidado o NL para considerar la congestión en la estación y en la cabina. Posteriormente, los mismos autores (Orsi & Geneletti, 2016) utilizan modelos basados en agentes para estimar la demanda considerando un proceso de simulación empleando los modelos previamente desarrollados en el estudio (Orsi & Geneletti, 2014), para lo cual se basan en modelos de simulación en agentes creados en NetLogo, donde mediante un proceso de decisión multinivel, el modelo evalúa las interacciones y elecciones de los agentes. Ambos estudios abordan las colas de los teleféricos y autobuses en función de la percepción del tiempo del usuario homogéneo. Aunque tal supuesto podría ser cierto para fines turísticos (no se espera que los tiempos de espera sean cercanos o superiores al tiempo real de viaje), ambos modelos carecen de la inclusión de información socioeconómica. Aunque los atributos socioeconómicos pueden no ser cruciales para la elección modal en lugares turísticos, son fundamentales en contextos urbanos. Además, estos trabajos no consideran los gustos aleatorios de la población. La investigación actual se desarrolla en un contexto urbano, emplea atributos socioeconómicos para comprender la demanda de ART y considera la heterogeneidad del usuario en la selección de modo.

Por último se presenta la que es quizás la investigación más compleja realizada hasta el momento entorno a teleféricos urbanos, Dávila et al., (2013) utilizan modelos econométricos con variables latentes para establecer la relevancia de los aspectos socioeconómicos no medibles de Metrocable, como la seguridad y la comodidad en la elección entre modos competidores Bus y Metrocable. Sus modelos proporcionan información relevante sobre las variables más importantes para la elección del modo Metrocable y además abordan la percepción de comodidad y seguridad en la conveniencia de modo ya que el sistema de Metro es bien conocido por proporcionar niveles de calidad superiores a la media para estos aspectos buscando aspectos relevantes entre en estas percepciones y la elección modal. Un aspecto más importante -muy influido por la percepción- es el tiempo de espera en cola, y como se ha visto en el capítulo 3.3.1 este puede ser cuantificado de manera diferente por diferentes individuos e incluso por un individuo en diferentes situaciones. La importancia de la inclusión de la percepción del tiempo de espera en la elección del Metrocable radica en que éste se ve agravado por las condiciones únicas de las colas de Metrocable, las cuales logran superar incluso el tiempo de permanencia de los usuarios al interior del sistema durante su viaje posterior; por tal motivo esta tesis plantea la consideración de la influencia de esta variable dentro de la elección de modo cuando se trata de cables. La percepción del tiempo de espera se aborda adecuadamente en la investigación actual.

Otro factor diferenciador del presente trabajo es el desarrollo de un modelo MNL con un parámetro aleatorio que supera la limitación del modelo MNL de parámetros fijos y su insuficiencia para capturar la heterogeneidad de los usuarios.

En resumen, varias limitaciones se encuentran en investigaciones previas sobre sistemas ART. Los estudios de viabilidad normalmente se basan en modelos empíricos o no adaptados que no describen las características específicas de este tipo de sistemas. Aunque se han desarrollado pocos modelos para la estimación de la demanda de sistemas ART, aquellos para contextos urbanos son escasos o inexistentes. Ninguna investigación previa ha intentado incluir el tiempo como una variable de percepción para la elección del modo en los ART. Finalmente, no se ha desarrollado un modelo econométrico para la elección del modo ART que permita reducir los errores de especificación e incorporar la percepción heterogénea del usuario.

Con base en estas conclusiones, las principales contribuciones de esta tesis son: (i) desarrollar un modelo para la elección del modo ART / Bus en un contexto urbano, (ii) incluir el tiempo como una variable de percepción, (iii) emplear modelos econométricos avanzados como el MNL con parámetros aleatorios para capturar la heterogeneidad de los usuarios en modelos de elección de cable, y (iv) transferir experiencias valiosas a los investigadores que abordan estudios de ART similares.

Variables en los modelos de elección que contemplan ART

La Tabla 3-1 resume y categoriza las variables explicativas clave utilizadas en los modelos ART. La primera columna describe la variable. La segunda columna cuenta la cantidad de trabajos relacionados con cada variable. Finalmente, la tercera columna proporciona la cita correspondiente.

Tabla 3-1: Variables empleadas en modelos econométricos para sistemas ART

Variable	Veces que se ha empleado	Referencias[1]
Género	1	(J. Dávila et al., 2013)
Edad	2	(J. Dávila et al., 2013; Hofer et al., 2016)
Nivel de empleo	1	*(Hofer et al., 2016)*
Tenencia de vehículo	1	*(Hofer et al., 2016)*
Tiempo de espera	1	(J. Dávila et al., 2013)
Tiempo de viaje	2	(J. Dávila et al., 2013; Hofer et al., 2016)
Tiempo de acceso/ salida	2	(J. Dávila et al., 2013; Hofer et al., 2016)
Tiempo de transferencia	2	(J. Dávila et al., 2013; Hofer et al., 2016)
Tarifa	4	(J. Dávila et al., 2013; Hofer et al., 2016; Orsi & Geneletti, 2014, 2016)
Conveniencia	2	*(Orsi & Geneletti, 2014, 2016)*
Accesibilidad	2	*(Orsi & Geneletti, 2014, 2016)*
Congestión	2	*(Orsi & Geneletti, 2014, 2016)*
Seguridad	1	(J. Dávila et al., 2013)
Comodidad	1	(J. Dávila et al., 2013)
Propósito	1	(Hofer et al., 2016)

Fuente: elaboración propia, [1]

La siguiente sección resume el proceso de recopilación de datos realizado a través de encuestas SP para apoyar el modelado de elección discreta. Del mismo modo, proporciona estadísticas de resumen sobre las variables seleccionadas.

4. Recolección de información y diseño de experimento

El diseño experimental en el que se basa la presente investigación es el presentado en Kocur, Adler, Hyman, & Bruce, (1982), el cual presenta una serie de componentes para contar con un exitoso diseño de experimentos basados en la evaluación de la utilidad DUA por sus siglas en inglés, la cual consiste en una técnica para evaluar los efectos en el comportamiento del consumidor bajo cambios en las políticas, obteniendo las preferencias a través de una serie de situaciones que se presentan ante el encuestado, el cual deberá responder su elección en cada una.

En el siguiente capítulo se presentará la metodología empleada en la investigación, detallando el proceso seguido para la recolección de información dadas las necesidades específicas del experimento planteado; además de esto, se presenta la caracterización socioeconómica tanto de la población objetivo como de la muestra recolectada.

4.1 Metodología propuesta para el diseño de encuesta

Como se mencionó anteriormente esta investigación sigue la metodología propuesta en Kocur et al., (1982), en la cual se propone la realización de grupos focales, encuestas piloto y un reprocesamiento de las encuestas, para finalmente generar las encuestas definitivas que serán administradas a los encuestados y que servirán como insumo para la investigación.

Para conseguir la información deseada, se presenta ante los encuestados una serie de situaciones hipotéticas en escenarios de elección entre el Metrocable y el bus, también llamadas encuestas de preferencias declaradas o SP, por último, se solicita la información socioeconómica de los encuestados.

Para lograr la recolección de la información acerca de los tiempos de espera percibidos, es necesario tomar en consideración que las encuestas deben ser llevadas a cabo in situ, de forma que se obtenga la información específica de la percepción. Estos temas se desarrollarán más adelante en esta sección.

4.1.1 Grupo Focal

Se reúne un conjunto de usuarios de bus y de cable residentes de la zona de influencia del Metrocable, a través de líderes sociales de la zona que apoyan el trabajo de convocar a los participantes. Un total de 14 individuos residentes de la comuna, son convocados para la realización del grupo, superando a la cantidad propuesta por la metodología planteada por Kocur et al., (1982) empleada en esta investigación, esto se realiza debido al ausentismo previsto, común en este tipo de convocatorias, para asegurar un grupo con el mínimo número de participantes.

Para el planteamiento de la guía de preguntas asociadas al grupo focal, se emplean las variables encontradas durante la revisión de la literatura, tales como tiempos de viaje, tarifa, tiempos de espera entre otras, alrededor de las cuales se desarrollan las preguntas que son realizadas a los participantes en forma de conversatorio durante el desarrollo del grupo focal.

Figura 4-1: Grupos focales registro fotográfico

Fuente: imagen propia

El grupo se desarrolló el día sábado 7 de abril a las 2:00 pm (Figura 4-1) en éste participa un total de 13 personas, quienes arriban a la sede social de la fundación convivamos, la cual presta sus instalaciones para el desarrollo del grupo. Se desarrolla el conversatorio que comprende las preguntas del grupo focal, la transcripción del mismo se encuentra en el Anexo 1.

Como resultados principales del grupo se encuentra la importancia de variables como tiempos de espera y clima, además de las variables convencionalmente empleadas en la modelación de estos sistemas como tarifa y tiempo de viaje, otro aspecto relevante producto del grupo focal consistió en constatar que los residentes comprendían las preguntas del cuestionario sin necesidad de asistencia del personal de apoyo.

4.1.2 Encuesta piloto

Como primera medida, para el desarrollo de la encuesta piloto, se estableció a partir de la revisión de la literatura las variables más importantes tomadas en cuenta en la modelación de los cables aéreos, considerando también los resultados arrojados por el grupo focal.

A pesar de que las encuestas de preferencias declaradas SP se basan en escenarios hipotéticos, estas deben contar con valores realistas para que los encuestados consideren los escenarios como posibles. Debido a esto se garantiza que los escenarios hipotéticos sean consistentes con los resultados de tiempos de viaje y costos provenientes de la encuesta origen destino del Valle de Aburrá (área metropolitana de la ciudad de Medellín) (Área metropolitana del Valle de Aburrá, 2012; Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2017), considerando que, en el caso del tiempo de viaje del modo cable este corresponde a un alimentador del Metro y que por tanto los tiempos de viaje del mismo se encuentran ligados a la totalidad del viaje realizado por los individuos en dicho modo. Además de los tiempos de espera y viaje se empelaron los valores actualizados de las tarifas para ambos modos. La selección de los valores de cada una de las variables es apoyada por observaciones directas sobre los sistemas para determinar su validez.

Una vez seleccionadas las variables y sus rangos de valores, se establecen los niveles de variación de cada una de las variables dando como resultado lo presentado en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1: Variables empleadas en encuestas de preferencias declaradas (SP)

Alternativas	Variables	Niveles de variación		
		Bajo	Medio	Alto
Bus (B)	Tiempo de espera (fila o paradero) **Te**	5	10	20
	Tiempo de viaje **Tv**	30	50	60
	Costo **C**	$ 1900	$ 2100	$ 2500
Metrocable (C)	Tiempo de espera (fila) **Te**	5	25	50
	Tiempo de viaje **Tv**	30	45	55
	Costo **C**	$ 1900	$ 2150	$ 2400

Fuente: elaboración propia

Para el diseño de la encuesta de preferencias declaradas y de acuerdo con la metodología antes mencionada, se toman en cuenta las 3 variables antes mencionadas (tiempo de espera, tiempo de viaje y tarifa/costo), cada una de las cuales presenta los tres niveles de variación presentados anteriormente en la Tabla 4-1, con lo cual el diseño seleccionado corresponde al plan experimental 16a, el cual emplea el plan maestro 3 columnas 1, 2, 4 (ver Tabla 4-2).

Tabla 4-2: Diseño de casos para encuesta de preferencias declaradas

Número total de variables	Cantidad de Variables /nivel	Niveles	Plan experimental	Plan maestro	Columnas	Diseño propuesto
3	3	3	16ª	3	1,2,4	MASTER PLAN 3: 9 trials 1234 5678 0000 0000 0112 0110 0221 0001 1011 1011 1120 1110 1202 1000 2022 0000 2101 0101 2210 0010

Fuente: elaboración propia a partir de (Kocur et al., 1982)

Como resultado, se obtienen nueve escenarios hipotéticos para la selección del modo Bus / Metrocable, estos se consolidan a manera de imágenes y en su parte inferior presentan los datos correspondientes de cada escenario, de esta manera se permite al encuestado visualizar los modos presentados durante las encuestas. La Figura 4-2 muestra un escenario de muestra de la encuesta SP presentada durante las encuestas.

Figura 4-2: Muestra de escenario SP presentado en la encuestas

Tiempo espera en fila	5 min
Tiempo de viaje	60 min
Costo viaje	$2,100
TIEMPO TOTAL	1 hr 5 min

Tiempo espera en fila	5 min
Tiempo de viaje	40 min
Costo viaje	$2,400
TIEMPO TOTAL	45 min

Fuente: elaboración propia

El formulario de encuesta inicial incluye los escenarios diseñados; preguntas relacionadas con el viaje realizado en el día típico previo a la ejecución de la encuesta con lo cual se pregunta acerca de tiempos de viaje, espera, transferencia, caminata, modo empleado para el viaje (bus, cable,), modos alternativos disponibles, hora de salida y llegada. Se incluyen adicionalmente preguntas sobre las características socioeconómicas del encuestado (edad, sexo, nivel de ingresos, ocupación y dirección aproximada del hogar); preguntas asociadas a la espera en la fila: tiempo percibido y actividad realizada en fila; se pregunta también acerca del clima y el motivo de viaje. Por último se adicionan dos valores asociados a la hora de llegada de los encuestados a la fila de espera y la hora de inicio del cuestionario realizado, los cuales son completados por el encuestador al iniciar la encuesta.

Para obtener la información de percepción se prepara además una pregunta que será realizada al inicio de la encuesta, en la que el encuestado responde acerca de cuánto tiempo considera haber esperado en la fila, para el mismo efecto se pregunta cuál ha sido la actividad que ha desarrollado durante su espera.

Durante la ejecución de las encuesta piloto (32 en total), se observa que las encuestas son suficientemente claras para ser contestadas por los encuestados, representando un nivel bajo de dificultad para contestar y analizar. Sin embargo, a pesar esto se encuentran dificultades en cuanto a los tiempos que tardan los encuestadores para completar las

encuestas, por tal motivo se plantean varios enfoques los cuales permitan la finalización de las encuestas durante el tiempo de espera en fila.

El primer y más importante aspecto de mejora es la reducción del tamaño del cuestionario, retirando preguntas que no se consideran necesarias para el cumplimiento de los objetivos de la investigación, como segunda medida se define que las encuestas serán realizadas en su totalidad de manera digital; además se reorganizan el cuestionario para que durante el desarrollo del mismo las preguntas sean efectuadas en un orden consecutivo de acuerdo con las diferentes etapas de los viajes en cada uno de los modos analizados. Otro aspecto analizado durante las encuestas piloto es en cuanto a la toma de los datos de percepción, en este caso se determina que el encuestador deberá completar las preguntas acerca del tiempo percibido de espera y la actividad que realizaba durante la misma, de manera previa al desarrollo del resto de la encuesta.

Como resultado del proceso, el cuestionario resultante cuenta con preguntas sobre: los escenarios diseñados, características socioeconómicas del encuestado (nivel de ingresos, ocupación y dirección aproximada del hogar); tiempo de espera percibido y actividad realizada en fila, clima y motivo de viaje. Por último se adicionan dos valores asociados a la hora de llegada de los encuestados a la fila de espera y la hora de inicio del cuestionario realizado, los cuales son completados por el encuestador al iniciar la encuesta.

4.1.3Encuesta definitiva

La recolección de datos se realiza del 17 de abril al 25 de mayo de 2018 durante la hora pico de la mañana, es decir, de 5:00 a.m. a 7:00 a.m., cubriendo los días típicos. Las encuestas se realizan tanto en las estaciones de Metrocable de la línea K, como en sitios cercanos en donde se aglomeran pasajeros de bus. El proceso seguido durante la toma de datos se detalla a continuación.

- Un observador situado por fuera de las filas de espera, recopila información acerca de los individuos que arriban a la fila, anotando la información acerca de su vestimenta, accesorios y rasgos físicos, que permita reconocer al mismo de

manera inequívoca dentro de la fila. Además de esto, el observador anota la hora de llegada de los individuos, en formato hh:mm (horas:minutos).

- La información es enviada por mensaje a los encuestadores los cuales se encuentran localizados a un lado de la fila. Una vez el encuestador libre (no se encuentra realizando encuestas) encuentra a la persona con las características enviadas, se acerca al mismo para solicitar la participación en la encuesta.

- Si el potencial encuestado no accede se da por finalizada la encuesta y no se toman los datos, por el contrario, si el potencial encuestado accede a participar se anota de inmediato la hora de inicio de la encuesta y se pregunta acerca del tiempo que considera ha esperado en la fila desde que llegó, es decir, ¿Cuánto tiempo considera que ha permanecido en la fila desde que llegó?

- Posteriormente se indaga por la actividad que el mismo desarrolla durante la espera. Estas actividades incluyen el chat móvil, hablar, leer, escuchar música, hablar por teléfono o ninguna actividad.

- El resto del cuestionario consta de una serie de preguntas relacionadas con las características socioeconómicas del encuestado, el clima y los 9 escenarios de la encuestas de preferencias reveladas, tal como se ha especificado en el numeral 4.1.2.

De acuerdo con lo propuesto por (Bartlett, Kotrlik, & Higgins, 2001) el tamaño de la muestra s en se determina en términos del tamaño de la población P; el grado de exactitud d; el valor del Chi-cuadrado para un grado de libertad χ^2 se determina mediante la ecuación (4.1)

$$s = \frac{\chi^2 NP\ (1-P)}{d^2(N-1)} + \chi^2 P(1-P) \tag{4.1}$$

Considerando que para el caso la población total de más de 10 000 individuos, corresponde a se toma P con una valor de 0.5, el en cual se obtiene el valor máximo del

tamaño de la muestra. El nivel de confianza seleccionado corresponde a 95% para el cual el valor de Chi-cuadrado es |1.96|, por último, el grado de exacctidud d es 5%.

Se recopila una muestra total de 242 encuestas. Después de un proceso de depuración para eliminar encuestas con información incompleta, la muestra final utilizada para la estimación del modelo incluye 228 encuestas, donde se recolecta información socioeconómica y de percepción de cada uno de los encuestados, además de la información sobre los 9 escenarios planteados, obteniéndose un total de 2052 *pseudo-individuos* observados.

Para la elaboración de los modelos se parte inicialmente de los datos depurados, a los que se realizan análisis mediante estadísticas descriptivas, estas se comparan posteriormente con los datos de la población obtenidos de la encuesta origen destino 2012 y 2017 para la validación de la muestra.

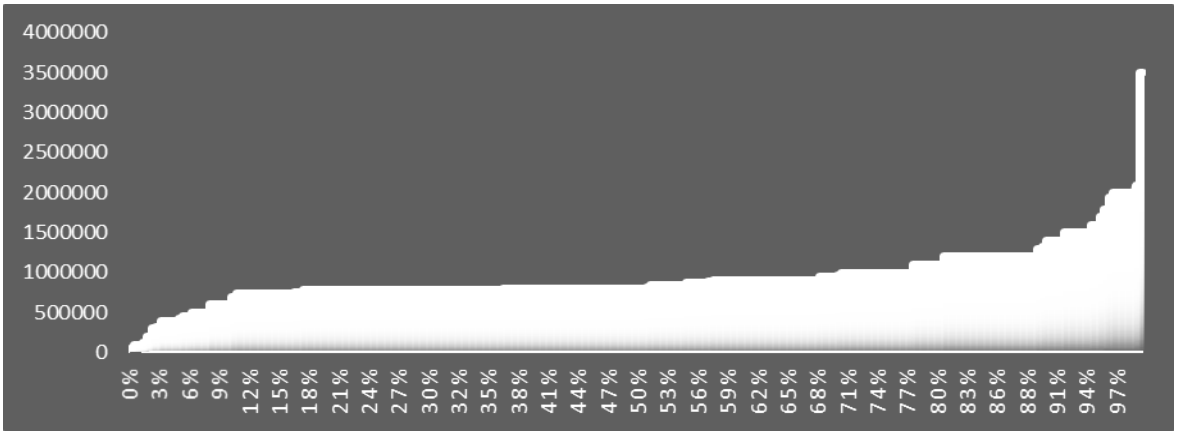
4.2 Caracterización de la muestra

Para la caracterización de la muestra se analizan la información socioeconómica de los atributos recopilados para la muestra (ingreso, nivel educativo, ocupación), además de lo anterior, en esta sección, se presenta también el análisis de la información de las restantes variables (estación de origen, actividad realizada durante la espera, clima, motivo del viaje).

Ingreso

El ingreso mensual de los individuo de la muestra es en promedio $ 926 589 al mes, mediana en $ 800 000/mes, con valores máximo de $ 3 500 000/mes y mínimo de $ 50 000/mes, la desviación estándar de los datos es $ 371 062/mes, la Figura 4-3 muestra la distribución del ingreso en la muestra recopilada de datos mediante las encuestas, esta evidencia que la muestra cuenta con poca variabilidad en cuanto a ingresos encontrándose la mayor parte en un rango cercano al salario mínimo del año correspondiente a la toma de datos ($ 781 242/mes).

Figura 4-3: Distribución de ingreso en muestra de datos recopilada en encuestas



Fuente: elaboración propia

Para considerar el ingreso de los individuos en los modelos se establecen inicialmente tres rangos (bajo, medio y alto), considerando valores inferiores al salario mínimo como ingresos bajos, ingreso superiores al salario mínimo e inferiores a $ 1 000 000 ingresos medios y dejando a ingresos mayores a un millón como ingresos altos. Como segunda opción se emplean dos rangos de ingresos, los primeros con valor inferior a $800 000 los segundos, con valor mayor o igual a $800 000, de esta forma mediante estas dos clasificaciones se incluye el ingreso como variables binarias con las cuales se analiza su influencia en la elección modal.

Nivel educativo

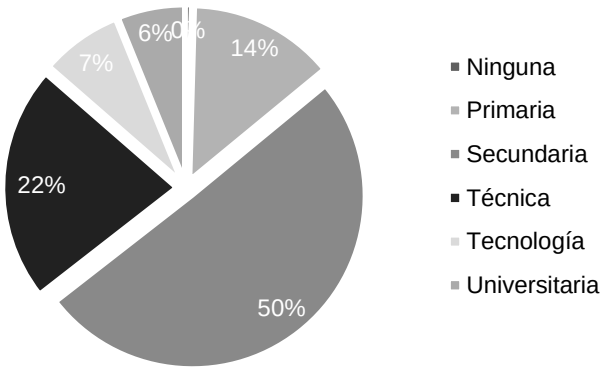
El nivel educativo es incluido en las encuestas mediante diferentes categorías considerando el grado educativo más alto alcanzado por el encuestado, para esto se parte de las categorías evaluadas en la encuesta origen destino de hogares (Área metropolitana del Valle de Aburrá, 2012). Debido a la complejidad de algunos de los niveles evaluados en la encuesta origen destino y el análisis de las encuestas piloto, se determina retirar la categoría *Noveno*, la cual es incluida dentro del nivel *Secundaria*. Las categorías empleadas en la encuesta se distribuyen como sigue:

- *Ninguna*, a esta categoría corresponden los individuos que no han alcanzado algún nivel de escolaridad;
- *Primaria*, individuos que hayan completado su escolaridad hasta 5 grado
- *Secundaria*, individuos que hayan cursado hasta 11avo grado de media vocacional;

- *Técnica*, comprende los encuestados que hayan completado estudios de carreras técnicas
- *Tecnología*, comprende los encuestados que hayan completado estudios de carreras en el nivel de tecnología
- *Universitaria*, para la cual se toman en cuenta los usuarios que han finalizado estudios de pregrado o de posgrado.

La Figura 4-4 presenta el reparto de la muestra de usuarios encuestados en torno al máximo nivel educativo alcanzado por los mismos.

Figura 4-4: Porcentaje de respuesta por nivel de estudios alcanzado



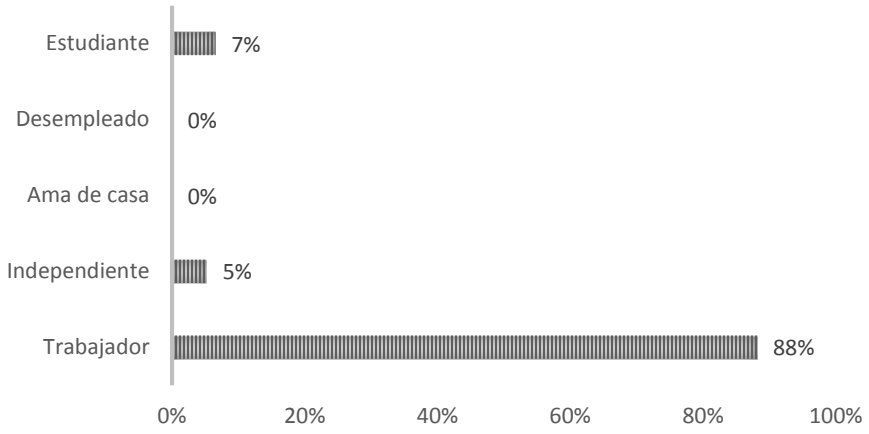
Fuente: elaboración propia

Al analizar lo arrojado por la Figura 4-4, se encuentra que un 64% de la muestra presenta un nivel educativo igual o inferior al de educación secundaria un 29% de los encuestados cuentan con estudios de nivel técnico o tecnológico profesional, con un 22% de individuos con estudios técnicos y 7% con tecnología el restante 6% corresponde a los encuestados con nivel profesional.

Ocupación

Al igual que en el caso del motivo, la ocupación presenta baja representatividad de algunos de los niveles analizados para la misma. En esta se encuentra que casi la totalidad de los individuos corresponden a trabajadores (93%), de los cuales el 88% de la muestra total corresponde a trabajadores dependientes y el 5% trabajadores independientes; el 7% restante de observaciones comprende población estudiantil, ver Figura 4-5.

Figura 4-5: Distribución por ocupación

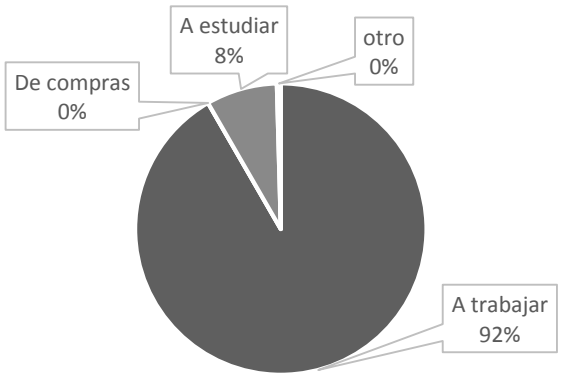


Fuente: elaboración propia

Motivo de viaje

Una de las variables en la que se encuentra baja representatividad de algunos de los niveles analizados es el motivo de viaje, para la cual se encuentra que casi la totalidad de los individuos encuestados se desplazaban con motivos de estudio (8%) y trabajo (92%) ver Figura 4-6.

Figura 4-6: Distribución por motivo de viaje



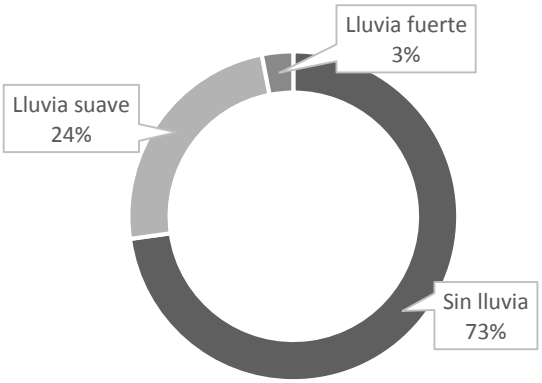
Fuente: elaboración propia

Para los modelos se toma en cuenta la variable ocupación en tres segmentos, trabajadores, independientes y no trabajadores, posteriormente se unen los trabajadores dependientes e independientes en un segmento y los no trabajadores en otro.

Clima

Durante la toma de datos se presentan algunas lluvias ligeras durante las horas de la mañana, las cuales no influyen con el normal funcionamiento del sistema de cable, lo cual se ve reflejado en que la mayoría de los encuestados no ve influenciada la decisión de tomar un modo u otro por causa del clima, como se observa en la Figura 4-7.

Figura 4-7: Clima y su incidencia en la decisión



Fuente: elaboración propia

Estación de origen

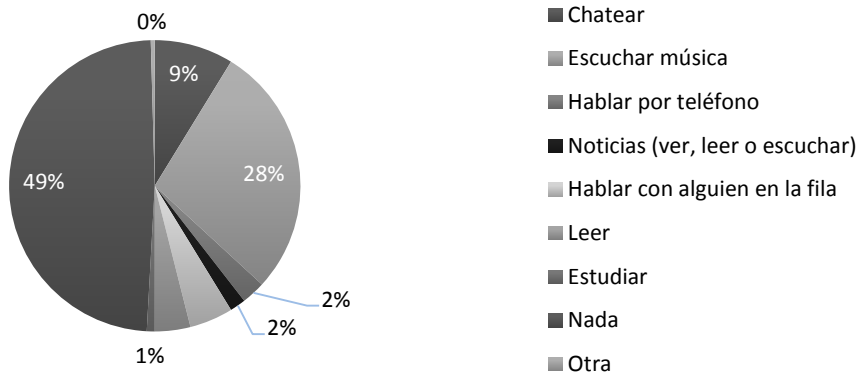
Tomando en cuenta la estación en la cual se realizó la toma de información se generan tres variables binarias correspondientes a la estación de origen en cada una de las estaciones del sistema de cable en donde se realiza la toma de información para los usuarios de cable y en el caso del bus, debido a que las encuestas se realizan en inmediaciones de las estaciones se toma como estación de origen la estación más cercana al punto de toma de información.

Actividad realizada durante la espera

Para las actividades realizadas durante la espera se encuentra que la mayoría de los respondientes consideraban que no se encontraban realizando ninguna actividad (49%), la siguiente actividad más realizada durante la espera corresponde a escuchar música con un 28%, los usuarios que chatean en la fila comprenden el 9% de los encuestados, hablar

con alguien y leer fueron realizadas por 5% y 4% de los encuestados, respectivamente; el restante 5% es repartido entre los usuarios que ven noticias, estudian o realizan otra actividad no contemplada en las opciones. Ver Figura 4-8.

Figura 4-8: Actividad realizada durante la espera



Fuente: elaboración propia

Otras variables

La Tabla 4-3 proporciona estadísticas de resumen para las variables restantes variables analizadas. Las tendencias en el conjunto de datos, así como las estadísticas de resumen del experimento SP se proporcionan a continuación.

- La tarifa promedio presentada en el experimento SP es $ 2,158 COP.
- El tiempo de viaje en ambos modos es en promedio 44.17 minutos.
- El tiempo de espera en fila afectado por el factor de percepción del tiempo de espera del entrevistado es de 18.36 minutos en promedio. El tiempo de espera presentado en el experimento SP se calcula mediante la ecuación (4.2) Donde $\hat{t}$ es el tiempo de espera percibido indicado por el encuestado, $\bar{t}$ es el tiempo real medido por el encuestador y t es el tiempo total en la fila. Como resultado, τ es una medida más realista del tiempo de espera capaz de adaptarse a la percepción del encuestado.

$$\tau = \frac{\hat{t}}{\bar{t}} * t \tag{4.2}$$

- El 53.1% de las observaciones están relacionadas con la estación de Santo Domingo, el 30.7% con la estación Popular y el 16.2% con la estación de Andalucía.
- Los no trabajadores representan el 6,58% de la muestra, mientras que la mayoría de los encuestados son trabajadores y trabajadores independientes (90,42%).
- Alrededor del 3.95% de los encuestados leen durante el tiempo de cola.

Tabla 4-3: Estadísticas descriptivas de las diferentes variables

Variable	Media	Std. Dev.[1]	Min.[2]	Max.[3]
Tarifa ($/100)[a].	21.58	2.28	19	25
Tiempo de viaje (minutos).	44.17	11.70	30	60
Tiempo de espera en fila (tomando en cuenta percepción) (minutos) τ.	18.36	19.95	1.5	175
Tiempo de espera en fila percibido por los usuarios	7,31	4,25	1	20
Tiempo real en fila	5,60	1,84	1	16

[1]Std. Dev.: desviación estándar
[2]Min: Mínimo.
[3]Max: Máximo.
[a]: tarifas en pesos colombianos
[c]: Ocupación distinta de trabajador y trabajador independiente

Fuente: elaboración propia

Un análisis inicial de los datos, tomando como base la información suministrada en la Tabla 4-3, muestra que, en promedio el tiempo real en fila de los usuarios es inferior al tiempo percibido en fila de los mimos, lo cual coincide con lo esperado.

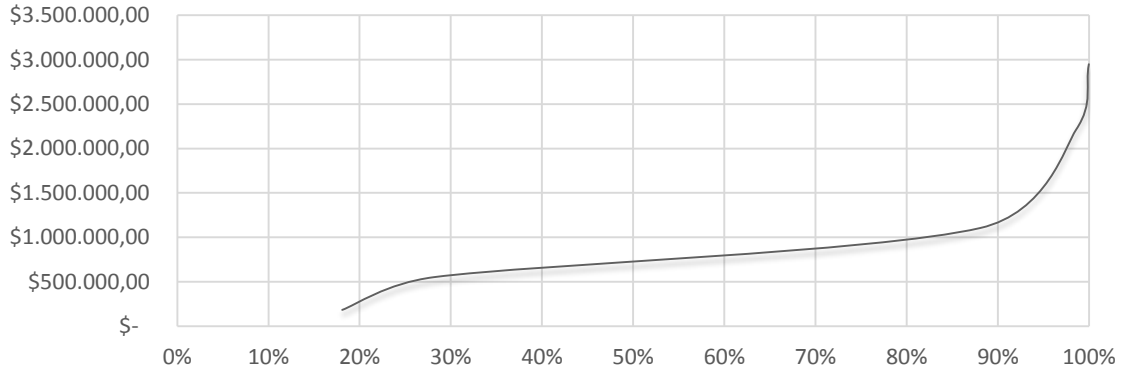
4.3 Caracterización socioeconómica de la población.

Después de presentar la metodología empleada en esta investigación y la caracterización de la muestra, en esta sección se estudia la caracterización de la población objeto de estudio. Mediante un comparativo entre la caracterización de la muestra y la población es posible garantizar que la muestra evaluada en la investigación sea representativa del total de la población. Para el caso se presentan la caracterización de la encuesta origen y destino de hogares 2017, la más recientemente ejecutada para el Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2017). La información de ingresos se obtiene a partir de la encuesta de calidad de vida de Medellín llevada cabo en el año 2017, Medellín como vamos, (2018).

Ingreso

Empleando como base los datos de la Encuesta de Calidad de Vida (Medellín como vamos, 2018) se obtiene el perfil socioeconómico de la población de la comuna 1 - Popular y comuna 2 - Santacruz, zona en la que se encuentra localizado la Línea K del Metrocable de Medellín.

Figura 4-9: Ingresos población comunas Popular y SantaCruz



Fuente: elaboración propia

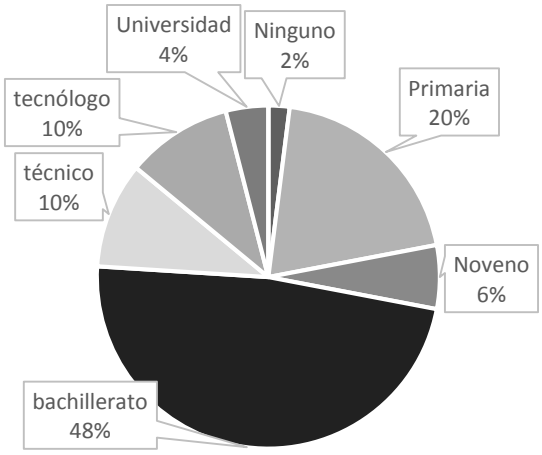
Al comparar los ingresos de la muestra (ver Figura 4-3) y los ingresos de la población (ver Figura 4-9) es posible observar la similitud entre ambas curvas, mientras que el ingreso no supera los $4 000 000 cuatro millones de pesos Colombianos por mes, un aspecto importante es que ambas curvas evidencian que la mayor parte de la población recibe en promedio un ingreso de alrededor de $ 800 000 ochocientos mil pesos Colombianos por mes.

Nivel educativo

Los datos de nivel educativo de la población son extraídos de la encuesta origen destino de hogares 2017 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2017), en general las categorías guardan similitud con los datos recopilados, se encuentra un reparto similar en la población de con nivel educativo *Bachillerato (secundaria)* con un 54% de representatividad (conteniendo las clasificaciones noveno grado y secundaria) y la muestra para la cual se presenta un 50% entre los encuestados gran diferencia en el porcentaje de encuestados con nivel educativo *técnico* para los cuales la población presenta un 10% mientras que la muestra el nivel técnico corresponde al 22% de la población, por otro lado la categoría *ninguno,* para la cual la muestra cuenta con un 0.4% de representatividad se presenta en

un 2% de la población, por último se encuentra la diferencia de la población que ha cursado hasta *primaria*, para los cuales, se observa que la población cuanta con un 20% de población en esta categoría mientras esta alcanza solo el 14% de representatividad en la muestra.

Figura 4-10: Ingresos población comunas Popular y SantaCruz



Fuente: elaboración propia

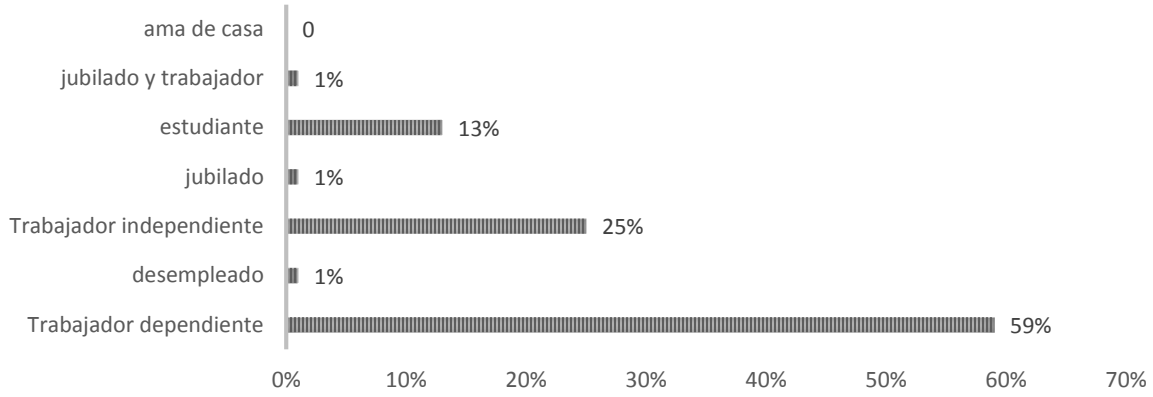
A pesar de encontrar diferencias ente la población y muestra, en especial en las tres categorías antes mencionadas, es posible emplear la muestra, al considerar que se cuenta con una población representativa de cada una de las categorías, con excepción de la población con *ninguno* como nivel de escolaridad. Para determinar la representatividad es necesario considerar esto a la luz de un análisis global de las restantes variables socioeconómicas.

Ocupación

Similar a lo presentado en los datos, la mayor parte de la población se encuentra en la clasificación trabajador, a pesar de esto si se encuentra gran diferencia en la sub clasificación de trabajadores dependientes e independientes de la población y la muestra; los clasificados como estudiantes representan un total de 13% del total de la población superando al 7% obtenido en la muestra de datos, por otro lado, en ambos casos no se presentan amas de casa, mientras que el 1% de desempleados y jubilados no figuran en

la muestra. La Figura 4-11 presenta el reparto por ocupación de la población que realiza viajes en bus y cable en el periodo entre las 5:00 y las 7:00 horas.

Figura 4-11: Ocupación población comunas Popular y SantaCruz

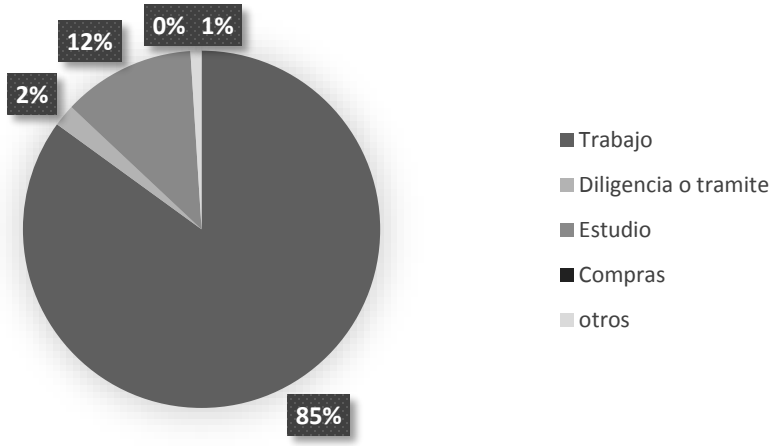


Fuente: elaboración propia

Motivo de viaje

Los datos obtenidos de la encuesta origen destino de hogares del Valle de Aburrá 2017, muestran una distribución similar a los observado en la muestra, acorde con lo esperado, la mayoría de los viajes realizados en los modos bus y cable durante el periodo 5:00 am a 7:00 am corresponde a viajes por motivos estudio y trabajo, los porcentajes de participación de ambos motivos son similares en ambos casos, por otro lado la clasificación otros la cual cuenta con un 1% en la población, presenta en la muestra un 0.43%.

Figura 4-12: Distribución por motivo de viaje



Fuente: elaboración propia

Se observa que la muestra y la población guardan similitud, encontrando que para los grupos más representativos se guardan las proporciones tal como lo ocurrido con el motivo de viaje; sin embargo, algunas poblaciones con cantidades marginales no se han visto representadas en la muestra, tal es el caso de los individuos que se desplazan para realizar una diligencia o trámite, como motivo y de los jubilados en cuanto a la ocupación, estas poblaciones con cantidades marginales son difíciles de encuestar y representar.

5. Resultados

Los modelos son estimados empleando el software LIMDEP 10 / NLOGIT 5. El proceso de selección de los mejores modelos se lleva a cabo considerando los parámetros de bondad de cada uno, los cuales corresponden a: consistencia en los signos, esta verificación compromete en gran parte la intuición del modelador, este debe analizar los signos de los coeficientes de cada una de las variables incluidas en los modelos estimados comprobando que los mismos se encuentren acorde con lo esperado; prueba t, en esta se evalúa si los parámetros cuentan con un valor diferente de cero, mediante la aceptación o rechazo de la hipótesis nula, para la cual se plantea que dichos parámetros son significativamente iguales a cero; razón de logverosimilitud, mediante esta prueba se evalúa la equivalencia entre dos modelos, en general, una vez se acepta la hipótesis nula, se opta por el modelo con menor número de variables; ρ^2, este índice permite realizar un comparativo del ajuste general de modelos, considerándose *mejor* el modelo que presente un mayor valor en este índice.

Todas las pruebas antes mencionadas facilitan el proceso de selección del mejor modelo, sin embargo, es importante que la intuición del modelador tome parte en el proceso de elección del modelo, por tal motivo, este debe estar familiarizado con el caso de estudio o con casos similares, este conocimiento previo le permitirá generar un marco de referencia para el análisis crítico de los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros de bondad.

5.1 Selección del modelo

La Tabla 5-1 presenta los mejores modelos obtenidos a partir de los datos recopilados para el caso de estudio. Figurando los modelos MNL y MNL con parámetros aleatorios

evaluados para la muestra, con un total de 2052 observaciones, las cuales corresponden a 228 encuestas con 9 conjuntos de elección. Para el caso de los modelos de parámetros aleatorios estimados se tiene 200 extracciones Halon en la estimación.

Tabla 5-1: Resultados del modelo seleccionado MNL con parámetros aleatorios

Parámetro	MNL-022		MNL-025		MIX-017		MIX-018		MIX-021	
	Coeficiente	*T-test*	*Coeficiente*	*T-test*	*Coeficient*	*T-test*	*Coeficiente*	*T-test*	*Coeficiente*	*T-test*
Constante										
ASC_{MC}	0,306	1,308	0,533	2,494	0,537	2,544	0,317	2,423	0,527	2,481
Parámetros fijos										
β_c	-0,001	-8,570	-0,001	-8,555	-0,003	-10,290	-0,003	-10,283	-0,003	-10,292
β_{mt}	-0,521	-2,431	-0,256	-1,407	-	-	-	-	-	-
β_{iba}	0,524	2,367	-	-	-	-	-	-	-	-
β_{ep}	-0,251	-1,621	-0,273	-1,767	-0,346	-1,334	-	-	-0,345	-1,331
β_{es}	-0,607	-4,184	-0,572	-3,973	-0,505	-2,121	-0,283	-1,669	-0,506	-2,124
β_{oo}	-	-	-	-	-	-	-	-	0,149	0,457
Variables aleatorias										
β_{tep}	-0,049	-14,158	-0,049	-14,140	-0,105	-9,879	-0,169	-9,839	-0,169	-9,871
					0,083	9,852	0,176	9,917	0,175	9,856
β_{tv}	-0,036	-11,849	-0,036	-11,792	-0,169	-10,966	-0,105	-10,920	-0,105	-10,975
					0,175	9,319	0,083	9,329	0,083	9,312
Medidas de ajuste de los modelos										
Logverosimilitud	-1192,034		-1194,875		-1030,207		-1031,099		-1030,102	
Test de razón de logverosimilitud	437,405		431,722		784,262		782,477		784,472	
Índice Rho cuadrado	0,152		0,150		0,276		0,275		0,276	
Grados de libertad	8		6		8		7		9	

ASC_{MC} Constante específica para el modo Metrocable
β_c Costo de viaje
β_{mt} Variable binaria motivo *Trabajo*
β_{iba} Variable binaria ingreso superior a *$ 500 000*
β_{ep} Variable binaria estación de origen *Popular*
β_{es} Variable binaria estación de origen *SantoDomingo*
β_{oo} Variable binaria ocupación *otros* (no trabajadores o trabajadores independientes)
β_{tv} Tiempo de viaje
β_{tep} Tiempo de espera

Fuente: elaboración propia

Después de estudiar los parámetros de bondad de la selección preliminar de modelos se realiza un comparativo de los parámetros de bondad de cada uno de ellos. Al considerar los parámetros de bondad y realizar un comparativo de los modelos presentados en la

Tabla 5-1, se centra la atención en los modelos de código MIX-017 y MIX-018, los cuales presentan signos intuitivos, es decir, los signos se encuentran acorde con lo esperado; sumado a esto, en ambos casos se presentan los mejores parámetros de bondad descritos previamente. La decisión del modelo a elegir se centra entonces en las variables incluidas, a pesar de que se esperaría preferir el modelo más simple, en este caso se prefiere seleccionar el modelo MIX-017, al considerar el patrón encontrado en base a la estación en la cual accede o podría acceder al sistema de Metrocable, este aspecto se analizará con detalle en la sección 5.2, en donde se realiza el análisis de los resultados obtenidos. El modelo con la mejor especificación se presenta en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2: Resultados del modelo seleccionado MNL con parámetros aleatorios

Variable	CUF	Parámetro	T-stat	ME/E
Constante específica al modo Metrocable	C	0.537	2.544	-
Parámetros fijos				
Tarifa ($/100) [a] $\boldsymbol{C_i}$.	B,C	-0.287	-10.289	-1.730 B[e] -1.680 C[e]
Variable binaria específica para el Metrocable igual a uno si la estación utilizada por el encuestado es Santo Domingo. $\boldsymbol{E_s}$.	C	-0.505	-2.121	-0.505 C[m]
Variable binaria específica para el Metrocable igual a uno si la estación utilizada por el encuestado es Popular $\boldsymbol{E_p}$.	C	-0.346	-1.334	-0.346 C[m]
Parámetros aleatorios				
Tiempo de viaje generalizado para ambos modos (minutos).(Bus/ Metrocable) $\boldsymbol{Tep_i}$.	C, B	-0.105 (0.083)	-10.966 (9.319)	-1.014 B[e] -0.918 C[e]
Tiempo de espera en paradero bus/estación cable (tomando en cuenta la percepción del usuario[b]) (minutos) $\boldsymbol{Tv_i}$.	B,C	-0.169 (0.175)	-9.879 (9.852)	-0.449 B[e] -0.565 C[e]

2052 Observaciones. (228 encuestas 9 conjuntos de elección)
Logverosimilitud en la convergencia = -1030.207.
Test de logverosimilitud: 784.26.
ρ^2 = 0.25260. ; ρ^2 Ajustado= 0.25260.
Los parámetros aleatorios están asociados a una distribución normal, estimados con 200 extracciones Halton.
(Desviación estándar en paréntesis).
CUF: Función de utilidad a la que corresponde la variable/(C) Metrocable/(B) Bus/
[a]: Tarifa en pesos colombianos (COP) $3,097.50/100
[b]: Se emplea la expresión (4.1) $\tau = \frac{\hat{t}}{\bar{t}} * \bar{t}$
[m]: Efectos Marginales ecuación 2.7 $ME_{x_{nit}}^{\mathrm{P_i}} = \frac{\delta P_i}{\delta x_{nit}}$
[e]: Elasticidades ecuación 2.6 $E_{nix_{nj}} = \frac{x_{nj}}{P_{ni}} \int \beta^m L_{nj}(\beta) \left[\frac{L_{ni}(\beta)}{P_{ni}}\right] f(\beta) d\beta$

Fuente: elaboración propia

La función de utilidad correspondiente al modelo de la Tabla 5-2 se presenta en las ecuaciones (5.1.) y (5.2); en esta los coeficientes de las variables se encuentran sobre los t-sat los cuales a su vez figuran entre paréntesis.

Ecuación de utilidad obtenida para el modo Bus

$$U_b = \underset{(-10.289)}{-0.287} C_b + \underset{(-9.873)}{-0.169} Tep_b + \underset{(-10.966)}{-0.105} Tv_b \qquad (5.1)$$

Ecuación de utilidad obtenida para el modo Metrocable

$$U_c = \underset{(2.544)}{0.537} + \underset{(-10.289)}{-0.287} C_c + \underset{(-9.873)}{-0.169} Tep_c + \underset{(-10.966)}{-0.105} Tv_c + \underset{(-2.121)}{-0.505} E_s + \underset{(-1.134)}{-0.346} E_p \quad (5.2)$$

Las variables presentadas en los modelos son: tiempo de espera total percibido (Tep_i) [(tiempo de espera percibido / tiempo de espera real) * tiempo de espera total para Metrocable/bus] (minutos); Tiempo de viaje (Tv_i); Tarifa (C_i), el subíndice i denota la alternativa bus o Metrocable. En cuanto a las variables binarias se cuenta con: la variable binaria estación Popular E_p, esta toma un valor de uno 1 cuando la estación más cercana al encuestado es Popular y cero (0) de lo contrario; similarmente, en el caso de que la estación más cercana al encuestado sea Santo Domingo E_s toma un valor de 1 y cero de lo contrario.

Para obtener las distribuciones de los diferentes parámetros se emplea el método de simulación con valores fijos de costo. Obteniendo valores de acuerdo con la distribución particular del tiempo de espera y de viaje, para el caso se obtiene un total de 10000 valores para cada uno de ellos. Como resultado se encuentra que el VST para el tiempo de espera percibido corresponde a $ 36/ min, mientras el VTS del tiempo de viaje corresponde a $54 /min. Esto evidencia que si bien se esperaba resultados superiores en el valor VST obtenido para el tiempo de espera, los tiempos de viaje cuentan con una mayor penalización por parte de los usuarios de ambos modos, por otro lado, los valores obtenidos, pueden considerarse relativamente bajos, sin embargo se encuentran de acuerdo con lo esperado considerando el nivel de ingresos de la población de la zona analizada.

5.2 Análisis de resultados

A continuación se presenta el análisis realizado a partir de los resultados de las utilidades asociadas al modelo resultante.

Tarifa

Actualmente, las tarifas de transporte en esta geografía son $ 2,125 para Metrocable, y $ 2,100 para autobuses. Los resultados del modelo respaldan la teoría clásica de elección modal, en la cual entre más costoso resulte un modo, por lo general, menos deseables para los usuarios. Se encuentra que para los modos evaluados, en promedio, un aumento de 1.00% en la tarifa de alguno de los estos reduce su probabilidad de elección en 1.73%.

Tiempo de viaje

Similar a lo ocurrido con el costo, los resultados obtenidos para la variable tiempo de viaje son intuitivos, mostrando que los incrementos en el tiempo de viaje disminuyen la probabilidad de elegir cualquiera de los modos, aunque para ambos modos el efecto es distinto; mientras un cambio de 1.00% en el tiempo de viaje para Metrocable representa un cambio de 0.92% en su probabilidad de elección, para el bus esta probabilidad alcanza un valor de 1.01%. Esto se espera de la teoría clásica de elección modal, que dicta que los viajeros experimentan mayores desutilidades al realizar viajes más largos.

El parámetro aleatorio asociado a la variable *tiempo de viaje,* muestra que, para el 91.08% de las observaciones, el tiempo de viaje involucra diferentes niveles de desutilidad normalmente distribuidos entre los encuestados. Además, para una pequeña fracción de las observaciones (10,29%), los incrementos de tiempo de viaje en un modo específico también aumentan su deseabilidad. A pesar de que es poco, el porcentaje asociado a un incremento en la utilidad derivado de incrementos en el tiempo de viaje, este resultado contrario a la intuición puede asociarse con heterogeneidad no observada no se captada en la encuesta, otras posible explicación es que los parámetros aleatorios asociados con la variable se distribuyen de acuerdo con una función de probabilidad diferente a la función normal empleada en esta investigación.

Tiempo de espera en cola

Las colas de Metrocable en el área de estudio tienen características únicas que las hacen indispensables para comprender la elección del modo. Durante las horas pico, el tiempo de espera de cola de Metrocable puede ser tan largo como el tiempo total de viaje experimentado dentro del sistema, esto tomando en cuenta los valores encontrados para los tiempos en el sistema metro y los valores observados en el sistema. Del mismo modo, muchos de los usuarios deben esperar en las colas por fuera de las estaciones, incluso

durante los días de lluvia, lo cual difiere de lo presentado en el caso de los autobuses, en donde los usuarios pueden guarecerse durante la espera.

Considerando lo anteriormente mencionado y a la luz de los resultados arrojados por los modelos no es de sorprender que los tiempos de espera de cola más largos no solo reduzcan la utilidad del modo, sino que sean más críticos para los usuarios de *Cable* que para los usuarios de *Bus*, siendo que un 1% de incremento en el tiempo de espera del Bus, en promedio disminuye la probabilidad de elección en 0.45%, mientras un incremento de 1% en el tiempo de espera de cola de Metrocable reduce su probabilidad de selección en un 0.57%. Al realizar un análisis específico sobre las colas en ambos modos se encuentra que las colas de Metrocable son mucho más largas que las de los autobuses, en general el usuario del Bus en la zona de influencia del Metrocable no hace fila mientras espera la llegada del Bus simplemente se sitúa en algún lugar del trayecto del mismo a la espera de que este pase. Al no existir necesidad de permanecer en fila mientras se espera, los usuarios de autobuses tienen mayor flexibilidad para protegerse en condiciones ambientales adversas, como lluvia intensa, días soleados intensos, entre otros. Por otro lado, la única opción para los usuarios de Metrocable es continuar en la cola, factor que puede influir en que su espera sea percibida como más prolongada, lo que deriva en que los incrementos marginales en las esperas en fila para el *Cable* sean más indeseables.

El parámetro aleatorio asociado con el tiempo de espera en fila es negativo para el 83.39% de las observaciones, por otra parte, para el 16.71% de las observaciones el tiempo de espera es percibido de manera positiva, este resultado podría estar relacionado, al igual que el tiempo de viaje, con la heterogeneidad no observada no medida en el estudio, otro aspecto que posiblemente explica este factor es que los tiempos de espera cortos tienden a ser despreciados por los usuarios.

Localización de la estación de Metrocable

La línea K de Metrocable, en donde se desarrolla el presente estudio, cuenta con tres estaciones unimodales secuenciales ubicadas a diferentes distancias del sistema metropolitano más grande: Santo Domingo (más alejado), Popular (rango medio) y Andalucía (más cercano) y una estación bimodal Acevedo (por fuera del alcance del estudio ver sección 1.2)

Los residentes que rodean la estación de Santo Domingo en general tienen los ingresos más bajos pero cuentan con una mejor cobertura de los autobuses. Sin embargo, no tienen acceso a las rutas de autobús integradas que se conectan exclusivamente al sistema de Metro. Por otro lado, los residentes de Andalucía y Popular tienen menor cantidad de rutas de autobuses, sin embargo cuentan al mismo tiempo con disponibilidad de rutas integradas al sistema Metro.

Los resultados numéricos indican que los pasajeros cerca de Popular tienen menos probabilidades de seleccionar Metrocable que aquellos en Andalucía (caso base). Además, es menos probable que los pasajeros de Santo Domingo seleccionen Metrocable que los pasajeros de Popular.

En general los resultados reflejan la baja conectividad con el metro y mayores oportunidades de tomar los autobuses que tienen los usuarios de esas estaciones. Otro posible aspecto es que, dado que Santo Domingo no puede mantener toda la cola dentro de su estación, es posible que sea menos deseable emplear el Metrocable para los usuarios de esta estación que para los que emplean las estaciones Popular y Andalucía. Aun así, es posible que la heterogeneidad geográfica e idiosincrática no observada a través de la recopilación de datos pueda explicar también estos resultados.

5.3 Discusión de resultados

El estudio muestra que las variables más influyentes en la elección de Metrocable / Bus incluyen: tarifa, que reduce la utilidad de ambos modos de manera similar; los tiempos de viaje y percibidos de espera, para los cuales sus incrementos reducen las utilidades de ambos modos en diferentes niveles y la estación Metrocable más cercana a los usuarios, para la cual estos tienden a desaprobar a Metrocable cuando las estaciones son más lejanas al sistema de Metro o cuando cuentan con mejores posibilidades de acceso a las opciones de Bus urbano.

A pesar de haber estudiado la variable clima, ésta no resulta significativa en ninguno de los modelos analizados, lo cual puede asociarse a la ausencia de lluvias fuertes durante el periodo de tiempo en el cual se desarrollaron las encuestas. Por tal motivo, esta variable

de la cual se esperaría resultados significativos, tomando en cuenta los resultados del grupo focal, no se contempla en los modelos resultantes.

Si bien antes se han realizado estudios asociados a los modos ART, este estudio muestra la importancia de los tiempos de espera percibidos en la elección de estos modos, un aspecto relevante es además que los modelos encontrados apuntan a la necesidad de estudios de estudios que analicen los cables considerando las esperas en fila como un aspecto relevante del viaje y que por otro lado se encuentra altamente influenciado por la percepción de los usuarios mismos. El estudio además complementa los vacíos en la literatura asociados a las variaciones en impacto de las variables exógenas tiempo de viaje y tiempo de espera a través de los diferentes individuos, un aspecto que no es reflejado en los modelos tradicionales, a los que se ha recurrido hasta el momento para el estudio de los sistemas ART. Por último, al emplear modelos MNL con parámetros aleatorios se superan los problemas asociados con la superposición de atributos observados y no observados de las alternativas, que violan los principios fundamentales de modelos empleados hasta el momento en los cables aéreos y que derivan en incorrectas estimaciones de la influencia de los atributos en las decisiones de los usuarios.

Los resultados obtenidos pueden ser empleados en la discusión de políticas adicionales para aumentar la demanda de Metrocable mientras se mantienen niveles de servicio moderados, por ejemplo, cubrir las colas de las estaciones externas para hacerlas más convenientes, emplear aplicaciones móviles o señales informativas en las filas del cable para indicar a los usuarios su tiempo probable de espera en fila y proporcionar rutas de autobuses integradas, que se encuentren coordinadas con el sistema de cable para permitir la llegada de los pasajeros una vez estos puedan ingresar en la estación, estas posibles políticas pueden incrementar la utilidad de los usuarios de Metrocable sin requerir modificaciones en la capacidad del mismo.

Dadas las complejidades de elección de modo que enfrentan los usuarios, este trabajo proporciona los cimientos iniciales para investigaciones y políticas más avanzadas para mejorar las experiencias de los viajeros, hacer que el sistema de transporte por cable sea más atractivo y transferir conocimiento a regiones con condiciones similares que

consideren la implementación u operen sistemas de ART con condiciones de altas demandas.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Tomando en cuenta los vacíos encontrados en la literatura asociados a los sistemas ART, el presente trabajo de investigación ha desarrollado un MNL con parámetros aleatorios, que incorpora la percepción heterogénea de los usuarios, para analizar la elección de los sistemas ART, señalando la importancia de atributos del viaje, del modo y de los individuos, además de demostrar la influencia de la variable tiempo percibido de espera en fila, para la cual; tomando en cuenta la proporción del tiempo total de viaje correspondiente a la espera en fila que deben soportar los usuarios de cables que han alcanzado su capacidad, como es el caso de el Metrocable Línea K de Medellín; no existía un estudio que validara su influencia y que señalara la importancia de considerar, no solo los tiempos de espera, sino los tiempos percibidos de espera que experimentan los usuarios al enfrentar dichas filas, para la utilidad de los usuarios del Metrocable.

El caso de las variables que resultaron no significativas y por tanto resultaron excluidas de los modelos, se encuentra lo siguiente:

- Algunas variables sociodemográficas, como es el caso de los ingresos, son insignificantes para la elección de modo debido a las condiciones uniformes entre los residentes en el área de estudio, sin embargo, no se descarta su importancia en sistemas en donde los ingresos de la población objetivo sean más diversificados.

- Similarmente a o encontrado con los ingresos se analiza el caso del clima y su incidencia en la elección de sistemas ART, por lo cual, para determinar adecuadamente su influencia en el sistema, se debe considerar realizar encuestas bajo diferentes condiciones meteorológicas; esto en regiones en las cuales se

prevean condiciones meteorológicas que dificulten el funcionamiento de los sistemas ART considerados.

En cuanto a las variables incluidas en los modelos, se concluye lo siguiente:

- Otras variables convencionalmente empleadas en la elección modal de los ART, es decir, tiempo de viaje y tarifa, producen resultados intuitivos, en donde a mayor valor de éstos, la probabilidad de elección que presenta el modo se reduce.

- El tiempo percibido de espera de la fila para acceder a las cabinas, ajustado a la percepción de los usuarios, tal como lo planteado en la investigación muestra ser significativo y se encuentra impactando tanto la atractividad tanto del Metrocable como la del Bus, siendo los usuarios de Metrocable los más sensibles a los aumentos de tiempo de espera. Estos resultados resaltan la importancia de incluir el tiempo percibido de espera de fila, al analizar sistemas ART en los cuales se presentes filas sobre la elección de Metrocable y los problemas críticos que hacen que las colas sean factores importantes en las decisiones de transporte.

6.2 Recomendaciones

Los resultados informados en este documento son importantes para orientar políticas implementables para aumentar la demanda de Metrocable mientras se mantienen niveles aceptables de servicio para sus usuarios. Tales políticas incluyen:

- Incluir tableros de mensaje dinámicos que permitan conocer el tiempo de espera de la cola real, de manera que se elimine el sesgo de percepción del tiempo de tiempo en la fila, con lo cual sea posible incrementar la utilidad del modo y aumentar su demanda.
- Implementar rutas integradas que faciliten un acceso programado de los usuarios a las estaciones para favorecer la disminución del tiempo de espera en fila, sobre todo en estaciones en donde los usuarios deben permanecer fuera de la estación pro periodos prolongados.

- Cubrir los espacios fuera de las estaciones donde se forman colas puede aumentar la deseabilidad general del ART e incrementar la demanda al mismo tiempo que mejora la experiencia de los usuarios.

Finalmente, varias direcciones futuras de investigación pueden mejorar y ampliar el alcance del trabajo actual. Una posible dirección es analizar la idoneidad de introducir la percepción del tiempo en el modelo como una variable latente para obtener resultados más precisos. Otra dirección implica recolectar y emplear más características sociodemográficas para mejorar el poder explicativo del modelo y revelar la heterogeneidad no observada. Por último, la integración de los modelos de comportamiento, los aspectos operacionales del ART y las infraestructuras circundantes en una simulación basada en agentes, puede proporcionar una mejor representación del fenómeno para probar intervenciones más precisas para inversiones y políticas.

A. Anexo 1: Transcripción de grupo focal

Fecha: Sábado 7 de abril 2018

Hora: 2:00 pm

Localización: Centro de trabajo de la organización CONVIVAMOS

Información de los participantes

Nombre: Leidy

Ocupación: Operaria

Edad: 33

Medio de transporte: Carro, bus y metro, en el día de ayer el metro

Nombre: Magdalena

Edad: 59

Ocupación: Ama de casa

Medio de transporte: Metro cable e integrado

Nombre: Jessica

Edad:

Ocupación: Ama de casa.

Medio de transporte: Bus

Nombre: Nancy

Edad: 45 - 50

Ocupación: Ama de casa

Medio de transporte: Bus, de vez en cuando el metro cable.

Nombre: Romaldo Rojas

Edad: 60

Ocupación: Pensionado

Medio de transporte: Metro, Metro cable, alimentador.

Nombre: Amparo

Edad: 59

Ocupación: Ama de casa

Medio de transporte: Metro cable y metro, a veces bus

Nombre: Luisa

Edad: 20

Ocupación: Estudiante

Medio de transporte: Bus y metro cable

Nombre: Bayron

Edad: 23

Ocupación: Amo de casa

Medio de transporte: Metro cable y bus

Nombre: Sinthya

Edad: 26

Ocupación: Estudiante

Medio de transporte: Bus integrado, metro cable y metro

Nombre: Edgar

Edad 60

Ocupación: Líder comunitario

Medio de transporte: Metro cable o el bus

Nombre: Álvaro

Edad 48

Ocupación: Independiente
Medio de transporte: bus

Nombre: Laura
Edad: 70
Ocupación: Ama de casa
Medio de transporte: Bus alimentador

Nombre: Eukanábico
Edad: 24
Ocupación: Activista
Medio de transporte: Bus.

Desarrollo del grupo focal

¿Normalmente por qué motivo viajan?
Sinthya: trabajo, universidad, encuentros
Luisa: Trabajo, recreación.
Edgar: Trabajo, Citas de tipo salud, razones sociales.
Magdalena: Vueltas de salud.
Jessica: Capacitaciones o diligencias utilizo el bus, el metro o el cable cuando me toca.
EuKanábico: También en el barrio somos muy dados a caminar para encontrarnos con los amigos.
Romualdo: Uno no utiliza el metro únicamente para trabajar, si uno tiene que recorrer una distancia más o menos considerable, lo prefiere.
¿Con qué frecuencia hacen estos viajes?
Romaldo: Yo soy de los que me gusta utilizar el metro, puede ser incómodo por lo estrecho pero es más suave, porque en el bus a uno se le revuelca todo y si uno sufre de la columna… así le toque parado, prefiero el metro. En metro, Me encanta viajar en Metro.
Magdalena: Una persona que no le toca ir en horas en que va muy lleno es más fácil pero al pobre trabajador que le toca ir por la mañana es fila y a la hora que sale bien cansado también. Tal vez sale bien económico, pero yo prefiero el bus porque le tengo pavor a las horas pico.

Amparo: Eso es como todo, tiene ventajas y desventajas, el transporte en las rutas lo evado, el metro una de las ventajas es el tiempo y la economía, las desventajas las filas pero se compensan con la velocidad.

Sinthya: Una de las desventajas son las estampidas en las horas pico y la otra es que hay muchos turistas que usan el metro y los que lo usamos para trabajar nos vemos perjudicados.

EuKanábico: Con respecto al uso de las cabinas, muchos toman el cable con grupos de amigos o amigas porque no tienen nada más que hacer y no necesariamente son turistas, es una práctica que es común en estudiantes, es muy constante.

El tiempo sin congestión es lo mejor, cuando no hay que hacer fila, pero en las horas pico es mejor coger el bus.

Magdalena: yo salgo como mucho cada 15 días.

Laura: 1 vez al día, bus

Edgar: Bus, todos los días, varias veces al día.

Nancy: Utilizo más bus, porque sino me toca subir a coger el metro cable, lo uso todos los días, sólo si voy más lejos tomo el cable o el metro.

¿Normalmente hacen estos viajes solos o acompañados?

Jessica: bueno yo viajo acompañada, con familia, hijos.

Laura: Sola

Magdalena: Sola

¿Qué piensan del metro cable y han utilizado el sistema? ¿Cómo ha sido su experiencia y que piensa de él?

Magdalena: Antes un integrado le servía a uno ahora ya no. A medida que pasa el tiempo se ha dañado el beneficio.

Amparo: A mí me parece una gran cosa el metro cable, en el metro cable se tarda uno menos tiempo que en un bus, lo otro la economía, porque uno puede ir a otro barrio con un solo pasaje.

Sinthya: Es muy bueno y todo pero no en hora pico.

Jessica: Tuve una mala experiencia y por eso no lo utilizo o lo utilizo como última opción, es muy demorado y las filas son muy largas.

Magdalena: Si ha usado el metro cable, y le parece una manera fácil y rápida de transporte, es más económico.

Sinthya: Ha utilizado el sistema metro cable, piensa que en horas de más flujo de personas 6 de la mañana 6 de la tarde no es conveniente por la incomodidad y el tiempo de espera. EuKanábico, ha utilizado el metro pero considera que queda lejos de su casa. No es eficiente para la mayoría de la población. Las filas no son sólo para el metro, en los buses también hay filas.

Jessica: En la fila del bus uno no se demora el tiempo que se demora en el metro.

EuKanábico: Por la esquina de su casa pasa el bus y aunque en el metro y el cable ahorra tiempo en el viaje, le toca irse caminando hasta allá y eso gasta tiempo.

Jessica: Sólo es útil para la población cercana al cable.

Leidy: Es útil para el adulto mayor porque ellos no tienen que hacer fila, como mi mamá o para las personas con alguna discapacidad. Y siempre hay un bachiller para ayudarle a entrar o salir de la cabina cuando llega.

Amparo: Si conoce el sistema y lo apoya por Economía, seguridad, tiempo.

Para los usuarios de bus ¿Cuántos buses necesitan utilizar para llegar a su lugar de destino normalmente.

Laura: 1

Eukanabico : 1

Jessica: 2

Leidy: 2

Edgar: 1

¿Qué razones lo harían cambiar a metro cable?

Nancy: Rapidez y agilidad.

Sinthya: poco tiempo de espera al hacer fila, más agilidad, que no se detenga con las tormentas.

Jessica: tiempos de espera al hacer fila.

Edgar: Es que a uno si lo aburre mucho hacer fila.

4. Si usted es usuario del metro cable. ¿Cuáles son sus principales razones para emplear el metro cable?

Amparo: Tiempo, comodidad, economía.

Romaldo: Comodidad, economía, seguridad.

Magdalena: Tiempos, economía, agilidad.

Jessica: economía.

Edgar: Orden.

¿Compra usted previamente el tiquete o recarga su cívica o lo hace en la estación? ¿Hace usted fila para comprar el tiquete?

Amparo: Siempre

Nancy: Comprar el tiquete en plataforma pero uno suele hacer fila para comprarlo.

Edgar: Recarga para el mes completo ya que la utiliza para desplazarse cuando está en horario laboral.

Magdalena: Recarga la cívica previamente cuando tiene dinero, y la utiliza más a menudo.

Alvaro: Siempre tiene la Cívica cargada y procura mantenerla así. Sólo la recarga cuando no hay filas.

Bayron: Intenta tener la cívica recargada con 6000 al menos para ahorrar y poder utilizar alimentadores.

Romaldo: Es muy cómodo tener la Cívica recargada y ahora es más fácil porque hay más puntos donde recargarla.

Amparo: Recarga previamente la Cívica para no hacer fila.

¿A qué hora sale normalmente?

Synthia: A las 5 de la mañana y regresa a las 6 de la tarde. Siempre voy a las horas pico porque salgo a clase o a trabajar

Eukanábico: 7 u 8 de la mañana

Laura: Yo no puedo especificar porque siempre escojo mi horario ya que son vueltas de ir a comprar la comida o vueltas de salud.

Alvaro: 7 de la mañana

Bayron: de 6 a 10 de la mañana

Luisa: 7-7:15AM hasta hace 2 semanas salía a esa hora cuando iba a estudiar

Amparo: 10AM

Romaldo: 7-8AM Yo no todos los días salgo pero cuando me toca trabajar salgo a esa hora.

Nancy: 10-11AM 2-3PM Yo escojo el horario para que no me toque horas pico.

Jessica: 8AM Cuando salgo a trabajar siempre salgo una antes, pero casi nunca llego a tiempo

Magalena: 5-6AM Siempre busco las horas de la mañana para hacer mis vueltas sobre todos las médicas.

¿Cuánto en promedio dura su viaje más habitual?

Leidy: 1hora 30 minutos

Magdalena: 1 hora y 20 minutos.

Jessica: 1 hora y 45 minutos. Voy normalmente de mi casa a san Antonio de Prado entonces tomo bus, metro, bus

Nancy: 35 minutos al centro.

Romaldo: 45 minutos.

Amparo: 35 minutos.

Luisa: 1 hora.

Bayron: 20 a 25 minutos.

Synthia: 1 hora 20 minutos normalmente tomo alimentador metro y bus o solamente bus y me demoro lo mismo.

Edgar: 25 minutos de mi casa al centro.

Laura: 20-1 hora dependiendo del bus y de la hora, sobre todo del conductor.

ya les he escuchado varias veces que hay horas en el que el cable se demora más o menos en hora pico se demora menos ya que lo colocan más rápido.

Synthia: Bájese a coger el tranvía, esas obras lo más incómodo del mundo, a mi me parece que es muy inútil, el sólo hecho de que tienes que salir del sistema metro.

Cuanto tiempo caminan para tomar el sistema de transporte urbano:

Eukanábico: Para el bus camino 5 minutos pero para el metro cable si me demoro 20-25 minutos.

Magdalena: 4 minutos al metro.

Nancy: Al bus me demoro 4 minutos y al metro me demoro 10

Sinthya: Al bus no me demoro 1 minuto pero al metro me demoro 5 minutos.

Edgar: al bus me demoro 15-20 minutos y al alimentador 6-7 minutos.

¿Saldría más temprano para no hacer fila?

Shyntia: Si no es lo ideal, pierde uno tiempo de sueño pero toca.

Nancy: Los que están trabajando lamentablemente no tienen otra opción.

Leidy: Es que no es que quiera es que me toca.

Hay viajes que son obligados a cierta hora entonces es muy difícil cambiar los tiempos de espera o evadir las filas pero cuando tienes una flexibilidad en los horarios se intenta llegar temprano y evadir las filas.

¿Qué piensa de la fila rápida del metro cable?

Synthia: yo siempre hago la fila rápida yo veo ese caracol de gente esperando lo más impresionante, uno bien cansado de trabajar por dos estaciones parada prefiero hacer esa fila porque uno siempre se demora unos 15 o 20 minutos menos.

Amparo: No, a mí no me gusta la fila de los parados, todos hacemos el caracol.

¿Cuántas estaciones de metro cables hacen hasta su destino?

Nancy: yo por ejemplo cojo la estación popular de ahí a la estación Andalucía y de ahí llego al metro o sea que son 2.

¿Se fijan en el clima antes de montarse al metro cable?

Edgar: Siempre.

Synthia: Uno se preocupa del clima, ya uno la piensa si pagar el metro o guardar la plata sagradamente en la billetera porque uno no sabe cuándo se va a dañar el metro y me quedo sin el pasaje y sin el metro cable.

Leydi: Desde que está saliendo de la casa.

Romaldo: Depende de donde esté, a veces en el norte o en el sur y mira el cielo a ver si hay nubes negras a ver si está lloviendo por la casa.

Jesica: cuando mi niño está jugando con mi sobrinito le digo hijo camine rápido que va a comenzar a lloviznar y van a cerrar el metro.

¿Ha dejado usted de utilizar el metro cable por el clima?

Edgar: Si

Romaldo: Si

Nancy: SI

Synthia: SI

Magdalena: Si.

Modulador: ¿Muchas veces? ¿Cuántas veces en un mes por ejemplo?

Synthia: cada que llueve si en un mes llueve todos los días por lo menos un rato lo cierran.

Nancy: si se para allá a que lo abran rico así no hace fila.

B. Anexo 2: Base de datos

La información de la base de datos se anexa en un archivo digital.

Bibliografía

Allan, L. G. (1979). The perception of time. *Perception & Psychophysics*, *26*(5), 340–354. https://doi.org/10.3758/BF03204158

Alshalalfah, B., Shalaby, A., Dale, S., & Othman, F. (2012). Aerial Ropeway Transportation Systems in the Urban Environment: State of the Art. *Journal of Transportation Engineering ASCE*, *138*(March), 253–262. https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000330.

Alshalalfah, B. W., Shalaby, A. S., Dale, S., & Othman, F. M. Y. (2015). Feasibility study of aerial ropeway transit in the Holy City of Makkah. *Transportation Planning and Technology*, *38*(4), 392–408. https://doi.org/10.1080/03081060.2015.1026099

Arbeláez, O. E. (2015). *Modelación de la bicicleta pública y privada en ciudades*. Universidad Nacional de Colombai sede Medellín.

Área metropolitana del Valle de Aburrá. (2012). ENCUESTA ORIGEN DESTINO DE HOGARES PARA EL VALLE DE ABURRÁ.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2017). *Resultados de encuesta origen destino de viajes Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. Medellín. Retrieved from http://www.metropol.gov.co/encuesta_od2017_v2/index.html#/

Bartlett, J. E., Kotrlik, J. W., & Higgins, C. C. (2001). Organizational research: Determining appropriate sample size in survey research. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*, *19*(1), 43–50. https://doi.org/10.1109/LPT.2009.2020494

Batarce, M., Muñoz, J. C., & Ortúzar, J. de D. (2016a). Valuing crowding in public transport: Implications for cost-benefit analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *91*, 358–378. https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.06.025

Ben-akiva, M., & Bierlaire, M. (1999). Discrete choice methods and their applications to short term travel decisions.

Bergerhoff, J., & Seilbahnen, J. P. (2017). Urban Ropeways as Part of Sustainable Urban Transport Networks in Developing Countries. *Trialog*, *110*(January 2013), 44–49.

Brand, P., & Davila, J. (2011). Aerial cable-car systems for public transport in low-income urban areas: lessons from Medellin, Colombia. *R4D.Dfid.Gov.Uk*, *11*(July), 4–8. Retrieved from http://r4d.dfid.gov.uk/PDF/Outputs/ESRC_DFID/60726_Brand_aerial.pdf

Brand, P., & Dávila, J. D. (2011). Mobility innovation at the urban margins. *City*, *15*(6),

647–661. https://doi.org/10.1080/13604813.2011.609007

Córdoba, J. E. (2007). *Elección de un medio de transporte urbano desde el punto de vista de la personalidad*. Universidad Nacional de Colombia.

Córdoba, J. E. (2014). Automatic preferences in the choice of transport mode. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *160*(Cit), 381–389. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.150

Córdoba, J. E., González, C. A., & Posada, J. J. (2011). Elección de un modo de transporte urbano integrando variables psicológicas a modelos de elección discreta. *Dyna*, *170*, 98–105.

Cottrell, W. D., Adodo, E., Chavez, V. H., Chung, A. M., Freese, D. M., Hyder, R. a, … Perez, E. G. (2010). Planning a Passenger Ropeway for a University Campus. *Transportation Research Board*, 1–13.

Dávila, J., Brand, P., Jirón, P., Vargas, H., Coupé, F., Córdoba, J., … Amorim, V. (2013). *Urban Mobility and Poverty: Lessons from Medellin and Soacha, Colombia*. (J. D. Dávila, Ed.), *The Development Planning Unit, UCL*. Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Retrieved from https://issuu.com/dpu-ucl/docs/davila_2013_urbanmobility_poverty_e

de Palma, A., Lindsey, R., & Monchambert, G. (2017). The economics of crowding in rail transit. *Journal of Urban Economics*. https://doi.org/10.1016/j.jue.2017.06.003

Decker, K. De. (2011). Aerial ropeways: automatic cargo transport for a bargain - LOW-TECH MAGAZINE. Retrieved September 9, 2018, from http://www.lowtechmagazine.com/2011/01/aerial-ropeways-automatic-cargo-transport.html

Douglas, N., & Karpouzis, G. (2005). Estimating the passengers cost of station crowding. In *28th Australasian Transport Research Forum (ATRF), Sydney*. Retrieved from http://atrf.info/papers/2005/2005_Douglas_Karpouzis.pdf

Douglas, N., & Karpouzis, G. (2006). Estimating the passenger cost of train overcrowding. *29th Australasian Transport Research Forum*. Retrieved from http://atrf.info/papers/2006/2006_Douglas_Karpouzis_a.pdf%5Cnhttp://www.atrf.info/papers/2006/2006_Douglas_Karpouzis_a.pdf

Escobar, D. A., Tapasco, O. A., & Giraldo, J. A. (2015). Medición de Desempeño del Sistema de Transporte Cable Aéreo de la Ciudad de Manizales en Colombia, usando Tres Enfoques: Analítico, Simulado y de Accesibilidad Urbana. *Informacion Tecnologica*, *26*(6), 199–210. https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000600020

Espino, R., Ortúzar, J. D. D., & Román, C. (2004). Diseño de preferencias declaradas para analizar la demanda de viajes. *Estudios de Economía Aplicada*, *22*(3), 759–793.

Fajardo, C. L., & Gómez, A. M. (2008). Análisis de la elección modal de transporte

público y privado en la ciudad de Popayán, *33*, 157–190. Retrieved from http://revistas.urosario.edu.co/index.php/territorios/article/view/4231

Fan, Y., Guthrie, A., & Levinson, D. (2016). Waiting time perceptions at transit stops and stations: Effects of basic amenities, gender, and security. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *88*, 251–264. https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.04.012

Fu, Q., Liu, R., & Hess, S. (2012). A review on transit assignment modelling approaches to congested networks: a new perspective. *Procedia -Social and Behavioral Sciences*, *54*(0), 1145–1155. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.829

Garsous, G., Suárez-Alemán, A., & Serebrisky, T. (2017). Cable cars in urban transport: Travel time savings from La Paz-El Alto (Bolivia). *Transport Policy*, (March), 0–1. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.05.005

Haywood, L., Koning, M., & Monchambert, G. (2017a). Crowding in public transport: Who cares and why? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *100*, 215–227. https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.04.022

Heinrichs, D., & Bernet, J. S. (2012). Public Transport, Informal Settlements and Accessibility: The Case of Aerial Cable Cars in Medellín, Colombia. *Trialog*, *3*(January 2013), 38–43.

Heinrichs, D., & Bernet, J. S. (2014). Public Transport and Accessibility in Informal Settlements: Aerial Cable Cars in Medellín, Colombia. *Transportation Research Procedia*, *4*, 55–67. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.11.005

Hofer, K., Haberl, M., & Fellendorf, M. (2016). Estimating the demand of a cable car system as part of public transport in Graz. *European Transport Conference*, 1–15.

Hoffmann, K., & Liehl, R. (2005). Cable-drawn urban transport systems. *Urban Transport*, *77*, 25–36. https://doi.org/10.2495/UT050031

Jara-Diaz, S. (1999). Alienación y valor del tiempo. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Retrieved from http://web.uchile.cl/publicaciones/anales/9/estudios2.html

Jouzou, H. El. (2017). A Comparative Study of Aerial Rope- way Transit (ART) Systems. *World Transport Policy and Practice*, *22*(4), 37–44.

Kocur, G., Adler, T., Hyman, W., & Bruce, A. (1982). *GUIDE TO FORECASTING TRAVEL DEMANP WITH DIRECT UTILITY ASSESSMENT*. Washington.

Lancaster, K. J. (1966). A new approach to consumer theory. Journal of Political Economy.

Leich, J. (2015). Green Mountains, White Gold: Origins of Vermont Skiing Part 3. *Journal of New England Ski Museum*, (96).

Leitner Ropeways. (n.d.). *Ropeways in urban transport*.

Li, Z., & Hensher, D. A. (2011). Crowding and public transport: A review of willingness to pay evidence and its relevance in project appraisal. *Transport Policy*, *18*(6), 880–

887. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.06.003

Manski, C. F. (1977). *The stucture of random utility models: theory and decision*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF00133443

Mbereyaho, L., Dushimimana, A., & Nzapfakumunsi, A. (2018). Proposal of Aerial Cable Car as an Alternative Means of Public Transport in Kigali City. *International Journal of Applied Engineering Research*, *13*(8), 6216–6224.

McFadden D, & Train K. (2000). Mixed MNL models for discrete response. *Journal of Applied Econometrics*, *15*(May), 447–470. Retrieved from http://download.clib.psu.ac.th/datawebclib/e_resource/trial_database/WileyInterScienceCD/pdf/JAE/JAE_3.pdf

Medellín como vamos. (2018). Encuesta de calidad de vida 2017 - Medellín como vamos. Retrieved from https://www.medellincomovamos.org/download/presentacion-informe-de-calidad-de-vida-de-medellin-2017/

Mendieta, J. C., & Perdomo, J. A. (2008). *Fundamentos de economía del transporte : teoría, metodología y análisis de política*. (Uniandes, Ed.). Bogotá.

Meng, M., Rau, A., & Mahardhika, H. (2017). Travel Time Perception in a Multimodal Public Transport Trip. *96th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, (65), 1–15.

Metro de Medellín. (2016). Mapa de Medellín -Sistema Metro. Retrieved December 10, 2018, from https://www.metrodemedellin.gov.co/Portals/3/Images/Viajeconnosotros/mapa-ciudad_grande.jpg

Millonig, A., Sleszynski, M., & Ulm, M. (2012). Sitting, waiting, wishing: Waiting time perception in public transport. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*, 1852–1857. https://doi.org/10.1109/ITSC.2012.6338777

Ministerios de transportes y Comunicaciones. (2010). Metodología de actualización del modelo de transportes del área metropolitana de Lima y Callao, *3*, 0–162. Retrieved from https://www.mtc.gob.pe/portal/home/documentos/transparencia/Publicaciones_Recientes/2010/Nov/InformeFinalMetodologia_Nov.pdf

Mishalani, R. G., Mccord, M. M., & Wirtz, J. (2006). Passenger Wait Time Perceptions at Bus Stops : Empirical Results and Impact on Evaluating Real- Time Bus Arrival Information. *Journal of Public Transportation*, *9*(2), 89–106. https://doi.org/10.5038/2375-0901.9.2.5

National Ski Areas Association, & American National Standards Institute (ANSI). (2011). *American national standard for passenger ropeways : aerial tramways, aerial lifts, surface lifts, tows and conveyors : safety requirements*. New York: American National

Standards Institute.

Neumann, E. S. (1992). Cable-Propelled People Movers in Urban Environments. *Transportation Research Record*, (1349), 125–132.

Neumann, E. S. (1998). Edward S. Neumann, *33*(1), 51–82. Retrieved from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/atr.5670330106

Nuessgen, M., & Researcher, I. (2015). Creating opportunities in urban development, (October), 0–26. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1446.2163

Office de tourisme Grenoble-Alpes Metropole. (n.d.). Office de tourisme Grenoble-Alpes: The Cable car.

Oliveira, F. C. De, & Andrade, M. O. De. (2017). Mobility difficulties to low income people living in peripheral hill areas in Recife Brazil. *Transportation Research Procedia*, *0*(July 2016). Retrieved from https://www3.ufpe.br/poscivil/images/Mobility_difficulties_to_low_income_people_living_in_peripheral_hill_areas_in_Recife_Brazil.pdf

Orro, A. (2005). *Modelos de elección discreta en transportes con coeficientes aleatorios*. Unviersidad de a Coruña.

Orsi, F., & Geneletti, D. (2014). Assessing the effects of access policies on travel mode choices in an Alpine tourist destination. *Journal of Transport Geography*, *39*, 21–35. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.06.015

Orsi, F., & Geneletti, D. (2016). Transportation as a protected area management tool: An agent-based model to assess the effect of travel mode choices on hiker movements. *Computers, Environment and Urban Systems*, *60*, 12–22. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.07.008

Ortúzar, J. D. D., & Willumsen, L. G. (2008). *MODELOS DE TRANSPORTE* (PUbliCan). Santander. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Psarros, I., Kepaptsoglou, K., & Karlaftis, M. G. (2011). An Empirical Investigation of Passenger Wait Time Perceptions Using Hazard-Based Duration Models. *Journal of Public Transportation*, *14*(3), 109–122. https://doi.org/10.5038/2375-0901.14.3.6

Queen, C. S. (2016). *URBAN TRANSIT MODE COMPARISON AND SELECTION*. Georgia Institute of Technology.

Reichenbach, M., & Puhe, M. (2017). Flying high in urban ropeways? A socio-technical analysis of drivers and obstacles for urban ropeway systems in Germany. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *61*(December 2016), 339–355. https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.07.019

Sillano, M., & Ortúzar, J. de D. (2005). Willingness-to-pay estimation with mixed logit models: Some new evidence. *Environment and Planning A*, *37*(3), 525–550. https://doi.org/10.1068/a36137

Taylor, C. L. (1938). Aerial ropeway transport, *139*(1), 525–529.

Tezak, S., Sever, D., & Lep, M. (2016). Increasing the Capacities of Cable Cars for Use in Public Transport. *Journal of Public Transportation*, *19*(1), 1–16. https://doi.org/10.5038/2375-0901.19.1.1

The Gondola Project. (2017). Urban Gondolas / Cable Propelled Transit / Cable Cars. Retrieved July 24, 2018, from http://gondolaproject.com/

Tirachini, A., Hensher, D. A., & Rose, J. M. (2013). Crowding in public transport systems: Effects on users, operation and implications for the estimation of demand. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *53*, 36–52. https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.06.005

Train, K. E. (2009). | (2nd ed.). Cambridge university press. Retrieved from https://eml.berkeley.edu/books/choice2.html

Varotto, S. F., Glerum, A., Stathopoulos, A., Bierlaire, M., & Longo, G. (2015). Modelling travel time perception in transport mode choices. *TRB Annual Meeting 2015, Proceedings*, *2*(500), 1–15.

Vasile, C. (2015). Time Perception, Cognitive Correlates, Age and Emotions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *187*, 695–699. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.03.129

Wan, Q., & Lo, H. K. (2005). Effect of attribute perceptions on mode choice behavior in a transit market. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, *6*, 1740–1750. Retrieved from http://www.easts.info/on-line/journal.htm

Wardman, M., & Whelan, G. (2011). Twenty years of rail crowding valuation studies: Evidence and lessons from British experience. *Transport Reviews*, *31*(3), 379–398. https://doi.org/10.1080/01441647.2010.519127

Watkins, K. E., Ferris, B., Borning, A., Rutherford, G. S., & Layton, D. (2011). Where Is My Bus? Impact of mobile real-time information on the perceived and actual wait time of transit riders. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *45*(8), 839–848. https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.06.010