



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA

**DISCAPACIDAD VISUAL EN BUSES DE SANTIAGO:
VALORIZANDO ELEMENTOS DE UN DISEÑO UNIVERSAL**

NICOLÁS FABIÁN CABELLO TRONCOSO

Tesis para optar al grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Profesores Supervisores:
PATRICIA GALILEA ARANDA
JUAN DE DIOS ORTÚZAR SALAS

Santiago de Chile, Abril, 2022



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA

DISCAPACIDAD VISUAL EN BUSES DE SANTIAGO: VALORIZANDO ELEMENTOS DE UN DISEÑO UNIVERSAL

NICOLÁS FABIÁN CABELLO TRONCOSO

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

PATRICIA GALILEA ARANDA

JUAN DE DIOS ORTÚZAR

RICARDO HURTUBIA GONZALEZ

MARCELA MUNIZAGA MUÑOZ

LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS

Para completar las exigencias del grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Santiago de Chile, Abril, 2022

*A Alejandra, Mario y Joaquín por
estar siempre cuando los necesite.*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis mentores Patricia Galilea y Juan de Dios Ortúzar, quienes me acompañaron, motivaron y enseñaron mucho durante este largo camino de la investigación; tenerlos como guía ha sido sin duda una de las mejores decisiones en la universidad. También, quiero agradecer a Fundación Luz, Piane UC y Lazarillo por su ayuda tanto en la accesibilidad del instrumento que apliqué, como en la difusión de este.

Por otro lado, no puedo dejar pasar esta oportunidad para agradecer a mi familia, quienes en los momentos más difíciles siempre estuvieron allí para levantarme; agradezco a la vida por tenerlos, y si estoy en este lugar es gran parte por su esfuerzo y humildad. Obviamente también dar las gracias a mi otra familia, esa que yo elegí, y que está conformada por Caro, Dante, Ramos, Pipe, Feña, Gery, Panchito, Basti y muchas personas más que por espacio no alcanzo a nombrar.

También quiero agradecer a personas clave que, durante el proceso de modelación, fueron la voz de sabiduría que me ayudó a avanzar en la investigación; destaco a Valeria Acevedo, Margareth Gutiérrez, José Agustín Vallejo, Camila Balbontín y David Palma.

Por último, quisiera agradecer a los distintos proyectos en que participé: Tutores, GoIng, Trabajos de Invierno y ODOC, por entregarme valores que ayudaron a formarme como profesional y por mostrarme que pequeñas acciones pueden hacer grandes cambios en la sociedad. Y como no, también agradecer al fútbol y la música, mis grandes pilares y respiros para cargar energía e iluminarme con nuevas ideas.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Hipótesis y Objetivos de la Tesis.....	3
1.2 Alcance de la Tesis.....	4
1.3 Estructura de la Tesis.....	5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1 Discapacidad.....	6
2.2 Accesibilidad.....	9
2.3 Independencia.....	13
3. CONCEPTOS METODOLOGICOS.....	14
3.1 Modelos de Elección Discreta.....	14
3.1.1 Modelo Logit Multinomial (MNL).....	15
3.1.2 Modelos Logit Mixto (ML).....	18
3.1.3 Modelos Híbridos (MH).....	20
3.2 Disposición al Pago.....	23
3.3 Diseño de Experimentos de Elección en Encuestas PD.....	26
4. DISEÑO DE LA ENCUESTA.....	27
4.1 Selección de elementos.....	27
4.2 Encuesta Piloto.....	29
4.2.1 Atributos y niveles.....	29
4.2.2 Características de la encuesta piloto.....	31
4.2.3 Resultados de la encuesta piloto.....	32
4.2.4 Aprendizajes de la encuesta piloto.....	34
4.2.5 Simulación para recuperar parámetros.....	35
4.3 Encuesta final.....	38
4.3.1 Atributos y niveles.....	38
4.3.2 Característica de la encuesta final.....	39

4.3.3 Recolección y análisis de los datos.....	40
4.4 Corrección de la muestra	48
5. RESULTADOS	50
5.1 Modelo ML Base	51
5.2 Modelo ML con VSG	52
5.3 Modelo ML con Parámetros Aleatorios	56
5.4 Modelo Híbrido (MH)	64
5.5 Valorización de atributos.....	73
5.5.1 Modelo Logit Mixto con Parámetros Aleatorios.....	74
5.5.2 Modelo Híbrido	78
6. CONCLUSIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA	87
Anexo A: Principios de un DU.....	97
Anexo B: Listado de elementos en la bibliografía y casos internacionales.....	99
Anexo C: Encuesta Delphi	100
Anexo D: Encuesta Final.....	102
Anexo E: Comparativa de Parámetros Modelo ML con VSG	122
Anexo F: Estimación Bayesiana para Parámetros Individuales (<i>posterioris</i>).....	123
Anexo G: Comparativa de Parámetros Modelo ML con Parámetros Aleatorios	125
Anexo H: Análisis factorial exploratorio	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Categorías de discapacidad visual OMS	9
Tabla 3-1: Comparación de valoraciones de atributos	25
Tabla 4-1: Características de los atributos a ser utilizados.....	30
Tabla 4-2: Atributos utilizados en el modelo MNL base	33
Tabla 4-3: Estimación de modelos MNL con datos de la encuesta piloto	34
Tabla 4-4: Bloques de tiempo de espera para la encuesta final.....	35
Tabla 4-5: Comparación de parámetros reales vs simulados	37
Tabla 4-6: Distribución de ingresos de la muestra	44
Tabla 4-7: Actividades principales de la muestra.....	46
Tabla 4-8: Distribución de los tiempos de espera.....	47
Tabla 4-9: Discapacidades reportadas en la muestra.....	48
Tabla 5-1: Resultados modelo ML base	51
Tabla 5-2: Descripción de variaciones sistemáticas de gustos	53
Tabla 5-3: Resultados modelo ML con VSG	55
Tabla 5-4: Resultados modelo ML-RP con <i>outliers</i>	59
Tabla 5-5: Resultados modelo ML-RP sin <i>outliers</i>	62
Tabla 5-6: Parámetros base promedios del Modelo ML	63
Tabla 5-7: Indicadores utilizados en la Encuesta	65
Tabla 5-8: Descripción de variables de las ecuaciones estructurales	66
Tabla 5-9: Resultados modelo Híbrido.....	69
Tabla 5-10: Parámetros base promedio del modelo Híbrido.....	70
Tabla 5-11: Resultados ecuaciones estructurales	70
Tabla 5-12: Resultados ecuaciones de medición.....	72
Tabla 5-13: Comparación de parámetros modelos ML y MH	72
Tabla 5-14: Tasa de sustitución – parámetros base modelo ML	74
Tabla 5-15: Valorización de atributos – parámetros base modelo ML	75
Tabla 5-16: Valoración información audiovisual al interior del bus - modelo ML con VSG	75
Tabla 5-17: Valoración información auditiva al exterior del bus - modelo ML con VSG ..	76
Tabla 5-18: Tasa de sustitución – parámetros base modelo MH.....	78
Tabla 5-19: Valorización de atributos – parámetros base modelo MH.....	78
Tabla 5-20: Valoración información audiovisual al interior del bus - modelo MH con VSG	81

Tabla 5-21: Valoración información auditiva al exterior del bus - modelo MH con VSG .	80
Tabla 5-22: Parámetros asociados a la independencia tecnológica.....	82
Tabla 5-23: Valorización de las variaciones entre los dos casos considerados.....	82
Tabla 7-1: Lista de elementos de la bibliografía y casos internacionales	99
Tabla 7-2: Comparación de parámetros modelo ML con VSG.....	122
Tabla 7-3: Comparación de parámetros modelo ML con parámetros aleatorios	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Flota de RED sin Accesibilidad Universal	12
Figura 4-1: RMSE para distintos valores de σ	38
Figura 4-2: Ejemplo de un escenario de elección.....	40
Figura 4-3: Distribución de edades de la muestra	42
Figura 4-4: Distribución de género por edades	43
Figura 4-5: Distribución geográfica de la muestra	44
Figura 4-6: Distribución de la muestra según último nivel educacional	45
Figura 4-7: Modos de transporte principal de los encuestados	46
Figura 4-8: Distribución de la muestra según sus dificultades en la visión	48
Figura 5-1: Parámetros individuales de la estandarización de elementos	58
Figura 5-2: Parámetros individuales del tiempo de espera.....	60
Figura 5-3: Estructura global modelo MIMIC	67
Figura 7-1: Página 1 Encuesta Delphi	100
Figura 7-2: Página 2 Encuesta Delphi	101
Figura 7-3: Página 1 Encuesta Final.....	102
Figura 7-4: Página 2 Encuesta Final.....	103
Figura 7-5: Página 3 Encuesta Final.....	103
Figura 7-6: Página 4 Encuesta Final.....	104
Figura 7-7: Página 5 Encuesta Final.....	105
Figura 7-8: Página 6 Encuesta Final.....	106
Figura 7-9: Página 7 Encuesta Final.....	107
Figura 7-10: Página 8 Encuesta Final.....	109
Figura 7-11: Página 9 Encuesta Final.....	110
Figura 7-12: Página 10 Encuesta Final.....	111
Figura 7-13: Página 11 Encuesta Final.....	111
Figura 7-14: Página 12 Encuesta Final.....	112
Figura 7-15: Página 13 Encuesta Final.....	112
Figura 7-16: Página 14 Encuesta Final.....	113
Figura 7-17: Página 15 Encuesta Final.....	114
Figura 7-18: Página 16 Encuesta Final.....	115
Figura 7-19: Página 17 Encuesta Final.....	115
Figura 7-20: Página 18 Encuesta Final.....	116

Figura 7-21: Página 19 Encuesta Final.....	117
Figura 7-22: Página 20 Encuesta Final.....	118
Figura 7-23: Página 21 Encuesta Final.....	118
Figura 7-24: Página 22 Encuesta Final.....	119
Figura 7-25: Página 23 Encuesta Final.....	120
Figura 7-26: Página 24 Encuesta Final.....	121
Figura 7-27: Correlación entre indicadores.....	126

RESUMEN

Con el objetivo de mejorar el acceso y uso de sus servicios por cualquier persona, independiente de las necesidades especiales que tengan, instituciones del transporte público como Metro y Red Metropolitana de Movilidad han implementado distintos planes de accesibilidad y mejoras en la infraestructura. Sin embargo, estos avances se han enfocado principalmente en las dificultades de las personas que se movilizan en silla de ruedas, quienes tienen necesidades muy distintas a las de individuos con otras discapacidades presentes en la sociedad, como las que sufren de discapacidad visual.

Entonces, este estudio tiene como objetivo entender las necesidades de personas con discapacidad visual que acceden al transporte público a través de un paradero de buses y, a su vez, proponer la valorización de elementos que pudiesen mejorar su experiencia en el uso de buses del transporte público de Santiago.

Para cumplir este objetivo, se estimó modelos de elección discreta (Logit Mixto e Híbridos) a partir de datos provenientes de una encuesta de preferencias declaradas. La estimación de modelos Híbridos permitió incorporar variables latentes asociadas a la independencia de las personas, tanto en términos de movilidad como en el uso de tecnologías.

Los resultados de esta investigación indican diferencias no menores en la valorización de los elementos, y heterogeneidad en las preferencias de los usuarios, que deberían considerarse en futuras evaluaciones sociales de proyectos. En particular, se detectan diferencias en la valoración de los elementos por parte de personas que presentan discapacidad visual y por parte de quienes poseen una menor independencia al movilizarse y/o hacer uso de tecnologías.

Finalmente, este estudio busca aportar en la discusión de futuras políticas públicas relacionadas al ámbito de accesibilidad universal, compartir los aprendizajes obtenidos al crear un instrumento adaptable a las necesidades de personas con discapacidad visual e incentivar futuros estudios en el área.

Palabras Claves: *discapacidad visual, independencia, accesibilidad universal, modelos de elección discreta.*

ABSTRACT

Various accessibility plans and infrastructure improvements in the public transport institutions, such as Metro and Red Metropolitana de Movilidad, have been implemented in order to enable the access for all the population to the services regardless of their special needs. However, these improvements have focused mainly on the difficulties of a wheelchair, which are very different needs from other disabilities present in society, such as those suffering from visual impairment.

Therefore, this study aims to understand the needs of visually impaired people who access public transportation at a bus stop and, at the same time, propose the valuation of elements that could improve their experience while using public buses in Santiago.

To meet this objective, discrete choice models (Mixed Logit and Hybrid) were estimated, using data from a stated preference survey. The estimate of Hybrid Choice models allows to incorporate latent variables associated with people's independence, both in terms of mobility and in the use of technology.

The results of this research indicate several differences in the value of the elements, and heterogeneity in the preferences of the users, which should be considered in future projects of social evaluation. Differences are detected particularly in the valuation of the elements by individuals who are visually impaired, and by those who have less independence when moving around and/or using technology.

Finally, this study seeks to contribute in the discussion of future public policies related to universal accessibility, to share the lessons learned by creating an instrument adaptable to the needs of people with visual impairment, and to encourage future studies in this area.

Keywords: *visual impairments, independence, universal accessibility, discrete choice models.*

1. INTRODUCCIÓN

Las labores rutinarias y múltiples acciones que deben realizar diariamente las personas, han convertido a la movilidad en un factor cada vez más importante para ser un ciudadano en pleno funcionamiento (Aarhaug y Elvebakk, 2005). Así, es interesante entender cómo las restricciones de movilidad pueden constituirse en una causa de exclusión social (Preston y Rajé, 2007; Priya y Uteng, 2009), al impedir participar, a parte de la población, en relaciones y actividades que están disponibles para la mayoría de la sociedad (Levitas et al., 2007).

Las personas con discapacidad son frecuentemente identificadas como uno de los grupos excluidos socialmente a consecuencia de una movilidad reducida, junto con personas de la tercera edad, mujeres, y personas de bajos ingresos, entre otros (Barnes y Mercer, 2005). Así, la accesibilidad reducida al transporte público es una de las principales causas de esta exclusión social (Rosenbloom, 2007). Es importante aclarar que el espectro de discapacidad no solo considera a personas en silla de ruedas, como generalmente se hace en políticas públicas o publicaciones académicas (Low et al., 2020), sino que también considera a la población con dificultades de visión, y discapacidades cognitivas, entre otras.

La accesibilidad juega un rol importante, sobre todo a la hora de planificar y construir la ciudad (Peña et al., 2018). El enfoque de accesibilidad busca que cualquier sistema cumpla con el fin tener un servicio, producto, edificación, entorno urbano o medio de comunicación, que pueda ser utilizado en condiciones de comodidad, seguridad, igualdad y autonomía por toda la población, incluso aquellos con alguna necesidad distinta (Prett, 2010). Asociado a la accesibilidad, surgió el concepto de *diseño universal* (DU), que busca la concepción de productos y servicios aptos para todos (Stephanidis, 2001). El DU se ha aplicado en Chile, en instituciones de transporte público como Metro y Red Metropolitana de Movilidad (Red). En efecto, Metro implementó un plan de accesibilidad universal, en que antes del estallido social de octubre del 2019, contaba con ascensores equipados en el

100% de las estaciones y también diferentes elementos de accesibilidad universal en todas sus líneas (MTT, 2020). Por otro lado, a fines del año 2019 cerca del 87% de los 6.493 buses de la flota base de Red contaba con accesibilidad universal (DTPM, 2020); esto es, rampas, asientos preferentes, y espacios reservados para silla de ruedas, entre otros.

A pesar de lo anterior, y como ya se expuso anteriormente, el enfoque de accesibilidad de estas instituciones se refiere básicamente a personas en silla de ruedas, pero esta no es la única discapacidad existente. Así, en esta tesis, se abordará y estudiará las necesidades de la población con discapacidad visual, tales como la dificultad de acceder a la información, y la falta de independencia al movilizarse en lugares desconocidos, por mencionar algunas (Casey et al., 2013). Este es un problema importante, dado que cerca del 72% de la población con discapacidad (PcD), mayor a 18 años, posee algún tipo de enfermedad asociada a la visión y, más grave aún, cerca del 11,9% de estos son personas ciegas o con dificultades para ver, incluso usando lentes (SENADIS, 2016). Además, se proyecta que la población adulta mayor en Chile aumente (Apella et al., 2019), y esta es justamente la que presenta mayores índices de discapacidad (SENADIS, 2016).

A fin de avanzar en estos temas y crear una comunidad inclusiva, Chile ha ido avanzando en crear un marco legal en torno a personas con discapacidad. En primera instancia rigió la Ley de Integración Social de las Personas con Discapacidad (Ley 19.284), publicada en 1994, junto a la ratificación del Protocolo Facultativo de la Asamblea General de Naciones Unidas, en que la nación se comprometía a: “...*promover, proteger y asegurar el goce pleno y en condiciones de igualdad de todos los derechos humanos y libertades fundamentales para todas las personas con discapacidad*” (Organización de las Naciones Unidas, artículo 1, 2006: 4). Estos documentos fueron la base y los predecesores de la actual Ley 20.422, que establece los pilares y normas para la igualdad de oportunidad e inclusión de personas con discapacidad (Ministerio de Planificación, 2010). Por ende y tomando en consideración el creciente interés de los gobiernos ante los objetivos de desarrollo sostenibles aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas (Cepal,

2019), parece importante abordar estos temas, considerando las distintas necesidades de los ciudadanos al diseñar los servicios.

Este estudio tomará como base las investigaciones de Peña et al. (2018) y Acevedo et al. (2021), quienes valorizaron distintos elementos propios de un DU en el caso de paraderos de buses de transporte público en Santiago, enfocándose en personas de movilidad reducida. Además, se buscará distinguir diferencias en la valorización de distintos elementos, según el grado de independencia tanto tecnológica como de movilidad de las personas.

A continuación, se presentan las hipótesis, principales objetivos, alcances y estructura de la presente investigación.

1.1 Hipótesis y Objetivos de la Tesis

La hipótesis principal de esta investigación es que los usuarios de transporte público con discapacidad visual en Santiago, poseen distintas necesidades y valoran más que las personas sin dificultades de visión el desarrollo de proyectos de accesibilidad universal.

Por su parte, el objetivo principal de la tesis es determinar la valorización (disposición al pago) de elementos que pudieran mejorar la accesibilidad a buses del transporte público por parte de personas ciegas o con visión parcial. Para esto, y a fin de poder caracterizar mejor a los distintos tipos de individuos analizados, se incluirá variables latentes que permitan capturar aspectos del comportamiento individual que no pueden ser medidos directamente; en este caso, la independencia, tanto tecnológica como de movilización. Los resultados debieran ser útiles en futuras evaluaciones sociales y/o usarse como sustento para el diseño de futuras políticas públicas relacionadas con estos temas. Para lograrlo, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Establecer, en base a una revisión bibliográfica, entrevistas y *focus group*, elementos de DU que permitan mejorar la accesibilidad de personas con discapacidad visual a buses de transporte público en Santiago.
- Formular modelos que consideren elementos de accesibilidad universal e incluyan variables que representen tanto la independencia tecnológica como de movilidad, y estimarlos a partir de datos correspondientes una muestra especialmente seleccionada para este estudio.
- En base a los resultados de los modelos anteriores, determinar el valor subjetivo de los elementos de accesibilidad universal considerados y estudiar sus diferencias según las características de las personas.

1.2 Alcance de la Tesis

Esta investigación busca aportar e incentivar futuros estudios de accesibilidad en el transporte público de Santiago, específicamente valorando atributos que podrían mejorar la experiencia de personas con discapacidad visual en buses. Específicamente, se valorará tres elementos: (i) la información audiovisual al interior del bus; (ii) la información auditiva en el exterior del bus y (iii) la estandarización de los distintos elementos al interior del sistema de transporte público. La cantidad acotada de elementos busca facilitar la distinción de los efectos de los atributos en las decisiones de las personas (Ortúzar y Willumsen, 2011).

Para entender el comportamiento de las personas, se requiere construir un banco de datos, a partir de encuestas de preferencias declaradas (PD), pues se aspira a valorizar elementos que no están presentes actualmente en los buses del transporte público de Santiago.

La encuesta tuvo una versión piloto, aplicada a una muestra acotada, que buscaba validar la estructura del instrumento y la significancia de los elementos seleccionados; luego se construyó la encuesta definitiva, instrumento que fue difundido tanto por redes sociales, como personalmente en paraderos y puntos estratégicos de la ciudad.

Tras esto, se formuló modelos de elección discreta, que buscaban entender la toma de decisión de las personas y permitieron, finalmente, obtener las valorizaciones de los elementos mencionados.

1.3 Estructura de la Tesis

La tesis se subdivide en seis capítulos. En el segundo, se explican los conceptos fundamentales que serán desarrollados y tratados en el estudio. En el tercero se presenta la metodología, que incluye la formulación de modelos de elección discreta, la determinación de la disposición al pago y el diseño de las encuestas de preferencias declaradas. En el cuarto capítulo, se profundiza en la construcción tanto de la encuesta piloto como de la encuesta definitiva y en la posterior difusión y análisis de esta última. En el penúltimo capítulo se presentan los principales modelos estimados, acompañados de un análisis para cada uno de ellos. Finalmente, en el sexto capítulo, se discuten las principales conclusiones de la tesis, junto a futuras líneas de investigación que surgen de los resultados del presente estudio.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En esta sección se detallarán algunos conceptos clave utilizados a lo largo de la investigación. Entre estos se encuentran: *Discapacidad*, *Accesibilidad Universal* e *Independencia*.

2.1 Discapacidad

En Chile, la discusión en torno a la discapacidad ha sido parte de la agenda política, sobre todo luego del retorno a la democracia, donde organizaciones de la sociedad civil han generado presión para la discusión y posterior promulgación de leyes vinculadas a mejorar la calidad de vida de las personas con necesidades distintas (Espinosa, 2016).

El término *discapacidad* ha ido sufriendo modificaciones en el tiempo que se han tratado de explicar en base a distintos modelos, entre los que destacan el Modelo Médico, el Modelo Social y el Modelo Relacional. El primero (también conocido en la literatura como Modelo Rehabilitador o Individual), plantea que tener una discapacidad está asociada a un cuerpo defectuoso, o algún impedimento y/o deficiencia que restringe el día a día del individuo (Ferreira, 2010). Por consiguiente, se pone énfasis en cómo tratar esta deficiencia, con miras a obtener una cura, o una mejora en la inserción de la persona; así la discapacidad se entiende como un problema intrínseco del individuo y se argumenta que sus causas son el resultado de limitaciones funcionales o pérdidas psicológicas (Victoria, 2013).

En el Modelo Social se plantea que la sociedad debe ser concebida y diseñada considerando las distintas necesidades de la población, con miras a integrar la diversidad (Pérez-Bueno, 2010). Este modelo sitúa al individuo como centro de todas aquellas decisiones que le afectan, y plantea el problema como uno de la sociedad y el Estado, debido a su falta de empatía y sensibilidad (Victoria, 2013). Con lo anterior, es posible

deducir que el gran responsable de facilitar y romper las barreras impuestas para gozar de una igualdad de derechos sería, justamente, el Estado (Quinn y Degener, 2002).

En el Modelo Relacional, se sostiene que el problema no está situado exclusivamente en el entorno o en la persona, tal como lo indican los modelos anteriores, sino más bien en la relación entre el individuo y el medio donde éste desarrolla sus actividades (Pérez y Chhabra, 2019). Este modelo tiene tres ideas principales: (i) la discapacidad proviene de un desajuste entre la persona y su medio; (ii) la discapacidad es situacional o contextual, y (iii) la discapacidad es relativa (Goodley, 2017). Así, se trata de encontrar un equilibrio entre las características y capacidades del individuo, y las demandas y barreras socioambientales (Grue, 2010), entendiendo que la discapacidad es relativa respecto al medio y, también, situacional en relación al contexto donde la persona se desenvuelve (Pérez y Chhabra, 2019).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), por su parte, publicó la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF), en la cual define a la discapacidad como la compleja relación entre ... *“la condición de salud de una persona y sus factores personales, y los factores externos que representan las circunstancias en que vive esa persona”* (OMS, 2001). En el caso chileno, el Segundo Estudio Nacional de Discapacidad (ENDISC II), define a las personas discapacitadas como ... *“aquellas personas que, en relación a sus condiciones de salud física, psíquica, intelectual, sensorial u otras, al interactuar con diversas barreras contextuales, actitudinales y ambientales, presentan restricciones en su participación plena y actividad en la sociedad”* (SENADIS, 2016).

En esta tesis la discapacidad se aborda desde una perspectiva relacional; esto es, entendiendo que las personas con discapacidad tienen necesidades distintas ante ciertas situaciones, por lo que se debe trabajar el entorno donde se desenvuelven con miras a superar las barreras existentes y satisfacer sus distintas necesidades que dependen de sus características.

Discapacidad Visual

La discapacidad visual, también ha tenido cambios tanto en su terminología, como en su definición (Suárez, 2011). En cuanto a terminología, se suele usar conceptos como *visión parcial*, *visión defectuosa* y/o *baja visión* para indicar el deterioro comprendido entre la visión normal y la ceguera (Escudero, 2011); un estudio sobre prevención de la ceguera de la OMS, define *baja visión* como la alteración irreversible del funcionamiento ocular, incluso post realización de algún tratamiento o corrección de su funcionamiento (OMS, 1973).

Sin embargo, con el paso del tiempo, se han producido ciertas diferencias respecto a lo que abarcaba el concepto, por lo cual la OMS actualizó los criterios y terminología a través del informe *Development of Standards for Characterization of Vision Loss and Visual Functioning* (OMS, 2003). Tras esto, en el año 2009 el término *baja visión* fue reemplazado por *discapacidad visual moderada y severa*, que dependen de la *agudeza visual* (AV) lejana, como se muestra en la Tabla 1 (OMS, 2010).

La AV se expresa en fracciones, e indica la visión del individuo respecto a una persona con visión normal. Por ejemplo, una AV de 20/40 significa que la persona es capaz de ver bien un objeto a 20 pies y una persona con visión normal a 40 pies; es decir, tiene una discapacidad visual leve. En el contexto de esta investigación se considerará tres grados de visión: Visión Normal, correspondiente a la categoría 0 de la Tabla 1; Visión Parcial, para personas de las categorías 1 y 2; y Ciegos, pertenecientes a las categorías 3, 4 y 5.

Tabla 2-1: Categorías de discapacidad visual OMS

Categoría	Agudeza visual (AV) lejana	
	AV menor a:	AV igual o mayor a:
0: discapacidad visual leve o sin discapacidad	No aplica	6/18 (metros) 3/10 (0.3) 20/60 (pies)
1: discapacidad visual moderada	6/18 (metros) 3/10 (0.3) 20/60 (pies)	6/60 (metros) 1/10 (0.1) 20/200 (pies)
2: discapacidad visual severa	6/60 (metros) 1/10 (0.1) 20/200 (pies)	3/60 (metros) 1/20 (0.05) 20/400 (pies)
3: ceguera	3/60 (metros) 1/20 (0.05) 20/400 (pies)	1/60 (metros) 1/50 (0.02) 5/300 (pies)
4: ceguera	1/60 (metros) 1/50 (0.02) 5/300 (pies)	Percepción de luz
5: ceguera	No percepción de luz	

Fuente: Suárez (2011)

2.2 Accesibilidad

La *accesibilidad* aparece de forma conceptualmente clara en la literatura cerca de los años setenta del siglo pasado (De Asís, 2013). De ahí, al igual que muchos otros conceptos, como la discapacidad, adquiere un significado común, cotidiano, pero varía su significado según el contexto en el cual está inmerso (Iwarsson y Ståhl, 2003); este depende del área y/o gobiernos involucrados en su estudio, quienes lo describen acorde a sus tradiciones, y en pos de sus propósitos (López, 2016).

Es así como la accesibilidad ha sido definida de distintas formas. Desde el punto de vista arquitectónico, se entiende como ... “*la característica básica del entorno construido. Es la condición que posibilita llegar, entrar, salir y utilizar las casas, tiendas, teatros, parques y lugares de trabajo*” (CCPT, 1996). Por otro lado, en planificación de transporte,

el concepto hace alusión al ... *“tiempo o distancia necesaria para diferentes actividades o destinos en la sociedad para una población determinada”* (Pirie, 1979).

A pesar de esto, la definición que más se aproxima y ajusta a lo que se utilizará en el presente estudio, menciona la superación de las barreras que no permiten desarrollar de manera independiente las actividades cotidianas de una persona. Esta se debe a ACCEPLAN (2003), quienes mencionan que la accesibilidad ... *“Es la característica que permite que los entornos, productos y servicios sean utilizados sin problemas por todas las personas, para conseguir los objetivos para los que están diseñados”*.

Ahora bien, cuando se discute sobre accesibilidad, además de su definición, existen otras líneas de estudio relacionadas, tales como sus componentes, niveles y dimensiones. Diversos autores han descrito las componentes de la accesibilidad (Peña et al., 2018); por ejemplo, Iwarsson y Ståhl, (2003) sostienen que la accesibilidad debe estar fundamentada desde dos componentes: la personal, asociada a las capacidades funcionales intrínsecas de la persona o grupo de referencia, y la ambiental, relacionada con las barreras del entorno de referencia. Al año siguiente, Geurs y van Wee (2004) propusieron otra perspectiva, busca explicar la accesibilidad desde cuatro componentes: individual, temporal, transporte y uso de suelo.

Iwarsson y Ståhl (2003) proponen tres niveles de accesibilidad, aludiendo al impacto sociológico del término. Así, definen el nivel micro, cuando se refiere al entorno inmediato (por ejemplo, las viviendas); nivel meso, al referirse al entorno público al aire libre y las instalaciones públicas de la ciudad local; por último, el nivel macro hace referencia a toda la sociedad, ya sea a nivel nacional o global. También dividen las dimensiones de la accesibilidad en tres: (i) el entorno físico; (ii) la información y (iii) las actividades junto a los servicios sociales, siendo la primera la más abordada cuando se habla de accesibilidad. Sin embargo, en los últimos años, se ha visto un creciente intereses en las otras dos dimensiones.

En esta tesis y tal como se mencionó con anterioridad, se abordará la accesibilidad como la yuxtaposición entre la componente personal (considerando las distintas necesidades que

tienen las personas sin y con discapacidad visual) y la componente ambiental (junto a las distintas barreras presentes en la sociedad). De igual forma y dado que se estudiará el caso de Santiago, se abordará la accesibilidad desde una perspectiva meso, enfocándose en la información y entorno físico de los buses de la red de transporte público.

Accesibilidad de la flota en la Red Metropolitana de Movilidad

La Red Metropolitana de Movilidad (ex Transantiago), ha tenido importantes avances en cuando a la accesibilidad de su flota de buses. En los inicios de su operación (el año 2007), menos de la mitad de la flota tenía elementos fundamentales para personas con necesidades distintas, como espacios para sillas de ruedas, señalización en braille, rugosidades en pasamanos, entre otros. En la actualidad esta cifra ha aumentado considerablemente, llegando a tener un 86,9% de accesibilidad el año 2019 (DPTM, 2020), tal como se puede observar en la Figura 2-1.

A pesar de esto, algunas instituciones como Ciudad Accesible (2018), han manifestado su preocupación por la calidad del diseño accesible actual en los buses, incluyendo el diseño de rampas, la interacción paradero – bus, y la existencia de asientos preferenciales, entre otros. Esto se debe a que 49,9% de las personas con alguna discapacidad pertenecen a los hogares de menos recursos del país (SENADIS, 2016) y esto no les permite tener un vehículo propio, ya sea por sus escasos ingresos o porque su discapacidad no les permite usarlo. Además, se debe considerar el envejecimiento de la población chilena (Apella et al., 2019), cuya consecuencia es que muchas personas de la tercera edad vayan dejando de ocupar sus vehículos privados, debido a problemas de salud y pérdidas de capacidad motriz, y comiencen a utilizar transporte público.

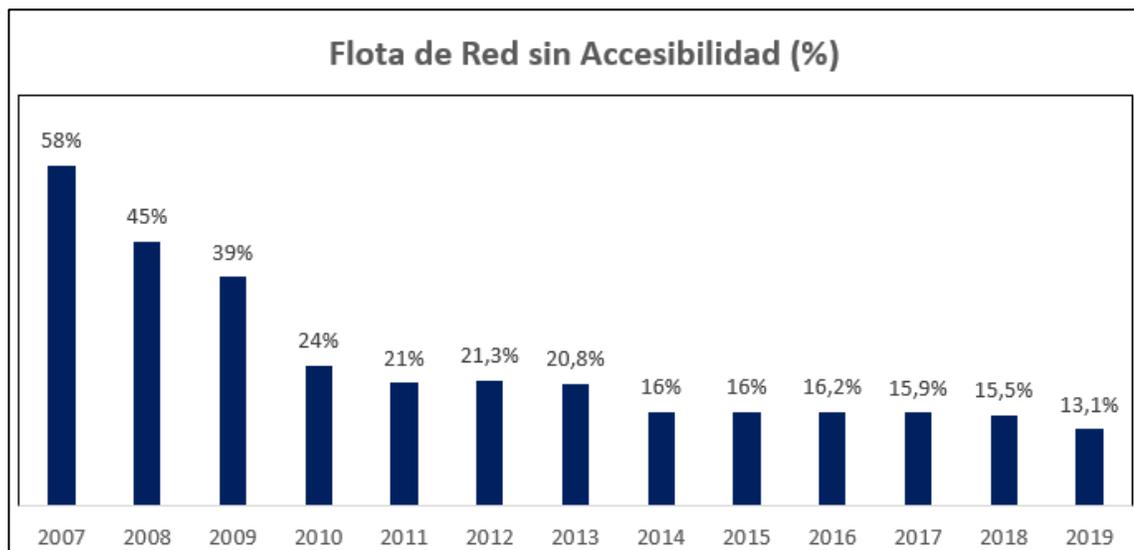


Figura 2-1: Flota de RED sin Accesibilidad Universal
Fuente: Elaboración propia a partir del Informe de Gestión RED 2019

Accesibilidad Universal

Se entiende como la condición que deben cumplir los entornos, procesos, bienes, productos y servicios, así como los objetos o instrumentos, herramientas y dispositivos, para ser comprensibles, utilizables y prácticos para todas las personas, en condiciones de seguridad y comodidad, de la forma más autónoma y natural posible (Ley N°20.422 de Chile, 2010). Es decir, la accesibilidad universal considera a todas las personas con sus distintas necesidades, incluso si eso llega a requerir un diseño especializado, como en el caso de algunos elementos necesarios para personas con discapacidad visual (por ejemplo: información en sistema Braille).

2.3 Independencia

Un concepto relevante a la hora de viajar y que será utilizado dentro de la modelación es la *independencia* en el viaje. A nivel de personas, la independencia se asocia conceptualmente a no depender de terceras personas, realizando por sí mismas actividades cotidianas, acercándose al concepto de autosuficiencia (López, 2010). En esta tesis se buscará modelar la independencia tanto tecnológica como de movilidad de las personas, es decir, cuan capaces son de acceder y hacer uso de las tecnologías, además de movilizarse y realizar acciones diarias sin la necesidad de ayuda y/o intervención de terceros para lograr ese objetivo.

En cuanto a estudios relacionados con este concepto, destacan el de Collins y O'Mahony (2015), quienes abordan la independencia personal como una variable clave en la elección de actividades de adultos con discapacidad física, y la reciente investigación de Márquez et al. (2019), quienes realizaron un estudio en la ciudad de Tunja (Colombia) que abordó los factores que afectan la independencia personal y la accesibilidad percibida de las personas con problemas de movilidad en un contexto de elección de transporte urbano.

3. CONCEPTOS METODOLOGICOS

En este capítulo se describen someramente los distintos modelos de elección discreta, que serán estimados en la tesis, mediante datos obtenidos de una encuesta de preferencias declaradas (PD).

3.1 Modelos de Elección Discreta

Diariamente las personas se enfrentan a disyuntivas en las cuales deben elegir una opción dentro de un conjunto de alternativas. Los modelos de elección discreta estiman probabilidades de elección para cada alternativa en base a sus atributos y también considerando las características de cada individuo (Ortúzar y Willumsen, 2011).

La base de estos modelos es la teoría de utilidad aleatoria (Domencich y McFadden, 1975), la cual postula que los individuos se comportan de forma racional y poseen información perfecta; de esta forma elegirán la alternativa que les otorgue una mayor utilidad en base a las restricciones que enfrente cada uno. Dicha utilidad posee dos componentes: una observable o representativa (denominada componente determinística V_{iq}) y una de naturaleza aleatoria. La primera usualmente se define como una combinación lineal de atributos medibles X_{ikq} :

$$V_{iq} = \sum_k X_{ikq} * \theta_{ik} \quad (3.1)$$

en que θ_{ik} son parámetros a estimar que no varían entre los individuos q , pero si respecto a las alternativas i .

Por otro lado, se tiene la componente no observable y estocástica ε_{iq} , que permite representar ya sea el efecto de errores en la medición de los atributos o variación de gustos de los individuos, entre otros (Manski, 1977). De este modo la utilidad se define como:

$$U_{iq} = V_{iq} + \varepsilon_{iq} \quad (3.2)$$

Como los individuos escogen la alternativa de mayor utilidad, se tendrá que el individuo i escogerá la alternativa A_i , dentro de un conjunto de alternativas A_q , solo si se cumple que:

$$U_{iq} \geq U_{jq} \quad \forall A_j \in A_q \quad (3.3)$$

relación que, al ser escrita en base a las componentes determinística y aleatoria, queda:

$$V_{iq} - V_{jq} \geq \varepsilon_{jq} - \varepsilon_{iq} \quad \forall A_j \in A_q \quad (3.4)$$

Dado que el modelador desconoce el valor de la diferencia de los errores, solo se podrá determinar la probabilidad de elegir la alternativa A_i como (Ortúzar y Willumsen, 2011):

$$P_{iq} = Prob \{ \varepsilon_{jq} \leq \varepsilon_{iq} + V_{iq} - V_{jq} \quad \forall A_j \in A_q \} \quad (3.5)$$

De esta forma, la forma funcional del modelo depende de la distribución de la componente de error ε_{iq} . A continuación, se describen los modelos utilizados en el estudio.

3.1.1 Modelo Logit Multinomial (MNL)

Este modelo es uno de los más utilizados dentro de la familia de modelos de elección discreta, por ser el más sencillo y abordable. Para generarlo se considera que la componente de error distribuye Gumbel independiente e idéntico (iid), con media cero y varianza σ^2 (Ortúzar y Willumsen, 2011). Asumiendo dicha distribución, se obtiene que la probabilidad que un individuo q elija la alternativa i estará dada por:

$$P_{iq} = \frac{e^{\lambda V_{iq}}}{\sum_{A_j \in A_q} e^{\lambda V_{jq}}} \quad (3.6)$$

donde el parámetro de escala λ , está relacionado con la desconocida varianza de los errores σ^2 a través de la expresión:

$$\lambda^2 = \frac{\pi^2}{6\sigma^2} \quad (3.7)$$

Ahora bien, en general λ es no identificable, dado que no se puede estimar por separado de θ , por lo que se suele normalizar en uno.

Con el fin de poder estimar los valores de los parámetros θ_{ik} , se usa el método de máxima verosimilitud, que permite estimar el conjunto de parámetros más probables de la distribución asumida para representar el fenómeno (en este caso probabilidades MNL) para un conjunto de observaciones, maximizando el valor de la función de verosimilitud. Considerando observaciones independientes, dicha función está definida como:

$$L(\theta) = \prod_{q=1}^Q \prod_{A_j \in A_q} (P_{jq})^{g_{jq}} \quad (3.8)$$

donde g_{jq} es igual 1 si el individuo q escoge la alternativa j y cero en otro caso.

Usualmente, se utiliza el logaritmo natural de la función de verosimilitud presentada en (3.8), denominada log-verosimilitud, lo cual hace más manejable su maximización y llega al mismo resultado óptimo θ^* (Ben-Akiva y Lerman, 1985).

$$l(\theta) = \sum_{q=1}^Q \sum_{A_j \in A_q} g_{jq} \ln(P_{jq}) \quad (3.9)$$

Al maximizar la función (3.9), es posible obtener los estimadores máximos verosímiles θ^*_{jk} , que distribuyen asintóticamente $N(\bar{\theta}, S^2)$, donde $\bar{\theta}$ indica el vector de parámetros θ_{jk} , mientras que S^2 es la matriz de covarianza, denotada por:

$$S^2 = - \left(E \left(\frac{\partial^2 l(\theta)}{\partial \theta^2} \right) \right)^{-1} \quad (3.10)$$

Esta matriz es de suma importancia para determinar la significancia de los parámetros estimados mediante el test t, que permite rechazar (o no) la hipótesis nula que el parámetro es estadísticamente igual a cero. El test t está definido por:

$$t_\alpha = \frac{\theta_{jk}^* - \theta_{jk}}{s_k} \approx N(0,1) \quad (3.11)$$

donde s_k corresponde al error estándar del parámetro θ_{jk}^* y θ_{jk} es su valor verdadero, en este caso, cero.

Para comparar modelos se puede utilizar el test de Razón Verosimilitud (LR), si un modelo es una versión restringida del otro (Ortúzar y Willumsen, 2011). LR es entonces definido como:

$$LR = -2 \{l(\theta_r^*) - l(\theta^*)\} \quad (3.12)$$

donde $l(\theta_r^*)$ representa la log-verosimilitud del modelo restringido con r restricciones lineales, mientras que $l(\theta^*)$ es la log-verosimilitud del modelo general; LR distribuye asintóticamente χ^2 con r grados de libertad. El modelo restringido no sería adecuado si se rechazara la hipótesis nula, es decir, si $LR > \chi_{r,\alpha}^2$, en que α es el nivel de significancia postulado, por ejemplo 95%.

Dentro de las limitaciones asociadas a aplicar el MNL (Train, 2009), se encuentran que no permite tratar correlación entre alternativas, ni variaciones en los gustos (a menos que se caracterice las diferencias en preferencias y percepciones de los individuos, como se verá a continuación), y tampoco permite heteroscedasticidad (entre alternativas u observaciones); estas limitaciones pueden ser resueltas utilizando modelos más complejos como los que se presentarán más adelante.

Variaciones Sistemáticas en los Gustos (VSG)

No permitir variaciones en los gustos es una de las más fuertes limitaciones del modelo MNL. Los individuos tienen distintos gustos y responden en base a sus necesidades y preferencias. A pesar de ello, puede existir la posibilidad que individuos similares (en base a sus características individuales como edad, género, nivel socioeconómico, entre otros) compartan y/o tengan preferencias similares; esto permitiría tener parámetros en función de las características individuales, segmentados en distintos estratos. Con lo anterior, la ecuación de variación sistemática de gustos sería (Ortúzar y Willumsen, 2011):

$$V_{iq} = \sum_k (\theta_k + \theta_k^{\delta_1} * \delta_{1q} + \dots + \theta_k^{\delta_n} * \delta_{nq}) * X_{ikq} \quad (3.13)$$

en esta función de utilidad, δ_{zq} representa una variable socioeconómica z del individuo q .

3.1.2 Modelos Logit Mixto (ML)

Los modelos Logit Mixto permiten variaciones aleatorias en los gustos, patrones de sustitución sin restricciones y correlación entre los factores no observados, incluso a lo largo del tiempo (Train, 2009). Estos modelos integran las probabilidades obtenidas de modelos como el MNL sobre la probabilidad asociada a la estructura de error introducida. Con lo anterior, la probabilidad que el individuo q escoja la alternativa i viene dada por:

$$P_{iq} = \int L_{iq}(\beta) * f(\beta|\theta) d\beta \quad (3.14)$$

donde L_{iq} indica la probabilidad MNL como:

$$L_{iq}(\beta) = \frac{e^{V_{iq}(\beta)}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{jq}(\beta)}} \quad (3.15)$$

Por otro lado, $f(\beta|\theta)$ es la función densidad de los parámetros del modelo, también conocida como “función de mezcla”, que permite incorporar de forma genuina la variación de gustos de los individuos (McFadden y Train, 2000). Las formulaciones más comunes de este modelo son las de *componentes de error* (EC) y la de *coeficientes aleatorios* (RP).

En la formulación de RP, la función de utilidad es un símil de la Ecuación 3.2, con la diferencia que los parámetros asociados a las variables no son fijos para la población, sino que varían aleatoriamente sujeto a alguna distribución, como podría ser una distribución Normal, Log-Normal o Uniforme. Con esto, la función de utilidad está representada por la Ecuación 3.16, donde μ_{ik} representa a la media de la población y σ_{ik} a la desviación correspondiente.

$$U_{iq} = \sum_k (X_{ikq} * \mu_{ik} + X_{ikq} * \sigma_{ik}) + \varepsilon_{iq} \quad (3.16)$$

Por otro lado, en la formulación de componentes de error, la utilidad está conformada por tres partes (Ecuación 3.17): la componente determinística (correspondiente a V_{iq}), la componente aleatoria ε_{iq} que distribuye iid Gumbel $(0, \sigma^2)$ como en los casos anteriores, y un nuevo término aleatorio ω_{iq} que ajusta a una distribución a ser especificada. Este último término es capaz, por ejemplo, de permitir la correlación entre alternativas o respuestas de un mismo individuo (Train, 2009).

$$U_{iq} = \sum_k X_{ikq} * \theta_{ik} + \omega_{iq} + \varepsilon_{iq} \quad (3.17)$$

La probabilidad de elección de la Ecuación 3.14 no posee una fórmula cerrada, por lo que se debe aproximar en forma numérica mediante máxima verosimilitud simulada, o bien, mediante el método Bayesiano (para una aplicación interesante, ver Sillano y Ortúzar, 2005).

3.1.3 Modelos Híbridos (MH)

Los modelos Híbridos, a diferencia del MNL y ML, incorporan variables *latentes* (de percepción y actitudinales) en el modelo de comportamiento (Bahamonde-Birke et al., 2017). Estas variables, que normalmente no tienen una escala de medición, intentan representar factores que, aunque influyen individualmente en el comportamiento y las percepciones individuales, no pueden cuantificarse directamente en la práctica (Yañez et al., 2010).

Distintos autores han destacado la utilización de MH para capturar el efecto de las variables tangibles e intangibles en la probabilidad de elección (Ben-Akiva et al., 2002; Vredin-Johansson et al., 2005, Vij & Walker, 2016, Bahamonde-Birke et al., 2017a, entre otros). La formulación del modelo híbrido incluye un modelo MIMIC (*Multiple Indicators, Multiple Causes*), en que las variables latentes (VL) son explicadas por características de los individuos a través de *ecuaciones estructurales* como:

$$\eta_{ilq} = \sum_{r=1}^R \alpha_{ilr} * s_{iqr} + v_{ilq} \quad (3.18)$$

en que las características del individuo (s_{iqr}), están ponderadas por α_{ilr} , que son parámetros a ser estimados; el error v_{ilq} tiene media cero y desviación estándar a ser estimada. En cuanto a los subíndices, q representa a un individuo, i a una alternativa, l a la variable latente y por último r una variable explicativa.

Por otro lado, las VL explican a las percepciones individuales, cuantificadas por medio de indicadores de percepción, mediante *ecuaciones de medición* como:

$$y_{ipq} = \sum_{l=1}^L \gamma_{ilp} * \eta_{ilq} + \zeta_{ipq} \quad (3.19)$$

donde y_{ipq} es el indicador de percepción y las VL son ponderadas por γ_{ilp} , que son parámetros a ser estimados; al igual que en (3.18), existe un error asociado con media cero y desviación estándar a ser estimada. En cuanto a los subíndices, se mantienen los usados en la ecuación anterior, agregándose el subíndice p , que representa a un indicador de percepción.

Para estas ecuaciones de medición se suele utilizar modelos Logit Ordinal, dada la Escala Likert usada para expresar el nivel de acuerdo con los indicadores. En este caso, se considera que existe una variable latente (η) que trata de explicar el indicador y_{pq} que puede adoptar n valores. Así, el proceso de elección del indicador se muestra en la Ecuación 3.20, donde los umbrales τ_k , distintos para cada indicador, son estimados maximizando la verosimilitud del modelo (Zumbo, 2005).

$$y_{pq} = \begin{cases} 1 & \text{si } \eta_{ilq} \leq \tau_1 \\ \vdots & \\ n-1 & \text{si } \tau_{n-2} < \eta_{ilq} \leq \tau_{n-1} \\ n & \text{si } \eta_{ilq} > \tau_{n-1} \end{cases} \quad (3.20)$$

Por consiguiente, la probabilidad de que un individuo elija el indicador $y_{pq} = k$, dado la variable η_{ilq} , quedará representada como la Ecuación 3.21, donde F es la función distribución de probabilidad logística y f la función de las variables latentes para cada uno de los indicadores, donde: $f(\eta_{ilq}) = \gamma_{ilp} * \eta_{ilq}$

$$P(y_q = k | \eta_x) = \begin{cases} 1 - F(f(\eta_{ilq}) - \tau_k) & \text{si } k = 1 \\ F(f(\eta_{ilq}) - \tau_{k-1}) - F(f(\eta_{ilq}) - \tau_k) & \text{si } \in]1, n-1] \\ F(f(\eta_{ilq}) - \tau_{k-1}) & \text{si } k = n \end{cases} \quad (3.21)$$

Dado que las VL son desconocidas, (3.18) y (3.19) deben ser estimadas simultáneamente.

Tras ello se re-define la utilidad representativa V_{iq} como:

$$V_{iq} = \sum_k X_{ikq} * \theta_{ik} + \sum_L \eta_{ilq} * \beta_{il} \quad (3.22)$$

La estimación del modelo se hace de forma conjunta, considerando la verosimilitud de replicar tanto las elecciones individuales, como los indicadores de percepción. Con ello se llega a la siguiente ecuación:

$$\int_{\eta_{ilq}} Pr(g_{iq}, y_{ipq} | X_{ikq}, S_{iq}, \alpha_{ilr}, \gamma_{ilp}, \theta_{ik}, \beta_{il}) = Pr(g_{iq} | X_{ikq}, \theta_{ik}, \eta_{ilq}, \beta_{il}) * f(y_{ipq} | \eta_{ilq}, \gamma_{ilp}) * g(\eta_{ilq} | \alpha_{ilr}, S_{iq}) \partial \eta_{ilq} \quad (3.23)$$

donde Pr corresponde a la probabilidad conjunta de observar la elección g_{iq} , f corresponde la función de distribución del indicador y_{ipq} (representada en la Ecuación 3.19) y g a la función de distribución de la variable latente η_{ilq} (disponible en la Ecuación 3.18).

Luego de definir la forma funcional de las tres componentes probabilísticas, es posible estimar los parámetros del modelo completo, mediante máxima verosimilitud simulada, previo a haber impuesto las restricciones de identificabilidad¹ que correspondan.

$$Max_{\{\alpha_{ilr}, \gamma_{ilp}, \theta_{ik}, \beta_{il}\}} \sum_q \sum_p \sum_i \ln Pr(g_{iq}, y_{ipq} | X_{ikq}, S_{iq}, \alpha_{ilr}, \gamma_{ilp}, \theta_{ik}, \beta_{il}) \quad (3.24)$$

¹ La cantidad restricciones de identificabilidad dependerá de la estructura del modelo en cuestión, pero basta con normalizar tantos parámetros como variables latentes existan. En la práctica, se pueden normalizar los pesos de las relaciones (α_{ilr} o γ_{ilp}), o bien las varianzas de las componentes de error (ν_{ilq} o ζ_{ipq}), siendo estas últimas las sugeridas por Raveau et al. (2012).

3.2 Disposición al Pago

Los parámetros estimados en los modelos anteriores son útiles al momento de buscar valorizar atributos (VdA). Una formulación general para determinar dicha valorización consiste en calcular la tasa marginal entre el atributo X_{ik} y el atributo X_{ic} (Jara-Díaz, 2007):

$$VdA (X_{ik}) = \frac{\partial V_i / \partial X_{ik}}{\partial V_i / \partial X_{ic}} \quad (3.25)$$

Para modelos sencillos, con utilidad lineal, la VdA se puede expresar como:

$$VdA (X_{ik}) = - \frac{\theta_{ik}}{\theta_{ic}} \quad (3.26)$$

donde el numerador indica el parámetro estimado para el atributo k , mientras que el denominador representa el parámetro del costo.

3.2.1 Valorización de elementos a través de modelos de elección discreta

En la literatura se ha visto un creciente interés por valorizar elementos no transables en el mercado. Así, esta metodología ha sido utilizada para valorizar atributos del transporte como los ahorros de tiempo de viaje (Mackie et al., 2001), valorización del ruido (Galilea y Ortúzar, 2005), atributos de vivienda y barrio (Torres et al., 2013), atributos urbanos en un corredor de buses (Navarro et al., 2018) o elementos de accesibilidad en paraderos (Peña et al., 2018), por nombrar algunos ejemplos.

En el caso de material rodante no hay muchos estudios (Hamilton, 2000; Australian Transport Council, 2006; Currie y Wallis, 2008; Fearnley et al., 2011), y éstos se han enfocado al sistema de transporte completo - como las conexiones de estaciones y paraderos de buses (Wardman et al., 2001; Australian Transport Council, 2006; Peña et al., 2018) o bien a elementos dentro del bus, como su limpieza, ventilación y ruido, por mencionar algunas (Phanikumar y Maitra, 2006; Australian Transport Council, 2006;

Fearnley et al., 2011). Un resumen de valorización de este tipo de elementos se presenta en la Tabla 3-1.

Este estudio estará enfocado en personas con discapacidad visual, pero en un futuro se podría extender a las distintas necesidades que tienen los usuarios al interior de un bus.

Tabla 3-1: Comparación de valoraciones de atributos

Elemento	Steer Davies Gleave (1996)	Australian Transport Council (2006)	Accent (2002)	Hammer & Norheim (1993)	Sjöstrand (1999)	Persson (2000)	Fearnley (2011)	Phanikumar y Maitra (2006)	Currie and Wallis (2008)	Peña (2018)	Acevedo (2021)
Paradero											
Luz en el paradero	✓	✓									
Asientos/Apoyo en el paradero	✓	✓					✓				✓
Paraderos con techo	✓	✓									
Paradero en excelente condiciones		✓									
Suciedad en el paradero	✓										
Horario y mapas en paradero			✓								
Paradero accesible											✓
Altura del paradero										✓	
Información en el paradero											✓
Información en tiempo real		✓		✓			✓				
Bus: Elementos que no contienen componentes de DU											
Limpieza en el bus		✓	✓								
Ventanas limpias		✓									
Ventilación		✓									
Apariencia del bus								✓			
Asiento cómodos								✓			
Ruido								✓			
Reloj visible		✓									
Bus: Elementos que contienen componentes de DU											
Buses de piso bajo	✓				✓		✓				
Accesibilidad en el acceso a los buses	✓								✓		
Información visual en el bus						✓	✓				
Información auditiva en el bus		✓					✓				
Información audiovisual al interior del bus							✓				
Rampas										✓	

Fuente: Elaboración propia

3.3 Diseño de Experimentos de Elección en Encuestas PD

En la presente investigación, se diseñó y aplicó una encuesta de preferencias declaradas (PD) para obtener los datos necesarios para estimar los modelos explicados en la sección anterior y analizar el efecto de las variables consideradas en la decisión de los individuos. Las encuestas de PD son basadas en situaciones hipotéticas y, de acuerdo a Ortúzar (2000), es importante presentar escenarios de decisión realistas, que sean claros y bien descritos, o de otra forma no se podría captar correctamente el efecto de las variables consideradas.

En el experimento de elección, se presenta a los encuestados distintas situaciones hipotéticas (escenarios de elección) y estos deben escoger la más conveniente en cada caso, en base a los atributos que considere relevantes. Cada uno de estos escenarios varía en cuanto a sus atributos y a los niveles que escoja el modelador para cada atributo (por ejemplo, se podría definir tres niveles de tiempo como: 10, 15 o 20 minutos, Hensher et al., 2005).

En la actualidad, la enorme mayoría de las aplicaciones utiliza los denominados Diseños Eficientes, que buscan minimizar los errores estándar en la estimación de los parámetros (Bliemer y Rose, 2010). Para esto, se hace uso de la matriz asintótica de varianza-covarianza (AVC) y se define el indicador D-error, que mide la ineficiencia del modelo, por lo que se busca que su valor sea el mínimo. Su fórmula viene dada por:

$$D - error = (\det(\Omega_N))^{\frac{1}{K}} \quad (3.27)$$

donde Ω_N representa la matriz AVC para una cantidad N de encuestas, y K representa los parámetros a estimar.

En el siguiente capítulo se detallará el proceso de selección de atributos, junto a sus respectivos niveles, además del diseño de experimento de elección.

4. DISEÑO DE LA ENCUESTA

La encuesta de preferencias declaradas (PD), estaba orientada a cualquier usuario del transporte público, que fuera mayor de 18 años y que se movilizara regularmente dentro de las comunas de la Región Metropolitana. La encuesta buscaba, primero, caracterizar al encuestado (tanto a nivel sociodemográfico como a nivel de su perfil de salud); luego, presentar un experimento de elección y, finalmente, obtener información relevante acerca de su independencia tecnológica y de movilidad.

En este capítulo se explicará desde la conformación de la encuesta piloto, hasta los principales resultados obtenidos mediante el instrumento final. En la sección 4.1 se detallará la selección de los elementos que fueron utilizados en el experimento de elección, para posteriormente, en la sección 4.2 explicar en profundidad la construcción de la encuesta piloto, junto a sus resultados y principales aprendizajes. En la sección 4.3 se detallará la generación de la encuesta final, para finalmente explicar la recolección y principales resultados de la encuesta en la sección 4.4.

4.1 Selección de elementos

Durante este proceso se realizó una exhaustiva búsqueda para determinar cuáles eran los elementos clave a ser incluidos en los escenarios de elección. Para lo anterior, se trabajó con dos grupos: personas que tenían algún grado de discapacidad visual y personas que habían trabajado y/o tenían conocimientos del área de accesibilidad universal. En primera instancia, y previo al trabajo con ambos grupos, se realizó un listado de elementos, teniendo como base aquellos que habían sido utilizados en otros países y/o elementos que habían sido casos de estudio en las distintas fuentes bibliográficas revisadas (Anexo B).

Luego, se llevaron a cabo cerca de 20 entrevistas entre noviembre 2020 y marzo 2021, tanto por videollamada como por teléfono, a personas con discapacidad visual. Estas fueron posibles debido a la ayuda de distintas instituciones, entre las que destaca la

Fundación Luz y PIANE UC. Durante las entrevistas, se buscó estar al tanto de las principales dificultades que enfrentan las personas con discapacidad visual en el uso de buses de transporte público en Santiago, y conocer las posibles soluciones que se podrían implementar a fin de mejorar sus experiencias al interior de los buses. Luego de estas instancias, el 1 de junio de 2021 se realizó un *focus group*, en el cual participaron 11 personas con discapacidad visual y en el que se discutió a grandes rasgos las dificultades reportadas, llegando a un consenso sobre cuáles eran elementos de apoyo que, a su parecer, les serían de mayor ayuda.

Para finalizar esta etapa, se trabajó en conjunto con personas con experiencia en el área de accesibilidad universal, mediante el Método Delphi (Astigarraga, 2003). Este consiste en seleccionar un grupo de expertos en un tema, quienes, mediante la aplicación de cuestionarios de manera iterativa, convergen en opiniones y/o permiten deducir eventuales consensos frente a un problema determinado (que en este caso correspondía a la selección de los elementos a ser utilizados en los escenarios de elección).

El cuestionario Delphi (disponible en el Anexo C) se basó en el utilizado por Greene y Ortúzar (2002), fue aplicado dos veces a una muestra compuesta por 19 expertos, es decir, personas que trabajaban en instituciones de transporte y/o instituciones relacionadas al trabajo con personas con algún grado de discapacidad. En la primera instancia se incluyeron 12 elementos, entre los cuales se solicitaba a los expertos distribuir 100 puntos entre los elementos mencionados en el formulario que considerasen más importantes para mejorar la accesibilidad en los buses de transporte público. Posteriormente, se envió a cada encuestado los resultados promedio obtenidos del experimento, al igual que su distribución de puntajes, para llenaran nuevamente el cuestionario el cual, a diferencia del primero, tenía solamente los siete elementos con mayor puntaje promedio.

En base al proceso descrito, se convergió a los siguientes cuatro elementos: (i) información audiovisual al interior del bus (presencia de una pantalla que muestra de manera gráfica y sonora la proximidad a paraderos y/o calles importantes en el recorrido del bus); (ii) información auditiva al exterior del bus (presencia de altavoces, indicando el

destino y número del recorrido, cada vez que el bus se detiene en algún paradero); (iii) presencia de torniquetes (barrera física que permite el ingreso al bus sólo tras el pago en los tótems BIP) y (iv) estandarización de los elementos al interior del bus (los asientos, bajadas, botones para solicitar la parada, pilares y tótem BIP, están siempre en la misma ubicación, de modo que, independiente del bus que se aborde, el usuario sabrá cómo están distribuidos estos elementos en su interior).

Además de estos cuatro elementos, se decidió incluir el tiempo de espera como la variable asociada al costo, para el usuario, de acceder a una mayor accesibilidad al interior del bus. Así, se podrá obtener la valorización relativa de cada uno de los elementos, mediante su conversión a precios sociales a través del *valor social del tiempo*, utilizando los precios sociales publicados por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MDSF, 2021). No se utilizó directamente una tarifa asociada a acceder a un bus dotado de elementos de accesibilidad, dado que una proporción significativa de las personas con discapacidad, pertenecen a los quintiles de menor ingreso familiar (SENADIS, 2016), por lo que incluir la tarifa en lugar del tiempo de espera, podría llevar a un rechazo de la alternativa por parte de los encuestados.

4.2 Encuesta Piloto

La encuesta piloto tenía como objetivo la obtención de parámetros *a priori* para el diseño eficiente de la encuesta definitiva, además de evaluar diferentes aspectos del instrumento tales como su estructura, redacción y comprensión por parte de los encuestados.

4.2.1 Atributos y niveles

Como no se poseía parámetros *a priori* para los elementos seleccionados, se decidió utilizar un Diseño Ortogonal en la encuesta piloto, en que se asume que los atributos del

diseño son estadísticamente independientes entre sí (Hensher et al., 2005). Este diseño fue realizado mediante el *software* NGENE (ChoiceMetrics, 2014), y dependía de la función de utilidad del modelo a utilizar. En esta función se asumió la misma estructura para cada alternativa, parámetros genéricos y ninguna constante específica, dado que las alternativas de elección no estaban etiquetadas (esto es, correspondían todas a buses con distintas características). Por consiguiente, la ecuación de utilidad sistemática ingresada a NGENE fue la siguiente:

$$\begin{aligned}
 V = & \beta_{\text{audiovisual}} * \text{Informacion}_{\text{audiovisual}} + \beta_{\text{auditiva}} \\
 & * \text{Informacion}_{\text{auditiva}} + \beta_{\text{torniquete}} * \text{Torniquete} \\
 & + \beta_{\text{estandarización}} * \text{Estandarizacion} + \beta_{\text{tiempo}} \\
 & * \text{Tiempo}_{\text{espera}}
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

En la Tabla 4-1 se indica el signo esperado, niveles y naturaleza de cada una de las variables:

Tabla 4-1: Características de los atributos a ser utilizados

Atributo	Naturaleza	Significado	Signo Esperado
Información audiovisual Interior	Binaria	Toma el valor 1 ante la presencia de información audiovisual al interior del bus, 0 en otro caso	Positivo
Información auditiva exterior	Binaria	Toma el valor 1 ante la presencia de información auditiva al exterior del bus, 0 en otro caso	Positivo
Bus estandarizado	Binaria	Toma el valor 1 ante la presencia de un bus con sus elementos estandarizados, 0 en otro caso	Positivo
Torniquetes	Binaria	Toma el valor 1 ante la presencia torniquetes en los buses, 0 en otro caso	Negativo
Tiempo de espera	Continua	Con tres valores, pivoteados a partir del valor declarado por el encuestado. Se tiene +15%, -15% o igual al valor declarado (0%)	Negativo

Fuente: Elaboración propia

Un aspecto importante de destacar, que se menciona en la Tabla 4.1, es que el tiempo de espera fue pivotado a partir del valor declarado por el encuestado, a fin de otorgar más realismo al experimento. El *software* convergió a un resultado con 12 situaciones de elección, por lo cual se decidió utilizar dos bloques², cada uno con seis escenarios.

4.2.2 Características de la encuesta piloto

Debido al contexto mundial de pandemia, la encuesta fue realizada en formato *online*, mediante la plataforma de recolección de datos *Qualtrics* y constó de dos versiones, idénticas en su estructura, pero una estaba adaptada para ser legible por parte de personas con discapacidad visual a través de los lectores de pantalla de *notebooks* y *smartphones*; para esto se desarrolló un trabajo de accesibilidad en conjunto con Fundación Luz. Este instrumento constó de cinco secciones que se detallan a continuación:

1.- Información sociodemográfica: En esta sección se buscó obtener información que permitiera caracterizar al usuario, obteniendo datos como rango etario, género, ingreso, nivel educacional, entre otros.

2.- Perfil de salud: Para averiguar si el encuestado poseía alguna discapacidad, se decidió incluir el instrumento *Short Set of Disability Questions*, desarrollado por el Washington Group on Disability Statistics que permite medir el nivel y tipo de discapacidad en los viajes (Washington Group, 2017).

3.- Uso de transporte público: En esta sección se incluyó preguntas que permitieran capturar el motivo, frecuencia y modo de transporte utilizado por los encuestados previo a la pandemia de COVID-19. También se preguntaba por el tiempo de espera promedio al usar buses, dato que se utilizaba posteriormente en la sección de elección de escenarios.

² Los bloques corresponden a conjuntos de situaciones de elección que permiten reducir la cantidad de preguntas presentadas al encuestado, manteniendo el diseño original (no se eligen al azar, sino siguiendo reglas estrictas; ver ChoiceMetrics (2014).

4.- Experimento de escenarios de elección: Tal se mencionó, el foco de la investigación estaba en los escenarios de elección. En esta parte el encuestado debía escoger la más conveniente entre dos alternativas en base a sus características, o indicar si ambas le parecían igualmente atractivas (indiferencia), o si no estaba a gusto con ninguna de ellas.

5.- Independencia tecnológica y de movilidad: Para finalizar, se presentaban al encuestado 10 preguntas asociadas al concepto de independencia, tanto tecnológica como de movilidad, incluidas con la finalidad de construir variables latentes.

4.2.3 Resultados de la encuesta piloto

La encuesta piloto fue difundida principalmente a través de redes de contacto, que incluían fundaciones y organizaciones que trabajan con personas con discapacidad visual como Fundación Luz y PIANE UC. Se recolectó una muestra total de 57 personas, donde 30 fueron mujeres (53%) y 27 hombres (47%) y donde el promedio de los encuestados bordeó los 37 años. De la muestra, el 28% declaró tener algún grado de discapacidad severa, que va desde baja visión a ceguera total.

En cuanto a la distribución espacial de los encuestados, esta tuvo una mayor participación en los sectores norte y oriente de Santiago (72%), mientras que en el sector sur sólo se obtuvo un 5% de respuestas.

Cada encuesta fue respondida a cabalidad por personas mayores de 18 años, por lo que se descartó ninguna de ellas en la limpieza previa a la modelación. Tras esto, y mediante el uso del software PandasBiogeme (Bierlaire, 2020), se estimó un modelo MNL cuya función de utilidad está representada en la Ecuación 4.2 (la Tabla 4.2 describe cada atributo):

$$V_{iq} = \beta_{AI} * AI_i + \beta_{AE} * AE_i + \beta_{BE} * BE_i + \beta_{TR} * TR_i + \beta_{TE} * TE_i \quad (4.2)$$

Tabla 4-2: Atributos utilizados en el modelo MNL base

Atributo	
AI_i	Información audiovisual interior
AE_i	Información auditiva exterior
BE_i	Bus estandarizado
TR_i	Torniquetes
TE_i	Tiempo de espera

Fuente: Elaboración propia

La estimación del modelo dio como resultado que tres de los cinco parámetros eran significativos al 90% y con signo esperado; los dos restantes no resultaron significativos y uno de ellos, el torniquete, recibió signo contrario al esperado. Por lo anterior, se decidió estimar un nuevo modelo (Ecuación 4.3), excluyendo la variable torniquete, obteniendo que todos los parámetros resultaron significativos y con signo esperado.

$$V_{iq} = \beta_{AI} * AI_i + \beta_{AE} * AE_i + \beta_{BE} * BE_i + \beta_{TE} * TE_i \quad (4.3)$$

Los resultados de ambos modelos se encuentran resumidos en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Estimación de modelos MNL con datos de la encuesta piloto

Atributo	Modelo inicial		Modelo sin torniquete	
	Parámetro	Test-t	Parámetro	Test-t
Información audiovisual al interior	1,430	6,23	1,490	6,73
Información auditiva al exterior	0,722	2,56	0,589	2,36
Bus estandarizado	0,303	1,14	0,532	2,26
Torniquete	0,393	-1,48	-	-
Tiempo de espera	-0,112	1,65	-0,165	-2,44
<i>Log-verosimilitud final</i>	-133,01		-134,18	

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Aprendizajes de la encuesta piloto

Revisando a detalle las respuestas de los encuestados, se pudo constatar que cerca del 80% de la muestra no consideró, o bien, consideró en poca medida, el torniquete al momento de elegir una alternativa; de esta forma, prácticamente pasó a ser una variable de segundo plano, que no tenía mayor relevancia al estudio (ver Balbontín et al., 2017).

Otro punto importante fue que se observó algunos problemas al pivotear directamente el tiempo de espera en un -15%, 0% o +15% respecto al tiempo declarado por el usuario. Esto se debió, principalmente, a que algunos individuos declaraban tiempos de espera muy pequeños o excesivamente grandes, por lo que - dependiendo de aquello - esta variable podía pasar a segundo plano (cuando las diferencia eran, por ejemplo, menores a un minuto) o bien ser parte fundamental de la decisión del encuestado (en algunos casos se llegó a tener diferencias cercanas a los 10 min). Para evitar este problema, se realizaron cuatros bloques, donde se distribuyeron equitativamente los tiempos declarados en la encuesta piloto, y a cada uno de ellos se les asignó como tiempo base (0%) la media de cada bloque. Así, los porcentajes de variación fueron inversamente proporcionales al tiempo, por lo que, a un bloque de mayor minutaje, se le asignó una menor variación. Finalmente, los bloques a ser utilizados en la encuesta final quedaron conformados como se muestra en la Tabla 4-4.

Para validar este cambio en la forma de ingresar los tiempos de espera, se realizó una simulación para recuperar parámetros, la cual se detalla en profundidad en la siguiente sección.

Tabla 4-4: Bloques de tiempo de espera para la encuesta final

Bloque	Tiempo Base	Variación	Tiempo Mínimo	Tiempo Máximo
Bloque 0 - 10 min	5	40%	3	7
Bloque 10 - 15 min	12	35%	8	16
Bloque 15 - 20 min	17	30%	12	22
Bloque 20 o más min	25	25%	19	31

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en base a los comentarios recibidos durante la encuesta piloto, se concluyó que sería mejor incluir menos preguntas por hoja, a fin de no cansar a los encuestados y reducir la tasa de deserción de la encuesta. La primera versión sólo había sido testeada en un grupo reducido de personas ciegas, familiarizadas con herramientas tecnológicas; por este motivo, posteriormente se trabajó con un grupo más extenso de personas con discapacidad visual, a fin de converger a una encuesta que fuera legible por todos los lectores de pantalla y que a la vez fuese clara en su contenido.

4.2.5 Simulación para recuperar parámetros

Como una herramienta para controlar la calidad de los experimentos de PD, se recomienda considerar el uso de datos simulados (Fowkes y Warman, 1988). Esto permite verificar que el diseño sea correcto, identificando si existen atributos dominantes. Por esto, se procedió a simular una muestra de 25.000 individuos, que se comportaban de acuerdo con los postulados del MNL, y que debían elegir una alternativa en cada uno de los seis escenarios de elección planteados en la encuesta. Lo anterior permitió obtener un banco de datos de 150.000 observaciones.

Previo a la simulación y para tener resultados más acordes a la realidad, se decidió utilizar las proporciones de tiempos obtenidos en la encuesta piloto para abastecer el proceso. De esta forma, el bloque de tiempos de espera uno y tres tenían una probabilidad de 1/6, mientras que los bloques dos y cuatro tenían una probabilidad de 1/3.

Con lo anterior, se podía calcular, para cada individuo simulado, la utilidad sistemática definida en la Ecuación 4.3, utilizando los parámetros de la encuesta piloto (considerados como “verdaderos”) y los valores de las variables en cada situación de elección, incluyendo el tiempo de espera asignado en base a las probabilidades descritas anteriormente.

Ya con el valor de la componente determinística de la función de utilidad, se procedió a generar, para cada alternativa y en cada situación de elección, los valores de las componentes aleatorias³. Estas componentes distribuyen independiente e idénticamente Gumbel con media 0, y el valor se obtiene mediante el uso del método de la transformada inversa (Johnson, 1987) y las condiciones demostradas por Williams (1977) para los parámetros de esta función. Así la función acumulada inversa correspondería a:

$$F^{-1}(\varepsilon) = \frac{-\sigma\sqrt{6}}{\pi} * (\gamma + \ln(-\ln(r_i))) \quad (4.4)$$

donde γ corresponde a la constante de Euler y r_i es un número aleatorio con distribución Uniforme (0,1). Por otro lado, el valor de σ puede variar, por lo cual el algoritmo se debe iterar para distintos valores (cabe destacar que cuando $\sigma = 0$, la elección sólo considerará la componente determinística), verificando si para alguno “razonable” se lograba recuperar los parámetros “reales” al estimar el modelo con los datos así generados.

Al añadir los valores del error simulados, es posible obtener el valor de la utilidad de cada alternativa y determinar, para cada situación planteada, cual es la elección simulada (esto es, el bus que genere una mayor utilidad). Con los datos generados, es posible estimar

³ Para profundizar en la metodología de recuperación de parámetros, se puede consultar a Garrido (1991).

modelos MNL y comparar los parámetros obtenidos con los ingresados como “reales”. Para determinar qué valor de σ ajustaba mejor, se utilizó el error cuadrático medio (RMSE), entre los parámetros de la encuesta piloto y los simulados, que se calcula como (Pielke, 1984):

$$RMSE = \sqrt{\sum_{j=1}^N \frac{(\varphi_i - \varphi_{i_{sim}})^2}{n}} \quad (4.5)$$

donde φ_i es el parámetro “real”, $\varphi_{i_{sim}}$ el parámetro obtenido tras la simulación; n es el número de parámetros estimados.

Tras simular para distintos valores de σ se obtuvo que el mínimo era 1,3 (ver Figura 4.1). Esto permite concluir que es posible recuperar adecuadamente los parámetros (ver Tabla 4.5) con el diseño propuesto y, por ende, se valida el uso de los bloques de tiempo de espera propuestos en la encuesta final.

Tabla 4-5: Comparación de parámetros reales vs simulados

Bloque	Parámetro Real	Parámetro Estimado	Variación (%)
Información audiovisual al interior	1,490	1,460	2,0
Información auditiva al exterior	0,532	0,576	-8,3
Bus estandarizado	0,589	0,543	7,8
Tiempo de espera	-0,165	-0,159	3,6

Fuente: Elaboración propia

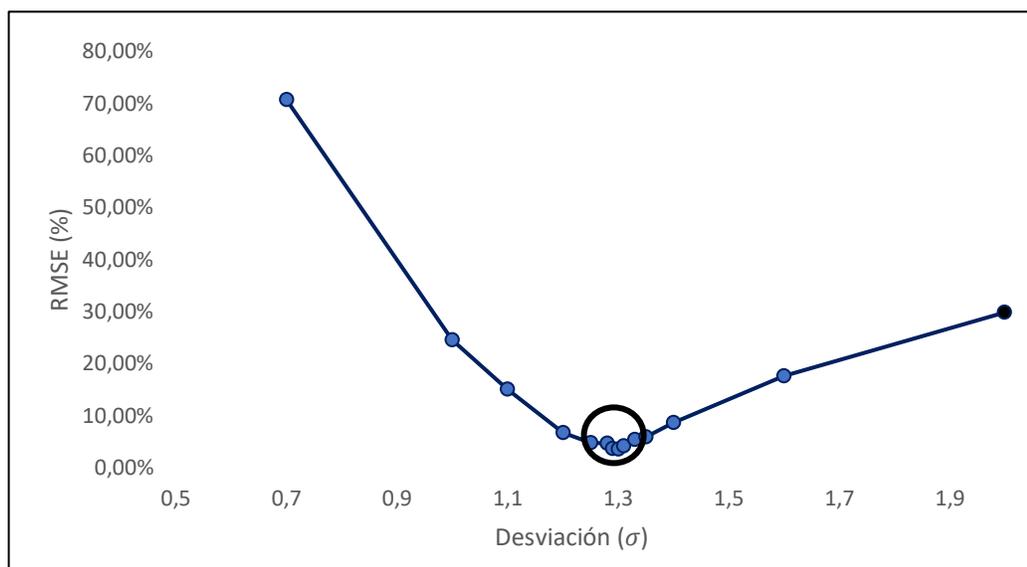


Figura 4-1: RMSE para distintos valores de σ
Fuente: Elaboración propia

4.3 Encuesta final

Tomando en consideración los parámetros obtenidos y aprendizajes de la encuesta piloto, se construyó la encuesta final. En esta sección se presentan las características y el proceso de recolección de datos, para finalizar con una caracterización de la muestra.

4.3.1 Atributos y niveles

Para crear los escenarios de elección de la encuesta final, se utilizó un diseño eficiente mediante el *software* NGENE; a diferencia del diseño ortogonal, el diseño eficiente tiene como objetivo generar parámetros que sean estimados con errores estándar lo más pequeños posible (ChoiceMetrics, 2014), pero requiere tener a disposición valores *a priori*, en este caso, los obtenidos en la encuesta piloto.

El diseño tomó como función de utilidad la Ecuación 4.3, esto es, sin considerar el torniquete en la modelación. En cuanto a la cantidad de escenarios, se decidió mantener

tanto la cantidad de escenarios por bloque (seis situaciones de elección) como los dos bloques.

4.3.2 Característica de la encuesta final

La estructura del instrumento final aplicado es la misma expuesta en la sección 4.2.2, incorporando algunos comentarios y correcciones debido a la experiencia de la encuesta piloto, que se detallan a continuación:

1.- Información sociodemográfica: Se agregaron las comunas colindantes al Gran Santiago, como Batuco, María Pinto y Melipilla, entre otros.

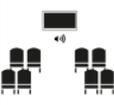
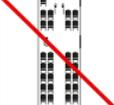
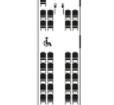
2.- Perfil de salud: A las preguntas ya existentes, se incorporó una pregunta asociada a que si el encuestado había tenido algún accidente y/u operación que no le permitiera desplazarse con normalidad.

3.- Uso de transporte público: Se añadió una pregunta para conocer el motivo del viaje principal, además de agregar una restricción al tiempo de espera declarado, que sería ocupado como *input* para las siguientes secciones, consistente en que debía ser mayor que cero.

4.- Experimento de escenarios de elección: Acá se modificaron los escenarios de elección presentados en la encuesta piloto, dado que la encuesta definitiva se basaba en un diseño eficiente, utilizando como parámetros *a priori* a los obtenidos en la encuesta piloto. Además, se incorporaron imágenes gráficas, indicando la presencia o no de los distintos elementos, además de flechas indicando si el tiempo era menor, mayor o igual al reportado (Figura 4.2). Paralelamente, se modificó la estructura de los escenarios de elección para la versión adaptada a personas no videntes, en base a los comentarios realizados por las instituciones que trabajan con personas con discapacidad visual.

5.- Independencia tecnológica y de movilidad: En última instancia, se modificaron dos de las diez frases utilizadas en la encuesta piloto, porque según los comentarios no quedaban muy claros algunos aspectos.

Pregunta 1 de 6 ...

Alternativa A	Alternativa B
 Información audiovisual al interior del bus: <i>Con información audiovisual</i>	 Información audiovisual al interior del bus: <i>Sin información audiovisual</i>
 Información auditiva al exterior del bus: <i>Con información auditiva</i>	 Información auditiva al exterior del bus: <i>Sin información auditiva</i>
 Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus no estandarizado</i>	 Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus estandarizado</i>
 Tiempo de espera del bus: 16 minutos	 Tiempo de espera del bus: 8 minutos

De los buses presentados anteriormente, ¿Cuál escogería?

Alternativa A	Alternativa B	Me da lo mismo	Ninguna de las anteriores
---------------	---------------	----------------	---------------------------

Figura 4-2: Ejemplo de un escenario de elección
Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que, para la revisión de la encuesta adaptada a personas no videntes, además de la ayuda de Fundación Luz se incorporó a Lazarillo, los creadores de una aplicación para *smartphones* que ayuda a personas con discapacidad visual a desplazarse a través de la ciudad. Junto a ambas instituciones se revisó aspectos de accesibilidad (lectura por parte de personas ciegas y de baja visión) y revisión de contenidos (es decir, que toda la encuesta en su conjunta fuera clara y concisa). La encuesta completa se muestra en el Anexo D.

4.3.3 Recolección y análisis de los datos

La encuesta final fue difundida por las redes del Departamento de Ingeniería Transporte y Logística UC, el Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS), instituciones

como Fundación Luz, PIANE UC, Incluye 360 y Lazarillo, además de las distintas redes personales de los investigadores. Tras esto y después de hacer una revisión preliminar de los datos, se decidió realizar una difusión adicional orientada a personas sobre los 45 años, dado que las redes anteriores capturaban básicamente a personas bajo ese rango etario y muy pocas sobre los 45 años. Para lo anterior, se utilizó dos enfoques: por un lado, se fue a terreno en conjunto con voluntarios para invitar a responder la encuesta y, por otro lado, se pagó por la difusión de la encuesta a través de la plataforma Facebook.

Finalmente se logró un total de 556 respuestas, las cuales fueron revisadas para filtrar inconsistencias o respuestas no válidas. Los criterios utilizados fueron:

- 1.- Edad mínima (conforme a la documentación presentada al Comité de Ética UC, se consideraba un mínimo de 18 años); de acuerdo a este criterio se eliminó 11 encuestas.
- 2.- Se eliminó dos encuestas donde el tiempo de espera habitual reportado por el encuestado era superior a 120 minutos.
- 3.- En la sección de elección de escenarios, se eliminó 13 encuestas donde se había respondido “me da lo mismo” o “ninguna de las anteriores” en los seis escenarios de elección.
- 4.- Para finalizar, se revisó las respuestas recibidas en la sección de preguntas asociadas a la independencia en tecnología y movilidad. En este caso se eliminó una encuesta, en que la persona había respondido “neutro” a las 10 oraciones presentadas.

Tras esto se logró un banco de datos compuesto por 529 encuestas, lo que equivale a 3.174 observaciones.

A continuación, se realiza un análisis caracterizando a la muestra final:

i) Edad

La edad promedio de la muestra correspondió a 32 años, donde su mínimo fue 18 años y el máximo 78 años (ver Figura 4-3). La muestra tuvo gran participación de individuos

entre los 18-34 años, explicado por los canales tecnológicos utilizados para difundir la encuesta. No obstante, se obtuvo 37 respuestas de personas mayores a 55 años, lo que permite representar a este segmento de la población adulta mayor.

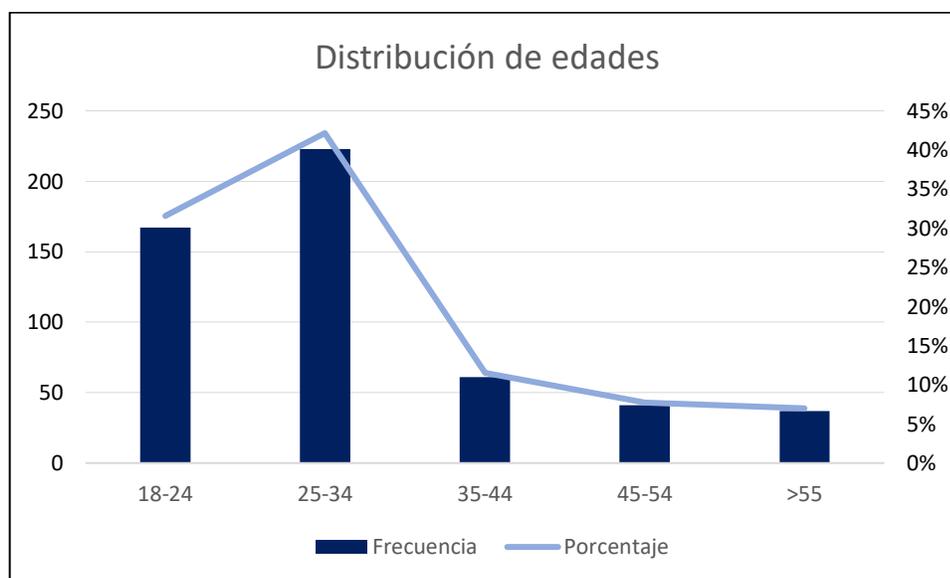


Figura 4-3: Distribución de edades de la muestra
Fuente: Elaboración propia

ii) Género

La muestra contó con una participación de 227 personas del género masculino (43%) y 302 personas del género femenino (57%). De este último segmento, tan sólo cinco personas indicaron estar embarazadas.

En términos generales (ver Figura 4-4), para todos los segmentos etarios hubo dominancia femenina en las frecuencias, a excepción del rango que abarca los 35-44 años. Este efecto era esperado, dados los resultados expuestos por investigadores en estudios similares en Santiago (Peña et al. 2018, Acevedo et al., 2021, Diaz et al., 2021).

iii) Distribución geográfica

En cuanto a la distribución geográfica de los individuos, y tal como se puede apreciar en la Figura 4-5, se obtuvo representación de todas las comunas del Gran Santiago. De estas, la que tuvo mayor participación fue Santiago Centro con 56 respuestas, y la que tuvo menos participación fue San Ramón con sólo tres respuestas.

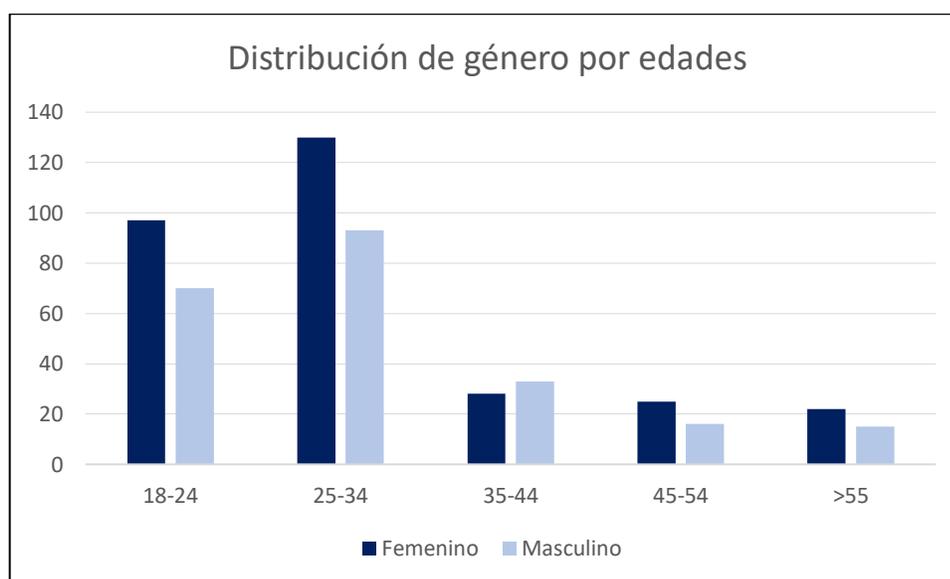


Figura 4-4: Distribución de género por edades
Fuente: Elaboración propia

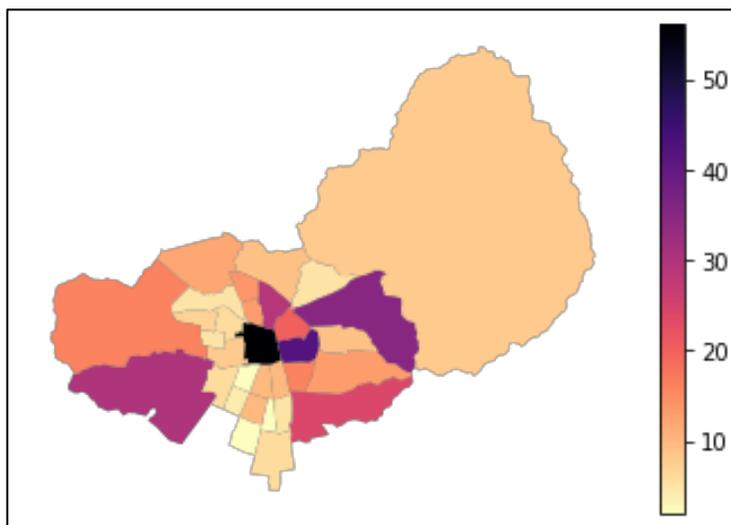


Figura 4-5: Distribución geográfica de la muestra
Fuente: Elaboración propia

iv) Ingreso

La muestra resultó ser heterogénea en cuanto a ingreso. En términos generales, todas las categorías contaron con similar participación a excepción de la correspondiente a más bajos recursos (ver Tabla 4-6). Paralelamente, la categoría que abarca ingresos entre \$750.000 y \$1.000.000 obtuvo una mayor representación, con cerca del 18% de la muestra. Así mismo, hubo 31 personas que decidieron no responder, o bien, no sabían sus ingresos.

Tabla 4-6: Distribución de ingresos de la muestra

Categoría	Cantidad	Porcentaje (%)
Menos de \$250.000	24	5
Entre \$250.000 y \$500.000	70	13
Entre \$500.000 y \$750.000	76	14
Entre \$750.000 y \$1.000.000	95	18
Entre \$1.000.000 y \$1.500.000	83	16
Entre \$1.500.000 y \$2.000.000	65	12
Más de \$2.000.000	85	16
No sabe / Prefiero no responder	31	6

Fuente: Elaboración propia

v) Nivel educacional

Respecto al último nivel educacional, se contó con la participación de dos personas que no poseían estudios formales. El resto de la muestra se encuentra representado en la Figura 4-6, donde es posible apreciar que se encuestó a un alto número de personas con estudios universitarios (cerca del 47% de la muestra), mientras que el segmento con menos participación, sin contar a las personas sin estudios, corresponde a aquellos que sólo completaron la educación escolar básica (con un 1%).

vi) Ocupación

La encuesta fue contestada mayoritariamente por personas que trabajan, tanto en forma dependiente como independiente (con cerca de un 53% de la muestra), seguido por estudiantes con un 36% de las respuestas. Un mayor detalle de las actividades principales de los encuestados, esta explícito en la Tabla 4-7.

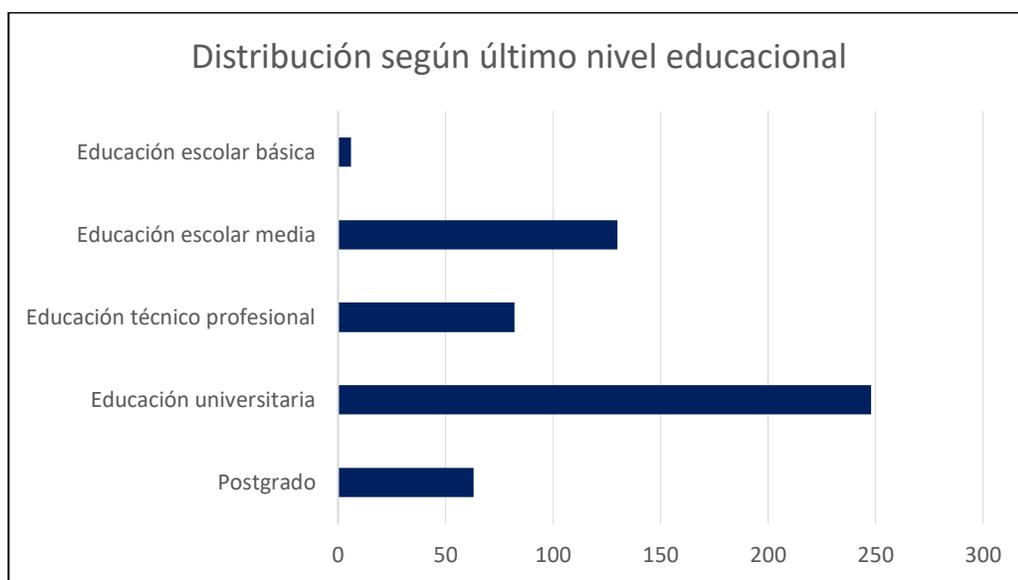


Figura 4-6: Distribución de la muestra según último nivel educacional
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-7: Actividades principales de la muestra

Actividad principal	Cantidad	Porcentaje
Dueño/a de casa	14	3%
Jubilado/a	17	3%
Desempleado/a	29	5%
Estudiante	191	36%
Trabajador/a	278	53%

Fuente: Elaboración propia

vii) Modos de transporte

De la muestra, es importante destacar que cerca del 37% indicó utilizar regularmente bus o micro para movilizarse (ver Figura 4-7). Esto, sumado al casi 34% del Metro, indica que 71% de la muestra se moviliza en transporte público, resultado esperado, considerando que la encuesta fue difundida principalmente en usuarios de transporte público de Santiago.

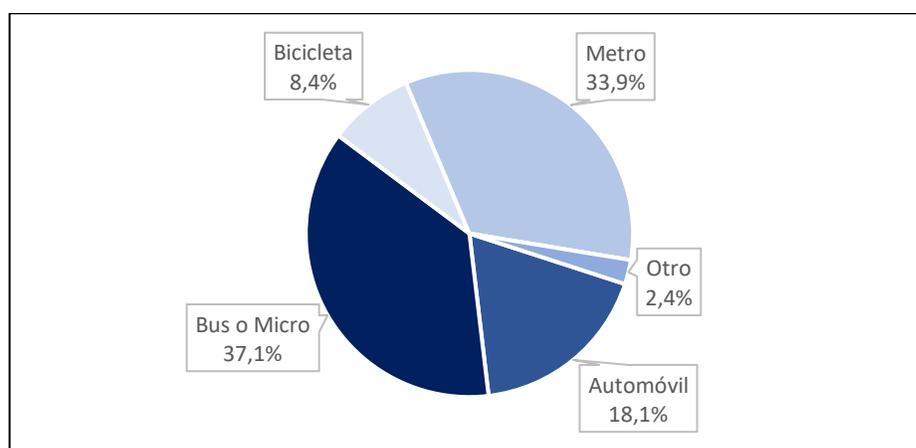


Figura 4-7: Modos de transporte principal de los encuestados
Fuente: Elaboración propia

viii) Tiempos de espera

Uno de los aspectos a revisar era el comportamiento de la muestra en términos de los bloques de tiempos de espera propuestos tras la simulación para recuperar parámetros. Se obtuvo una cantidad de encuestados similar en cada bloque propuesto (ver Tabla 4-8).

Tabla 4-8: Distribución de los tiempos de espera

Bloques	Tiempo Base	Cantidad	Porcentaje
Bloque 1	5	112	21%
Bloque 2	12	135	26%
Bloque 3	17	133	25%
Bloque 4	25	149	28%

Fuente: Elaboración propia

ix) Discapacidad

Para finalizar, se analizó las distintas discapacidades de las personas de la muestra. En términos generales, la mayor representación correspondió a personas con discapacidad visual (Tabla 4-9), justamente a quienes iba dirigida la encuesta y donde más difusión se realizó. De este grupo, 9% eran personas de baja visión y 4% personas ciegas, mientras que un porcentaje no menor de la muestra (47%), hacía uso regular de anteojos (Figura 4-8). Por otro lado, el segmento de personas que poseía discapacidad auditiva fue el menos representado en esta encuesta.

Tabla 4-9: Discapacidades reportadas en la muestra

Dificultad	No tiene	Un poco	Bastante	No puede
Visión	213	251	46	19
Audición	521	5	2	1
Desplazamiento en calles y usar transporte público	474	46	6	3
Comunicación oral	515	13	1	-
Recordar y/o concentrarse	380	138	11	-
Bañarse y/o vestirse	519	10	-	-

Fuente: Elaboración propia

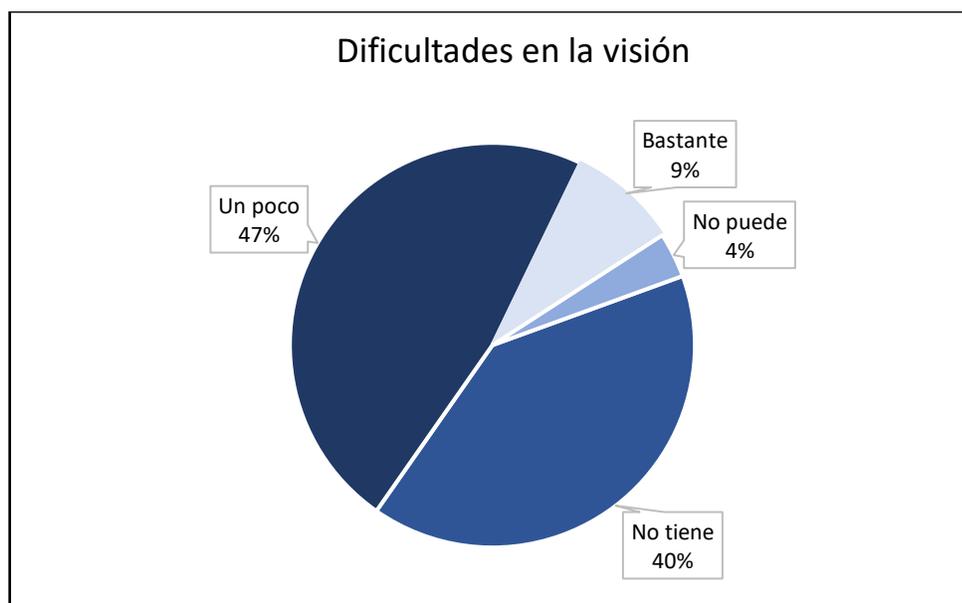


Figura 4-8: Distribución de la muestra según sus dificultades en la visión

Fuente: Elaboración propia

4.4 Corrección de la muestra

Con el objetivo de representar adecuadamente a la población de la Región Metropolitana, se calculó factores de corrección tomando en consideración tres aspectos: (i) edad; (ii) género e (iii) ingreso del hogar. Para los dos primeros se obtuvo el valor real del Censo de Población y Vivienda realizado en el año 2017 (INE, 2018), mientras que para los ingresos

se hizo uso de los valores declarados en la Encuesta CASEN 2017 (Observatorio Social, 2017). A partir de lo anterior, se calcularon las diferencias porcentuales de la distribución, y mediante el uso del método de balanceo de factores de Furness (Ortúzar y Willumsen, 2011) se obtuvo un ponderador para cada individuo en base a sus características.

Hensher et al. (2015) indican que aplicar ponderadores directamente en el proceso de estimación puede llevar a problemas de subrepresentación o sobrerrepresentación, esto dado que las observaciones de los encuestados con una menor muestra serían más importantes que los encuestados con una muestra amplia. Es por ello, que plantean dos soluciones posteriores a estimar modelos no ponderados: (i) aplicar los modelos a una muestra más grande y representativa (ii) ponderar las predicciones de la muestra usando ponderadores que corrijan la subrepresentación y sobrerrepresentación. Es en ese contexto, Amaris et al. (2021) aplicaron la técnica de ponderar las predicciones, obteniendo efectivamente cambios en el comportamiento de elección de la muestra; sin embargo, esto no permite calcular cambios en los valores de los parámetros (que se requieren para estimar valoraciones subjetivas), por lo que esta solución no es adecuada para el presente estudio.

Bajo esta restricción, se procedió a analizar las variaciones de los parámetros en el modelo MNL base, al usar factores de corrección previo a estimar el modelo. Los resultados indican variaciones menores al 7%; de esta forma, como existen indicios de sub y sobre representatividad en la muestra, se decidió utilizar los factores de corrección al estimar los modelos, pues lo que se buscaba era estimar disposiciones al pago representativas.

5. RESULTADOS

En esta sección se presentan los cuatro principales modelos estimados con la muestra. El primero corresponde a un Modelo Logit Mixto (ML) con componente de error, que sólo considera los efectos principales de las variables. Luego, se presenta un modelo ML con Variación Sistemática de Gustos (VSG), y posteriormente se considera la heterogeneidad de los usuarios mediante un ML con parámetros aleatorios. Para finalizar, se presenta un Modelo Híbrido (MH) con variables latentes. Luego, se realiza un análisis de detallado de los dos mejores modelos, y posteriormente se discute la valorización de sus atributos. Todos los modelos fueron estimados usando el software Apollo (Hess y Palma, 2019).

Es importante destacar tres aspectos previos a la discusión de los modelos obtenidos:

- Dado que cada encuestado respondió seis escenarios de elección, los modelos consideraron una eventual correlación entre las respuestas dadas por un mismo individuo.
- Tal como fue mencionado en el capítulo anterior, se realizó un proceso de corrección de la muestra utilizando factores obtenidos tras aplicar el método de balanceo de factores de Furness respecto a edad, género e ingresos del hogar.
- Para finalizar, y a diferencia de algunos estudios anteriores, se incorporó las respuestas de indiferencia de las personas, es decir, aquellas respuestas en que los usuarios indicaban “me da lo mismo” entre ambos buses, siguiendo la metodología propuesta por Bahamonde-Birke et al. (2017b). Así, cuando el individuo elegía “me da lo mismo”, la elección se subdividía en dos: 50% para la alternativa A y 50% para la alternativa B. Este peso de 50% se ponderaba posteriormente con el factor de corrección explicado en el punto anterior.

5.1 Modelo ML Base

Este modelo solo incorpora los efectos principales de los tres elementos de accesibilidad más el tiempo de espera (con una especificación similar a la Ecuación 4.3), y una componente de error debida al efecto panel (ω_i), que adiciona heterocedasticidad al modelo, como se muestra en la Ecuación 5.1.

$$V_{iq} = \beta_{AI} * AI_i + \beta_{AE} * AE_i + \beta_{BE} * BE_i + \beta_{TE} * TE_i + \omega_{iq} \quad (5.1)$$

Esta componente de error, la cual será igual entre todas las observaciones de un mismo individuo, distribuye Normal con media 0 y una desviación estándar σ_i a ser estimada. Ahora bien, por temas de identificabilidad, se deben agregar sólo $(i-1)$ componentes de error, donde i es la cantidad de alternativas. Por este motivo, la componente de error sólo se incluyó en una alternativa; en caso contrario, el modelo no podría haber sido estimado (Walker, 2001).

Los resultados obtenidos para este primer modelo se pueden apreciar en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1: Resultados modelo ML base

Parámetro	Descripción	Valor	Test-t
β_{AI}	Información audiovisual al interior	0,979	15,34
β_{AE}	Información auditiva al exterior	0,720	13,64
β_{BE}	Bus estandarizado	0,751	14,71
β_{TE}	Tiempo de espera	-0,136	-20,62
σ_i	Efecto Panel	-0,301	-8,05
<i>Log-verosimilitud final</i>		-1752.47	
<i>Observaciones</i>		3216	

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros son estadísticamente significativos al 95% de confianza y con los signos esperados, esto es, negativo para el tiempo de espera y positivos para los restantes, ya que generan utilidad a las personas (Acevedo et al., 2021; Peña et al., 2018; Fearnley, 2011; Australian Transport Council, 2006). Por otro lado, es posible apreciar que el efecto panel es estadísticamente significativo, lo que valida la significancia de incorporar esta heteroscedasticidad en el modelo. En cuanto a los elementos de accesibilidad universal, se aprecia que la información audiovisual al interior del bus es más valorada por la muestra.

5.2 Modelo ML con VSG

Tras verificar la significancia de los efectos principales, se procedió a analizar la posibilidad que los parámetros no fueran fijos, sino que variaran en función de las características individuales de las personas encuestadas; esto es, la existencia de variaciones sistemáticas de gustos, siguiendo la metodología recomendada por Ortúzar y Willumsen (2011, pag. 279)

Dentro de las características consideradas, destacan la edad, ingreso, zona de residencia, género, presencia de automóvil en el hogar, estudios, ocupación, cantidad de personas en el hogar y discapacidad. Esta última fue subdividida en discapacidad física (que consideró a personas que mencionaron problemas para movilizarse y/o vestirse) y discapacidad visual (que incluía a personas ciegas y de baja visión, según lo declarado en el perfil de salud).

El mejor modelo ML con VSG (ver Ecuación 5.2) incorpora variaciones sistemáticas de gustos de acuerdo a las cinco características que se muestran en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2: Descripción de variaciones sistemáticas de gustos

Variable	Nombre	Descripción	Naturaleza
M_q	Mujer	Género es femenino	Binaria
SA_q	Sin Automóvil	No posee vehículo en el hogar	Binaria
DF_q	Discapacidad Física	Posee discapacidad física según perfil de salud	Binaria
DV_q	Discapacidad Visual	Posee discapacidad visual según perfil de salud	Binaria
TR_q	Trabajador	Está actualmente trabajando	Binaria

Fuente: Elaboración propia

$$\begin{aligned}
V_{iq} = & (\beta_{AI} + \beta_{AI}^M * M_q + \beta_{AI}^{SA} * SA_q + \beta_{AI}^{DF} * DF_q) * AI_i + (\beta_{AE} + \beta_{AE}^M \\
& * M_q + \beta_{AE}^{SA} * SA_q + \beta_{AE}^{DV} * DV_q + \beta_{AE}^{TR} * TR_q) * AE_i \\
& + \beta_{BE} * BE_i + (\beta_{TE} + \beta_{TE}^M * M_q + \beta_{TE}^{DV} * DV_q + \beta_{TE}^{TR} \\
& * TR_q) * TE_i + \omega_{iq}
\end{aligned} \tag{5.2}$$

Al igual que en el modelo base, todos los parámetros son significativos al 95% y con signo de acuerdo a lo esperado, tal como se puede observar en la Tabla 5-3. En cuanto a las variaciones sistemáticas de gustos, se puede apreciar que la mayoría tiene signo positivo, es decir, el atributo genera una utilidad extra por sobre el parámetro base. El único caso distinto, corresponde a las personas sin auto, quienes usualmente son usuarias de transporte público, y por ende, conocedoras de las distintas paradas y recorridos de los buses; así la explicación podría ser que como la información ya es de su conocimiento, el beneficio percibido de tenerla es menor. El detalle completo de todas las posibles combinaciones de VSG se encuentran en Anexo E.

Entre las combinaciones de parámetros posibles, es posible notar la existencia de grandes diferencias dependiendo de las características que tratan de caracterizar la muestra. En estas destacan principalmente:

- **Información auditiva al exterior del bus:** No existen diferencias entre personas con o sin discapacidad física. En cuanto a las VSG que aumentan el parámetro de la muestra, se encuentra primero el ser una persona con discapacidad visual, seguido por ser mujer, para finalizar con ser trabajador. Por otro lado, no poseer auto disminuye el valor del parámetro como ya se comentó. La diferencia entre el mayor valor para la información auditiva (correspondiente a mujeres con discapacidad visual, que poseen auto en su hogar y que trabajan) versus el menor valor (hombres sin discapacidad visual, que no poseen auto y que además no trabajan) varía en cerca de 1,07.
- **Información audiovisual al interior del bus:** Para este parámetro no existen diferencia entre personas con o sin discapacidad visual, ni tampoco respecto a la ocupación del individuo. Respecto a las VSG que fueron significativas, aquellas que aumentan el parámetro base son tener discapacidad física, seguido por ser mujer. El no tener auto, al igual que en el parámetro anterior, disminuye el valor del parámetro. La diferencia es esta ocasión es más amplia entre el parámetro con mayor valor (mujeres con discapacidad física y que poseen auto en su hogar) versus aquel con menor valor (hombres sin discapacidad física, que no poseen auto en su hogar), llegando a una variación de 1,48.

Tabla 5-3: Resultados modelo ML con VSG

Parámetro	Descripción	Valor	Test-t
β_{AI}	Información audiovisual al interior	0,979	9,92
β_{AE}	Información auditiva al exterior	0,551	5,46
β_{BE}	Bus estandarizado	0,787	14,97
β_{TE}	Tiempo de espera	-0,235	-15,84
β_{AI}^M	Información audiovisual al interior – Mujer	0,294	2,01
β_{AI}^{DF}	Información audiovisual al interior – Discapacidad Física	0,789	2,80
β_{AI}^{SA}	Información audiovisual al interior – Sin Auto	-0,401	-3,45
β_{AE}^M	Información auditiva al exterior – Mujer	0,205	2,18
β_{AE}^{DV}	Información auditiva al exterior – Discapacidad Visual	0,387	3,32
β_{AE}^{SA}	Información auditiva al exterior – Sin Auto	-0,283	-2,84
β_{AE}^{TR}	Información auditiva al exterior – Trabajador	0,194	2,14
β_{TE}^M	Tiempo de espera – Mujer	0,059	4,56
β_{TE}^{DV}	Tiempo de espera – Discapacidad Visual	0,092	5,97
β_{TE}^{TR}	Tiempo de espera - Trabajador	0,068	5,15
σ_i	Efecto Panel	-0,328	-8,14
Log-verosimilitud final		-1.690,32	
Observaciones		3.216	

Fuente: Elaboración propia

- **Estandarización de los elementos al interior del bus:** No fue posible caracterizar la aleatoriedad de la muestra con las VSG probadas, por ende, este parámetro resultó igualmente valorado por todas las personas.
- **Tiempo de espera:** Para finalizar, en el tiempo de espera no existen diferencias entre personas con o sin discapacidad física, ni tampoco entre quienes poseen o no un vehículo en su hogar. Entre aquellas VSG que aumentan el valor base se encuentra, en primer lugar, el tener discapacidad visual, seguido por ser trabajador, y por último el ser mujer. La diferencia entre el máximo valor (mujeres con discapacidad visual y que trabajan) versus el mínimo valor (hombres sin discapacidad visual y que no trabajan) es la menor entre los parámetros descritos, llegando a una variación de sólo 0,22.

Es posible comparar este modelo ML con VSG, con el modelo base mediante el test de Razón Verosimilitud (LR), ya que el segundo es un modelo restringido del primero con 10 restricciones lineales (los parámetros adicionales). El resultado del test LR fue 124,3 que es mayor a 18,31 (correspondiente al valor de χ^2 con 10 grados de libertad y un nivel de significancia de 0,05); por consiguiente, el modelo VSG domina claramente al modelo base.

5.3 Modelo ML con Parámetros Aleatorios

Con la finalidad de incorporar variaciones en las preferencias individuales que no fuera posible caracterizar mediante la adición de VSG, se estimó modelos ML-RP, con parámetros aleatorios. Se testeó parámetros con distribución Normal, Log-Normal y Uniforme, que son las distribuciones disponibles en el paquete Apollo. Cabe destacar que sólo se consideró aleatoriedad en los elementos de accesibilidad y en el tiempo de espera, y no en las VSG.

El mejor resultado entre los modelos probados corresponde a la Ecuación 5.3, donde se incorpora parámetros aleatorios para la estandarización de elementos al interior del bus y

al tiempo de espera, con una distribución Normal. En el caso de los restantes elementos no se encontró variabilidad más allá de las VSG.

$$\begin{aligned}
 V_{iq} = & (\beta_{AI} + \beta_{AI}^M * M_q + \beta_{AI}^{SA} * SA_q + \beta_{AI}^{DF} * DF_q) * AI_i + (\beta_{AE} + \beta_{AE}^M \\
 & * M_q + \beta_{AE}^{SA} * SA_q + \beta_{AE}^{DV} * DV_q + \beta_{AE}^{TR} * TR_q) * AE_i \\
 & + \widetilde{\beta}_{BE} * BE_i + (\widetilde{\beta}_{TE} + \beta_{TE}^M * M_q + \beta_{TE}^{DV} * DV_q + \beta_{TE}^{TR} \\
 & * TR_q) * TE_i + \omega_{iq}
 \end{aligned} \tag{5.3}$$

Los resultados de la estimación de este modelo se muestran en la Tabla 5-4, y permiten hacer varias observaciones interesantes. En primer lugar, notar que las magnitudes de los parámetros estimados crecen respecto al modelo anterior; esto es correcto y se debe a que el factor de escala (subyacente, que no se estima) crece, al ser inversamente proporcional a la desconocida varianza de los errores Gumbel (que disminuye, ya que hay menos aleatoriedad no considerada en la parte representativa de la utilidad, Ortúzar y Willumsen, 2011).

Por otro lado, al analizar las desviaciones estándar de los parámetros aleatorios, es posible apreciar su alto valor en ambos casos, llegando a ser casi el 50% de la media del parámetro aleatorio. Esto implica que una porción significativa de la muestra podría tener signo contrario a lo esperado (Sillano y Ortúzar, 2005). Ante esto, parece interesante analizar el comportamiento de cada individuo bajo una estimación Bayesiana, a fin de obtener una distribución de los parámetros a nivel individual y verificar la potencial existencia de *outliers* en la muestra. Para una mayor explicación de este método, revisar el Anexo F.

Para el caso de la estandarización de los elementos, en la Figura 5-1 se puede apreciar dos grupos de personas con comportamiento anómalo: quienes valoran mucho el elemento y quienes lo valoran muy poco. Al analizar el primer grupo, se observa que corresponden a personas mayores a 50 años, que trabajan y no poseen alguna discapacidad. Adicional a lo anterior, estas personas siempre eligen el bus con más elementos de accesibilidad universal, independiente del tiempo que deban esperar, por lo que se podría pensar que son personas que eligen de forma altruista, es decir, que toman su decisión pensando en

el potencial beneficio que podría tener para otras personas. Por otro lado, quienes menos valoran el elemento, son jóvenes universitarios de entre 20 a 25 años, quienes siempre elegían el bus con menor tiempo de espera, lo que podría corresponder a personas con comportamiento lexicográfico o que no consideran uno o más atributos (Balbontín et al, 2017).

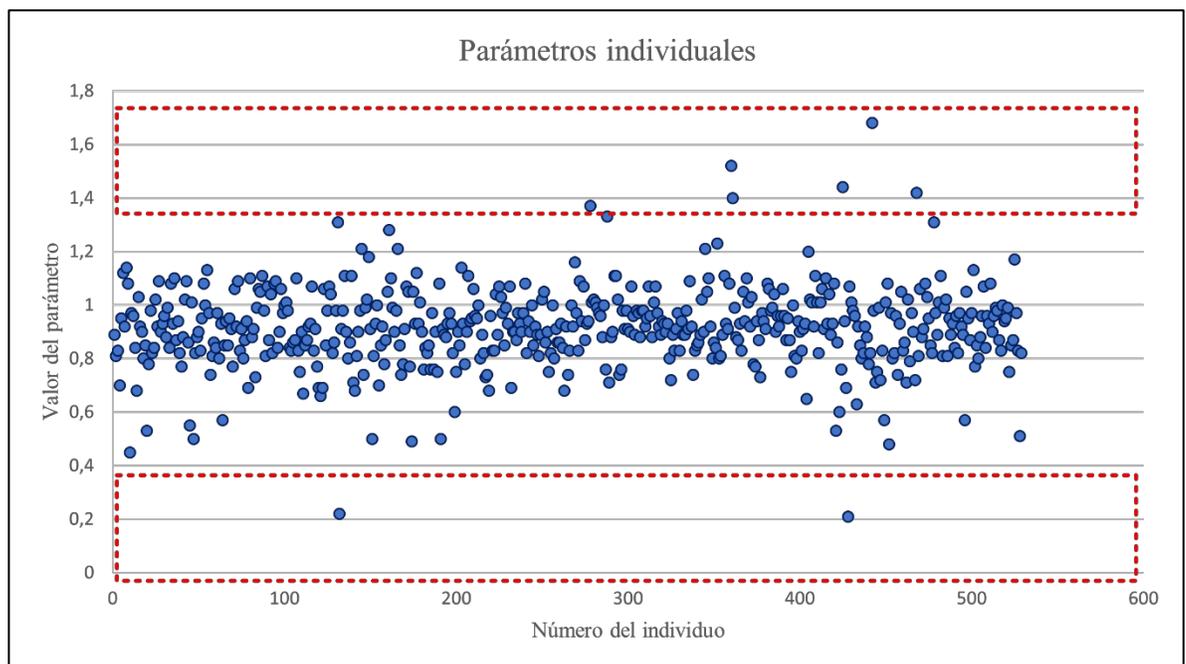


Figura 5-1: Parámetros individuales de la estandarización de elementos
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-4: Resultados modelo ML-RP con *outliers*

Parámetro	Descripción	Valor	Test-t
β_{AI}	Información audiovisual al interior	1,256	9,64
β_{AE}	Información auditiva al exterior	0,887	5,21
μ_{BE}	Media de Bus estandarizado	1,08	13,51
σ_{BE}	Desviación estándar de Bus estandarizado	0,529	4,66
μ_{TE}	Media de Tiempo de Espera	-0,352	-11,23
σ_{TE}	Desviación estándar de Tiempo de Espera	0,198	9,04
β_{AI}^M	Información audiovisual al interior – Mujer	0,268	1,96
β_{AI}^{DF}	Información audiovisual al interior – Discapacidad Física	0,918	2,45
β_{AI}^{SA}	Información audiovisual al interior – Sin Auto	-0,474	-2,41
β_{AE}^M	Información auditiva al exterior – Mujer	0,202	2,61
β_{AE}^{DV}	Información auditiva al exterior – Discapacidad Visual	0,522	3,39
β_{AE}^{SA}	Información auditiva al exterior – Sin Auto	-0,32	-2,23
β_{AE}^{TR}	Información auditiva al exterior – Trabajador	0,233	2,01
β_{TE}^M	Tiempo de espera – Mujer	0,068	2,34
β_{TE}^{DV}	Tiempo de espera – Discapacidad Visual	0,116	3,88
β_{TE}^{TR}	Tiempo de espera - Trabajador	0,105	3,43
σ_i	Efecto Panel	0,459	9,18
Log-verosimilitud final		-1.557,2	
Observaciones		3.216	

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al tiempo de espera (Figura 5-2), se observa que sólo hay comportamientos anómalos en cuanto a valores del tiempo positivo. Al analizar estos individuos, se observa que son personas mayores a 40 años, que trabajan y no tienen discapacidad; de hecho, la mayoría de estos individuos son los mismos que tenían comportamiento potencialmente altruista para la estandarización de elementos.

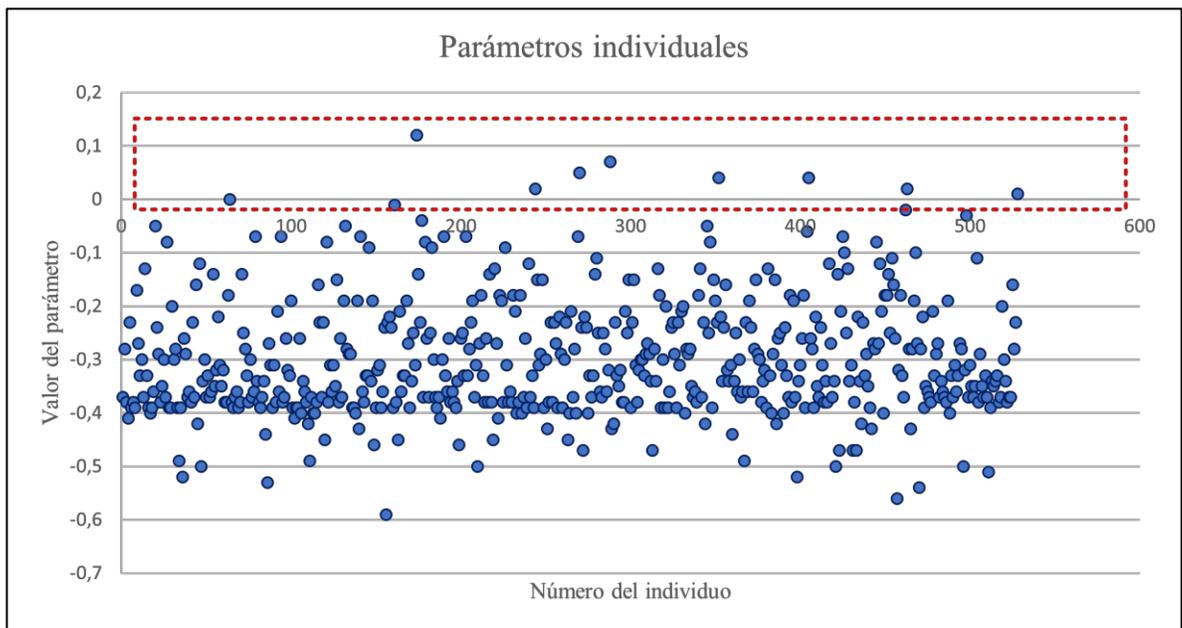


Figura 5-2: Parámetros individuales del tiempo de espera
Fuente: Elaboración propia

Por lo anterior, se decidió no incluir a estos *outliers* y estimar modelos considerando el nuevo banco de datos. En este caso, el mejor modelo ML estimado corresponde a la Ecuación 5.4, que sólo difiere respecto a la Ecuación 5.3 en la inclusión de una VSG (discapacidad visual – información audiovisual) en desmedro de mujer – información audiovisual, que pasó a no ser significativa en el nuevo banco de datos.

$$\begin{aligned}
V_{iq} = & (\beta_{AI} + \beta_{AI}^{DV} * DV_q + \beta_{AI}^{SA} * SA_q + \beta_{AI}^{DF} * DF_q) * AI_i + (\beta_{AE} + \beta_{AE}^M \\
& * M_q + \beta_{AE}^{SA} * SA_q + \beta_{AE}^{DV} * DV_q + \beta_{AE}^{TR} * TR_q) * AE_i \\
& + \widetilde{\beta}_{BE} * BE_i + (\widetilde{\beta}_{TE} + \beta_{TE}^M * M_q + \beta_{TE}^{DV} * DV_q + \beta_{TE}^{TR} \\
& * TR_q) * TE_i + \omega_{iq}
\end{aligned} \tag{5.4}$$

Los resultados de este nuevo modelo se muestran en la Tabla 5-5. Todos los parámetros son significativos al 95% de confianza, confirmando la existencia de aleatoriedad más allá de las VSG en los parámetros de estandarización de buses y tiempo de espera. En cuando a los signos, se tiene un análisis similar a lo expuesto en el modelo con VSG, donde todos los parámetros tienen signo esperado. Además, nuevamente se tiene que las VSG de personas sin auto poseen un signo negativo. Finalmente, al comparar los resultados de las Ecuaciones 5.4 y 5.3, es importante destacar una reducción en la desviación estándar de ambos parámetros aleatorios.

Tabla 5-5: Resultados modelo ML-RP sin *outliers*

Parámetro	Descripción	Valor	Test-t
β_{AI}	Información audiovisual al interior	1,171	9,82
β_{AE}	Información auditiva al exterior	0,740	5,91
μ_{BE}	Media de Bus estandarizado	0,987	13,51
σ_{BE}	Desviación estándar de Bus estandarizado	0,478	4,66
μ_{TE}	Media de Tiempo de Espera	-0,321	-11,11
σ_{TE}	Desviación estándar de Tiempo de Espera	-0,156	-10,31
β_{AI}^{DV}	Información audiovisual al interior – Discapacidad Visual	0,389	2,74
β_{AI}^{DF}	Información audiovisual al interior – Discapacidad Física	0,809	2,35
β_{AI}^{SA}	Información audiovisual al interior – Sin Auto	-0,461	-3,20
β_{AE}^M	Información auditiva al exterior – Mujer	0,251	2,05
β_{AE}^{DV}	Información auditiva al exterior – Discapacidad Visual	0,461	3,19
β_{AE}^{SA}	Información auditiva al exterior – Sin Auto	-0,290	-2,24
β_{AE}^{TR}	Información auditiva al exterior – Trabajador	0,216	1,97
β_{TE}^M	Tiempo de espera – Mujer	0,059	2,15
β_{TE}^{DV}	Tiempo de espera – Discapacidad Visual	0,124	3,53
β_{TE}^{TR}	Tiempo de espera - Trabajador	0,056	2,05
σ_i	Efecto Panel	0,451	9,18
Log-verosimilitud final		-1.521,3	
Observaciones		3.162	

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5-6 presenta los valores de los parámetros base de cada elemento de accesibilidad universal y del tiempo de espera. Adicionalmente, se muestra un intervalo de confianza, que fue calculado según la Ecuación 5.5 para los parámetros fijos (que distribuyen asintóticamente Normal), donde $\bar{\beta}$ corresponde al parámetro fijo, $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ indica el valor crítico para un nivel de confianza y SE es el error estándar del parámetro. Cabe destacar, que el valor crítico utilizado será 1,64, dado que se conoce *a priori* el signo del parámetro, por lo que se debe utilizar un test de una cara (Wellek, 2002).

$$\bar{\beta} \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} * SE \quad (5.5)$$

Por otro lado, para los parámetros aleatorios, el intervalo de confianza fue calculado mediante la simulación de 10.000 instancias, que se analizaron en búsqueda de *outliers* y/o datos con signo distinto a lo esperado, acorde a lo expuesto por Espino et al. (2006). Luego los puntos percentiles 0,025 y 0,975 determinaron los intervalos de confianza para estos parámetros.

Tabla 5-6: Parámetros base promedios del Modelo ML

Parámetro	Descripción	Valor	Intervalo de Confianza
β_{AI}	Información audiovisual al interior	1,171	[0,975; 1,367]
β_{AE}	Información auditiva al exterior	0,740	[0,534; 0,945]
$\widetilde{\beta}_{BE}$	Bus estandarizado	0,987	[0,049; 1,931]
$\widetilde{\beta}_{TE}$	Tiempo de espera	-0,321	[-0,626; -0,013]

Fuente: Elaboración propia

Los resultados considerando todas las combinaciones de VSG, se encuentran en el Anexo G. El análisis de los parámetros es idéntico a la expuesto para los modelos ML-VSG, con la diferencia que la variación entre el máximo y mínimo valor por elemento tuvo distintas

magnitudes. Para la información audiovisual, por ejemplo, la diferencia fue de 1,66; para la información auditiva 1,22 y para el tiempo de espera 0,24.

Por último, y a modo de comparación, se puede realizar un test LR entre el modelo ML-RP con *outliers*⁴ y el obtenido en la sección anterior, para determinar cuál modelo es preferible. Al tener dos grados de libertad y una significancia de 0,05, el valor crítico de χ^2 es 5,99; este valor es ampliamente superado por el correspondiente al test LR (266,24). Por consiguiente, el Modelo ML-RP domina al Modelo ML con VSG.

5.4 Modelo Híbrido (MH)

Una de las motivaciones de esta investigación, además de estimar los parámetros de los elementos de accesibilidad universal y tiempo de espera, era estudiar la relación entre la toma de decisiones de las personas y su nivel de independencia mediante el uso de variables latentes; estas son capaces de capturar aspectos del comportamiento individual de las personas que no puede ser medido directamente. Específicamente, este análisis se enfocó en la independencia de las personas en dos aspectos: el uso de tecnologías y la movilización.

Para obtener los indicadores a ser utilizados en la construcción de variables latentes, se diseñó 10 afirmaciones que aludían a distintos aspectos de la independencia de las personas. Estas podían ser respondidas por el encuestado según una Escala Likert de cinco niveles: “Muy en desacuerdo”, “En desacuerdo”, “Neutro”, “De acuerdo” y “Muy de acuerdo”. El resumen de estas afirmaciones se encuentra en la Tabla 5-7.

Para determinar la cantidad de variables latentes, primero se realizó un análisis factorial exploratorio mediante el uso de la librería *lavaan* de R (mayor detalle en el Anexo H).

⁴ Se realiza la comparación respecto al modelo con *outliers*, dado que al comparar dos modelos anidados con el test LR, ambos deben tener la misma cantidad de observaciones.

Este análisis dio como resultado dos variables latentes, explicadas por siete de las 10 oraciones que se muestran en la Tabla 5-7; las afirmaciones 1, 3 y 5 explicando la “Independencia Tecnológica”, y las afirmaciones 4, 6, 8 y 10 la “Independencia de Movilidad”. Luego, se realizó un análisis factorial confirmatorio para comprobar los resultados obtenidos *a priori*, y tener una base para la ecuación estructural.

Tabla 5-7: Indicadores utilizados en la Encuesta

Nº	Afirmación
1	Accedo y hago uso de redes sociales, como Facebook y Twitter, o Whatsapp
2	Soy capaz de desplazarme por las distintas calles y veredas de Santiago
3	Redacto y envío e-mails, adjunto archivos y leo el contenido de mensajes en la bandeja de entrada
4	Soy capaz de desplazarme usando transporte público en Santiago
5	Utilizo aplicaciones móviles para reproducir contenido multimedia como Spotify, YouTube, Netflix
6	Soy capaz de concurrir al supermercado y realizar las compras del hogar
7	Diseño el recorrido, o bien conozco el tiempo de llegada del próximo bus, mediante aplicaciones como Google Maps, Lazarillo y Waze, entre otras
8	Asisto a atenderme en centros asistenciales como CESFAM, SAPU, Clínicas u Hospitales
9	Obtengo salvoconducto y/o permiso de desplazamiento desde la página web correspondiente
10	Pago en línea los servicios básicos del hogar, como luz, agua, teléfono, etc.

Fuente: Elaboración propia

Tal como se explicó en la Sección 3.1.3, el modelo híbrido implica incorporar dos conjuntos de ecuaciones: las estructurales y las de medición. Para las primeras, y tras múltiples iteraciones sobre el resultado expuesto por el análisis factorial confirmatorio, se convergió a las siguientes ecuaciones:

$$\eta_{IT} = \alpha_{ET} * E_q + \alpha_{DVI} * DV_q + \alpha_{ES} * ES_q + \varphi_{IT} \quad (5.6)$$

$$\eta_{IM} = \alpha_{EM} * E_q + \alpha_{DF} * DF_q + \alpha_M * M_q + \alpha_{DVM} * DV_q + \varphi_{IM} \quad (5.7)$$

en que η_{IT} y η_{IM} denotan a las variables latentes “independencia tecnológica” e “independencia de movilidad”, respectivamente; φ_{IT} y φ_{IM} son los términos de error que distribuyen Normal con media cero y varianzas $\sigma_{\varphi_{IT}}$ y $\sigma_{\varphi_{IM}}$ (que debido al problema de identificabilidad, ya mencionado, se fijaron en uno); las variables restantes se describen en la Tabla 5-8.

Tabla 5-8: Descripción de variables de las ecuaciones estructurales

Variable	Nombre	Descripción	Naturaleza
M_q	Mujer	Género es femenino	Binaria
E_q	Edad	Edad del individuo	Continua
DF_q	Discapacidad Física	Posee discapacidad física según perfil de salud	Binaria
DV_q	Discapacidad Visual	Posee discapacidad visual según perfil de salud	Binaria
ES_q	Estudios	Si es que ha realizado estudios universitarios o postgrados	Binaria

Fuente: Elaboración propia

Se estimó modelos considerando, además de las variables mencionadas, la cantidad de personas por hogar, posesión de vehículos, el sector de residencia, nivel de ingreso, ocupación y frecuencia de uso de transporte público; sin embargo, para éstas no se obtuvo resultados significativos. En el caso de las ecuaciones de medición, se utilizó las fórmulas descritas en las Ecuaciones 3.20 y 3.21, con $n = 5$, dado que los indicadores tenían cinco niveles: “Muy en desacuerdo”, “En desacuerdo”, “Neutro”, “De acuerdo” y “Muy de acuerdo”. Cabe destacar que estas ecuaciones se deben formular para cada variable latente. Además, para estimar el modelo MH, se deben fijar algunos parámetros debido al

problema de identificabilidad (Ben-Akiva et al.,2002); en este caso se decidió fijar las varianzas de las ecuaciones estructurales, como sugieren Raveau et al. (2012).

Con todo lo anterior, el modelo MIMIC a estimar se esquematiza en la Figura 5-3:

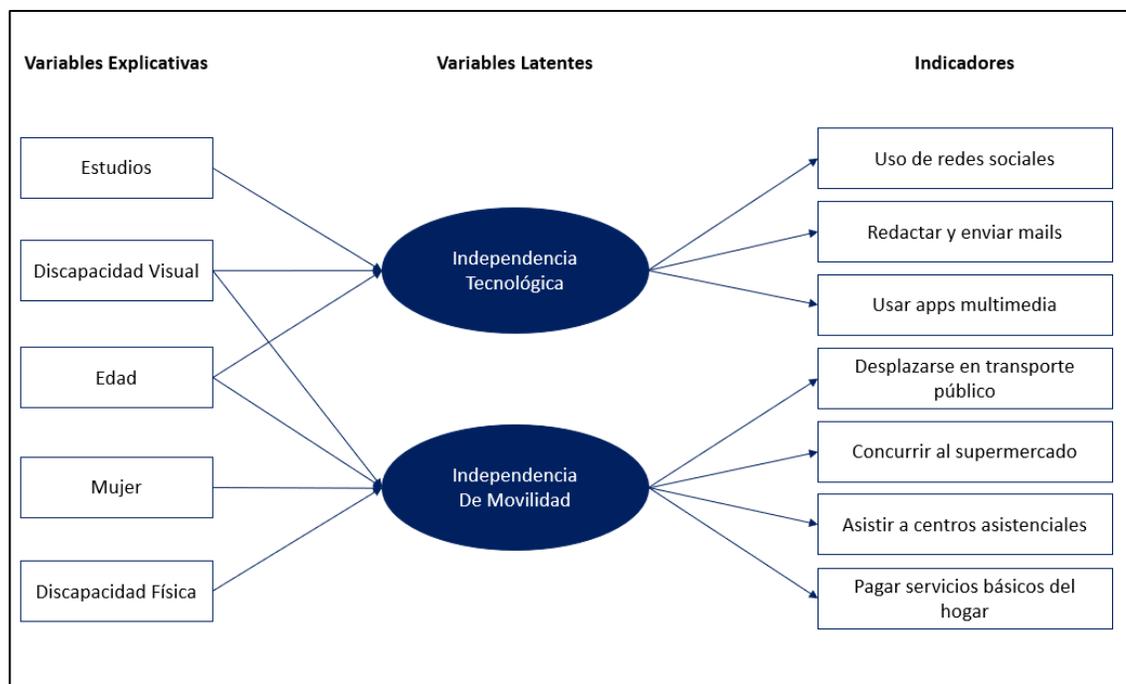


Figura 5-3: Estructura global modelo MIMIC

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el modelo de elección (Ecuación 5.8), utiliza como base el modelo ML-RP (Ecuación 5.4), incorporando las dos variables latentes ya mencionadas. La independencia tecnológica ingresa al modelo interactuando con la información audiovisual al interior del bus e información auditiva al exterior del bus, mientras que la independencia de movilidad lo hace con el tiempo de espera. Este modelo de elección fue estimado simultáneamente junto al modelo MIMIC de la Figura 5-3, mediante el software Apollo, tardando cerca de 150 minutos en ejecutarse completamente.

$$\begin{aligned}
V_{iq} = & (\beta_{AI} + \beta_{AI}^{DV} * DV_q + \beta_{AI}^{SA} * SA_q + \beta_{AI}^{DF} * DF_q + \beta_{AI}^{\eta_{IT}} * \eta_{IT}) * AI_i \\
& + (\beta_{AE} + \beta_{AE}^M * M_q + \beta_{AE}^{SA} * SA_q + \beta_{AE}^{DV} * DV_q + \beta_{AE}^{TR} \\
& * TR_q + \beta_{AE}^{\eta_{IT}} * \eta_{IT}) * AE_i + \widetilde{\beta}_{BE} * BE_i + (\widetilde{\beta}_{TE} + \beta_{TE}^M \\
& * M_q + \beta_{TE}^{DV} * DV_q + \beta_{TE}^{TR} * TR_q + \beta_{TE}^{\eta_{IM}} * \eta_{IM}) * TE_i \\
& + \omega_{iq}
\end{aligned} \tag{5.8}$$

La Tabla 5.9 muestra los resultados de la estimación del modelo MH. Todos los parámetros son significativos al 95% y con el signo esperado, al igual que en el modelo ML.

En cuanto a las variables latentes y conforme a los resultados obtenidos, la interpretación para cada una de ellas sería la siguiente:

- Independencia Tecnológica: Su signo negativo, tanto al interactuar con información audiovisual como auditiva, sugiere que esta información no genera tanta utilidad a las personas más familiarizadas con el uso de tecnologías como a quienes pudieran tener alguna brecha tecnológica debido a su discapacidad visual o por ser de la tercera edad.
- Independencia de Movilidad: Su signo negativo al interactuar con el tiempo de espera, sugiere que a las personas con mayor independencia de movilidad les genera más desutilidad estar esperando un bus que a personas con menor independencia. Esta interpretación también está acorde a lo esperado, dado que las personas sin problemas de movilidad poseen mayor variedad de modos disponibles y, por ende, podrían no estar dispuestas a esperar mucho tiempo por algún recorrido.

El paquete Apollo entrega el valor de la función de log verosimilitud en convergencia para el modelo completo (modelo de elección más modelo MIMIC); pero también entrega la log verosimilitud del modelo de elección. Para hacer un test LR respecto al modelo ML-RP, es necesario considerar sólo la log verosimilitud del modelo de elección, que se encuentra disponible al final de la Tabla 5.9. Al tener tres grados de libertad y una significancia de 0,05, el valor crítico de χ^2 es 7,82 menor que el valor del test LR (44,4). Por consiguiente, el Modelo MH es preferido por sobre el Modelo ML-RP.

Tabla 5-9: Resultados modelo Híbrido

Parámetro	Descripción	Valor	Test-t
β_{AI}	Información audiovisual al interior	0,991	8,29
β_{AE}	Información auditiva al exterior	0,705	6,82
μ_{BE}	Media de Bus estandarizado	0,930	14,27
σ_{BE}	Desviación estándar de Bus estandarizado	0,377	4,21
μ_{TE}	Media de Tiempo de Espera	-0,328	-13,26
σ_{TE}	Desviación estándar de Tiempo de Espera	0,157	11,03
β_{AI}^{DV}	Información audiovisual al interior – Discapacidad Visual	0,364	2,81
β_{AI}^{DF}	Información audiovisual al interior – Discapacidad Física	0,503	2,05
β_{AI}^{SA}	Información audiovisual al interior – Sin Auto	-0,459	-3,37
$\beta_{AI}^{\eta IT}$	Información audiovisual al interior – Independencia Tecnológica	-0,054	-4,32
β_{AE}^M	Información auditiva al exterior – Mujer	0,221	2,20
β_{AE}^{DV}	Información auditiva al exterior – Discapacidad Visual	0,497	3,84
β_{AE}^{SA}	Información auditiva al exterior – Sin Auto	-0,335	-2,79
β_{AE}^{TR}	Información auditiva al exterior – Trabajador	0,228	2,40
$\beta_{AE}^{\eta IT}$	Información auditiva al exterior – Independencia Tecnológica	-0,067	-4,89
β_{TE}^M	Tiempo de espera – Mujer	0,080	3,63
β_{TE}^{DV}	Tiempo de espera – Discapacidad Visual	0,067	2,04
β_{TE}^{TR}	Tiempo de espera - Trabajador	0,059	2,76
$\beta_{TE}^{\eta IM}$	Tiempo de espera - Independencia de Movilidad	-0,244	-3,43
σ_i	Efecto Panel	0,343	7,34
Log-verosimilitud Final – Modelo de Elección		-1.499,10	

Para obtener intervalos de confianza para los parámetros, se procedió igual que en el caso anterior. Los resultados se pueden observar en la Tabla 5-10.

Tabla 5-10: Parámetros base promedio del modelo Híbrido

Parámetro	Descripción	Valor	Intervalo de Confianza
β_{AI}	Información audiovisual al interior	0,991	[0,795; 1,187]
β_{AE}	Información auditiva al exterior	0,705	[0,535; 0,875]
$\widetilde{\beta}_{BE}$	Bus estandarizado	0,930	[0,196; 1,652]
$\widetilde{\beta}_{TE}$	Tiempo de espera	-0,328	[-0,641; -0,020]

Fuente: Elaboración propia

Para terminar a continuación se presentan los resultados obtenidos para el modelo MIMIC. Primeramente, en las ecuaciones estructurales (Tabla 5-11), se observa la significancia de todos sus parámetros al 95% (no se muestra la varianza de los errores, dado que fueron fijadas en uno para evitar problemas de identificabilidad).

Tabla 5-11: Resultados ecuaciones estructurales

Variable Latente	Parámetro	Descripción	Valor	Test t
Independencia Tecnológica	α_{ET}	Edad	-0,022	-12,42
	α_{DVI}	Discapacidad Visual	-0,108	-1,97
	α_{ES}	Estudios	0,457	10,89
Independencia de Movilidad	α_{EM}	Edad	-0,009	-5,54
	α_{DF}	Discapacidad Física	-1,029	-6,8
	α_M	Mujer	0,241	3,25
	α_{DVM}	Discapacidad Visual	-0,830	-7,96

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los signos esperados, se segmentará el análisis para cada variable latente:

- **Independencia Tecnológica:** En este caso, tanto la edad como la discapacidad visual parecen otorgar un menor grado de independencia tecnológica. Esto es consistente con la brecha tecnológica que generalmente tienen personas de la tercera edad y también con la falta de adaptación a tecnologías por parte de personas con discapacidad visual. Por otro lado, las personas con estudios universitarios y/o postgrado, poseen un mayor grado de independencia tecnológica, explicado por el uso constante de aquellos elementos para el desarrollo de sus estudios, búsqueda de recursos y/o investigaciones.
- **Independencia de Movilidad:** Nuevamente, la edad, discapacidad visual y discapacidad física aparecen como factores que reducen la independencia de movilidad, lo que es esperable. Por otro lado, la mayor independencia de movilidad de las mujeres podría deberse al motivo de sus viajes, que muchas veces se vincula a viajes de cuidado (Zamorano, 2021), con la finalidad realizar acciones tales como las descritas en los indicadores 4, 6, 8 y 10.

En la Tabla 5-12, se presenta los parámetros estimados para las ecuaciones de medición, mientras que, en la Tabla 5-13, se comparan los valores puntuales de los parámetros base de este modelo Híbrido con los del modelo Logit Mixto expuesto en la Sección 5.3. Los resultados muestran una disminución en los valores de los parámetros del modelo MH en comparación con el modelo ML, mas no así el orden de importancia de los elementos de accesibilidad universal (donde nuevamente la información audiovisual es la más valorada, seguido por la estandarización de elementos, para finalizar con la información auditiva al exterior del bus).

Tabla 5-12: Resultados ecuaciones de medición

Variable Latente	Indicador	Valor	Test t
Independencia Tecnológica	I.1: Acceder y hacer uso de redes sociales, como Facebook y Twitter, o Whatsapp	3,278	10,06
	I.3: Redactar y enviar e-mails, adjuntar archivos y leer el contenido de los mensajes en la bandeja de entrada	5,86	8,826
	I.5: Utilizar aplicaciones móviles para reproducir contenido multimedia como Spotify, YouTube, Netflix	3,438	11,24
Independencia de Movilidad	I.4: Desplazarme usando transporte público en Santiago	1,718	10,18
	I.6: Concurrir al supermercado y realizar las compras del hogar	3,145	9,26
	I.8: Asistir y atenderme en centros asistenciales como CESFAM, SAPU, Clínicas u Hospitales	3,065	9,37
	I.10: Pagar en línea los servicios básicos del hogar, como luz, agua, teléfono, etc.	2,378	9,85

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-13: Comparación de parámetros modelos ML y MH

Parámetro	Modelo ML	Modelo MH
Información audiovisual al interior del bus	1,171	0,991
Información auditiva al exterior del bus	0,740	0,705
Estandarización de los elementos del bus	0,987	0,930
Tiempo de espera	-0,321	-0,328

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, a nivel de VSG, es posible apreciar la disminución en la mayoría de los términos, en comparación a sus símiles del modelo ML-RP, principalmente debido a la inclusión de las variables latentes interactuando con los parámetros base. Notar que el mayor efecto de esta inclusión fue en el parámetro del tiempo de espera, donde hubo una disminución de 46% respecto a la VSG de discapacidad visual y un aumento de 36% respecto a la VSG con mujer.

5.5 Valorización de atributos

Para concluir la sección de resultados, se calculó la tasa de sustitución en minutos de cada elemento, esto es, cuanto tiempo adicional estarían dispuestas a esperar las personas para acceder a un bus con elementos de accesibilidad universal. Como el experimento no incorporó la tarifa⁵, no fue posible obtener una valorización subjetiva por elemento, sino que las personas debían hacer un compromiso entre disponer de los elementos de accesibilidad universal y el tiempo de espera por abordar un bus. Por lo anterior, y sólo con el fin de ofrecer una aproximación al valor monetario que se podría asociar a cada elemento, se usó el valor social del tiempo de espera recomendado por el Ministerio de Desarrollo Social y de Familia, correspondiente a \$4.867 por hora (MDSF, 2021), siguiendo la metodología propuesta por Peña et al. (2018) y también aplicada por **Acevedo (2021)**. Este análisis se realizó para el modelo Logit Mixto con Parámetros Aleatorios y para el modelo Híbrido, que fueron los mejores modelos estimados.

⁵ Como muchas personas con discapacidad, el foco de este estudio, tienen ingreso bajo, de haber incorporado variaciones en la tarifa podría haber existido comportamiento lexicográfico. Además, un atributo adicional complica el experimento y es fuente de mayor fatiga para los encuestados.

5.5.1 Modelo Logit Mixto con Parámetros Aleatorios

Primero, en la Tabla 5-14 se presenta el cálculo de la tasa de sustitución para los parámetros base de cada elemento de accesibilidad universal, incluyendo tanto su valor base como los intervalos de confianza. Para el valor base, la tasa de sustitución se calcula como la razón entre el parámetro del elemento y el valor del parámetro del tiempo de espera, multiplicado por -1. Así, por ejemplo, el valor para la información audiovisual estaría dado por 1,171 (valor base) dividido por 0,321 (parámetro del tiempo de espera multiplicado por -1), resultando la tasa de sustitución de 3,65 que se muestra en la tabla.

Tabla 5-14: Tasa de sustitución – parámetros base modelo ML

Elemento	Promedio (min)	Intervalo de Confianza (min)
Información audiovisual al interior del bus	3,65	[2,70 ; 4,88]
Información auditiva al exterior del bus	2,31	[1,47 ; 3,32]
Estandarización de los elementos del bus	3,07	[0,04 ; 5,99]

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para los intervalos de confianza, la técnica utilizada depende de la naturaleza de los parámetros, es decir, si eran fijos o aleatorios. Para los primeros, se utilizó el método propuesto por Armstrong et al. (2001), donde el intervalo de confianza está dado por la Ecuación 5.9, donde el subíndice e corresponde al elemento y t al tiempo de espera, t_e y t_t a los test t del elemento y tiempo respectivamente, t al valor crítico utilizado (en este caso, 1,96 al 95% de confianza) y ρ al coeficiente de correlación entre ambos parámetros.

$$\left(\frac{\beta_e * t_t}{\beta_t * t_e}\right) * \left(\frac{t_t t_e - \rho t^2}{t_t^2 - t^2}\right) \pm \left(\frac{\beta_e * t_t}{\beta_t * t_e}\right) * \frac{\sqrt{(\rho t^2 - t_e t_t)^2 - (t_e^2 - t^2)(t_t^2 - t^2)}}{t_t^2 - t^2} \quad (5.9)$$

En cuanto a los parámetros aleatorios, se simuló nuevamente 10.000 instancias, dividiendo el valor de cada una de ellas por el parámetro (fijo) del tiempo de espera, extrayendo el percentil 95%. La Tabla 5.15 muestra las valorizaciones, correspondientes a multiplicar los valores de la Tabla 5.14 por el valor social del tiempo de espera en min.

Los resultados obtenidos permiten observar que el tiempo que las personas están dispuestas a esperar, por acceder a los elementos de accesibilidad universal, oscila entre 2,31 min y 3,65 min; esto es, un valor aproximado entre \$187 y \$296; como se esperaba, la información audiovisual al interior del bus es lo más valorado.

Tabla 5-15: Valorización de atributos – parámetros base modelo ML

Elemento	Promedio (\$)	Intervalo de Confianza (\$)
Información audiovisual al interior del bus	296	[219 ; 396]
Información auditiva al exterior del bus	187	[119 ; 269]
Estandarización de los elementos del bus	249	[3 ; 486]

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-16: Valoración información audiovisual al interior del bus - modelo ML con VSG

Información Audiovisual al Interior del Bus				
¿Tiene discapacidad visual?	¿Tiene discapacidad física?	¿Tiene auto en el hogar?	Valoración (min)	Valoración (\$)
Sí	Sí	Sí	7,38	599
Sí	Sí	No	5,94	482
Sí	No	Sí	4,86	394
Sí	No	No	3,42	278
No	Sí	Sí	6,17	500
No	Sí	No	4,73	384
No	No	Sí	3,65	296
No	No	No	2,21	179

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-17: Valoración información auditiva al exterior del bus - modelo ML con VSG

Información Auditiva al Exterior del Bus					
¿Es mujer?	¿Tiene discapacidad visual?	¿Tiene auto en el hogar?	¿Está trabajando?	Valoración (min)	Valoración (\$)
Sí	Sí	Sí	Sí	5,20	422
Sí	Sí	Sí	No	4,52	367
Sí	Sí	No	Sí	4,29	348
Sí	Sí	No	No	3,62	294
Sí	No	Sí	Sí	3,76	305
Sí	No	Sí	No	3,09	250
Sí	No	No	Sí	2,86	232
Sí	No	No	No	2,18	177
No	Sí	Sí	Sí	4,41	358
No	Sí	Sí	No	3,74	303
No	Sí	No	Sí	3,51	285
No	Sí	No	No	2,84	230
No	No	Sí	Sí	2,98	242
No	No	Sí	No	2,31	187
No	No	No	Sí	2,07	168
No	No	No	No	1,40	114

Fuente: Elaboración propia

Al analizar las Tablas 5-16 y 5-17 es posible concluir lo siguiente respecto a la heterogeneidad de las valoraciones:

- Información audiovisual al interior del bus: Para este elemento se obtuvo ocho valores distintos. La mínima disposición a esperar (2,21 min) por información audiovisual, la tienen las personas sin discapacidad física ni visual, y que no tienen vehículo en su hogar. En el extremo contrario, las personas con discapacidad visual y física, que poseen auto en su hogar, están dispuestas a esperar 7,38 min por la presencia de este elemento. Este resultado implica una variación cercana al 234%. En el caso particular de personas con discapacidad visual, la disposición a esperar por este elemento aumenta en 1,21 min.
- Información auditiva al exterior del bus: Para este elemento se obtuvo 17 valores distintos. La diferencia entre la mayor y menor disposición a esperar es más alta que en el caso anterior. Aquí, la mayor tasa de sustitución corresponde a mujeres con discapacidad física, que trabajan y tienen un vehículo en su hogar, quienes tienen una disposición de 5,20 min; esto es un valor 270% más alto que la menor tasa de sustitución en este sentido, que corresponde a hombres sin discapacidad visual, que no trabajan y tampoco tienen un vehículo en su hogar. Por otro lado, si la persona tiene discapacidad visual, esto adiciona a la disposición base del elemento cerca de 1,44 min.
- Estandarización de los elementos en el bus: Para finalizar, se puede apreciar que el tiempo que están dispuestos a esperar los individuos en nuestra muestra por la estandarización de elementos, es siempre el mismo. Esto se debe a que no fue posible caracterizar la aleatoriedad mediante VSG como en los casos anteriores, con la información disponible en la investigación; una alternativa podría haber sido el incorporar variables latentes adicionales de seguridad y comodidad, por ejemplo.

5.5.2 Modelo Híbrido

Al igual que en la sección anterior, en la Tabla 5-18 primero se presentan las tasas de sustitución de los elementos de accesibilidad universal, junto a los intervalos de confianza. En la Tabla 5-19 se muestran los resultados de valorizar los atributos multiplicándolos por el valor social del tiempo de espera, como en el caso anterior.

Tabla 5-18: Tasa de sustitución – parámetros base modelo MH

Elemento	Promedio (min)	Intervalo de Confianza (min)
Información audiovisual al interior del bus	3,02	[2,20 ; 4,23]
Información auditiva al exterior del bus	2,15	[1,49 ; 3,07]
Estandarización de los elementos del bus	2,84	[0,51 ; 5,08]

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-19: Valorización de atributos – parámetros base modelo MH

Elemento	Promedio (\$)	Intervalo de Confianza (\$)
Información audiovisual al interior del bus	245	[178 ; 343]
Información auditiva al exterior del bus	174	[121 ; 249]
Estandarización de los elementos del bus	230	[41 ; 412]

Fuente: Elaboración propia

Similar al análisis del modelo ML-RP, se puede observar que el tiempo que las personas están dispuestas a esperar, por acceder a los elementos de accesibilidad universal, oscila entre 2,15 min y 3,02 min. Esto indica, una reducción en la valorización respecto al

modelo ML-RP; no obstante, la información audiovisual al interior del bus es nuevamente lo más valorado económicamente.

Por otro lado, al analizar en profundidad las Tablas 5-20 y 5-21 (que presentan las tasas de sustitución y la valorización de elementos en el caso del modelo híbrido), es posible extraer interesante información acerca de la heterogeneidad en la valoración de elementos:

- Información audiovisual al interior del bus: Dado que se mantienen las variaciones sistemáticas de gusto, existen nuevamente ocho distintos valores para este elemento. La mínima disposición a esperar bajo a 1,62 min para las personas sin discapacidad física ni visual, y que no tienen vehículo en su hogar. También se mantuvo el perfil con mayor disposición a esperar (personas con discapacidad visual y física, que poseen auto en su hogar), pero el valor también disminuyó a 5,66 min. Este resultado implica una variación de 4,04 min. En el caso particular de personas con discapacidad visual, la disposición a esperar por este elemento aumentó el parámetro base en 1,11 min, es decir, un 8% menor al modelo ML-RP.
- Información auditiva al exterior del bus: Acá se mantuvo la cantidad de 17 parámetros distintos. Nuevamente, las mujeres con discapacidad visual, que trabajan y tienen vehículo en su hogar presentan la mayor tasa de sustitución con 5,03 min; es decir, un 346% más alto que los hombres sin discapacidad visual, que no trabajan ni poseen vehículos en su hogar. Esta variación implica una diferencia de 3,19 min, esto es, un 3% mayor que en el modelo ML-RP. En el caso particular de personas con discapacidad visual, la disposición de espera por este elemento se eleva en 1,52 min, que es 5% mayor que su similar del modelo ML-RP.

Tabla 5-20: Valoración información auditiva al exterior del bus - modelo MH con VSG

Información Auditiva al Exterior del Bus					
¿Es mujer?	¿Tiene discapacidad visual?	¿Tiene auto en el hogar?	¿Está trabajando?	Valoración (min)	Valoración (\$)
Sí	Sí	Sí	Sí	5,03	408
Sí	Sí	Sí	No	4,34	352
Sí	Sí	No	Sí	4,01	325
Sí	Sí	No	No	3,32	269
Sí	No	Sí	Sí	3,52	285
Sí	No	Sí	No	2,82	229
Sí	No	No	Sí	2,50	203
Sí	No	No	No	1,80	146
No	Sí	Sí	Sí	4,36	354
No	Sí	Sí	No	3,66	297
No	Sí	No	Sí	3,34	271
No	Sí	No	No	2,64	214
No	No	Sí	Sí	2,84	231
No	No	Sí	No	2,15	174
No	No	No	Sí	1,82	148
No	No	No	No	1,13	92

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-21: Valoración información audiovisual al interior del bus - modelo MH con VSG

Información Audiovisual al Interior del Bus				
¿Tiene discapacidad visual?	¿Tiene discapacidad física?	¿Tiene auto en el hogar?	Valoración (min)	Valoración (\$)
Sí	Sí	Sí	5,66	459
Sí	Sí	No	4,27	346
Sí	No	Sí	4,13	335
Sí	No	No	2,73	222
No	Sí	Sí	4,55	369
No	Sí	No	3,16	256
No	No	Sí	3,02	245
No	No	No	1,62	132

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las variables latentes solo es posible valorizar la independencia tecnológica, dado que la independencia de movilidad interactúa con el tiempo de espera.

La Ecuación 5.6 muestra que la independencia tecnológica depende de tres factores: edad, discapacidad visual y estudios. Según los resultados de la Tabla 5-11, tanto la edad como la discapacidad visual disminuyen el valor de la independencia y, por el contrario, tener estudios universitarios y/o postgrado aumentan su valor. Por esto, se estudiarán dos casos:

- Caso 1 (más independiente tecnológicamente): Persona de 18 años, sin discapacidad visual y que tiene estudios universitarios.
- Caso 2 (menos independiente tecnológicamente): Persona de 80 años, con discapacidad visual y sin estudios.

Para ambos casos, y tanto para la información audiovisual al interior e información auditiva al exterior del bus, se calculó los parámetros asociados a sus características. Los resultados, disponibles en la Tabla 5-22, permiten apreciar las diferencias entre ambos casos; en particular, las personas con menor independencia tecnológica (Caso 2), valoran más la inclusión de elementos de accesibilidad universal que las personas más

independientes tecnológicamente (Caso 1), a quienes, de hecho, les significa una reducción en su utilidad.

Tabla 5-22: Parámetros asociados a la independencia tecnológica

	Elemento	Parámetro
Caso 1	Información Audiovisual al interior del bus	-0,003
	Información Auditiva al exterior del bus	-0,004
Caso 2	Información Audiovisual al interior del bus	0,101
	Información Auditiva al exterior del bus	0,125

Fuente: Elaboración propia

Tras esto, se calculó las tasas de sustitución para cada elemento, considerando las variaciones entre el Caso 1 y el Caso 2, para posteriormente valorizarlas. Los resultados se muestran en la Tabla 5-23

Tabla 5-23: Valorización de las variaciones entre los dos casos considerados

Elemento	Valorización (min)	Valorización (\$)
Información Audiovisual al interior del bus	-0,32	-26
Información Auditiva al exterior del bus	-0,39	-32

Fuente: Elaboración propia

De esta última tabla se puede apreciar que, si bien existen pequeñas variaciones, en el caso de ambos elementos, las personas más independientes tecnológicamente están dispuestas a esperar menos tiempo que las personas con menor independencia tecnológica, siendo la información auditiva el elemento con mayor brecha en comparación a la información audiovisual al interior del bus.

6. CONCLUSIONES

En la presente investigación se valorizaron tres elementos de accesibilidad universal que podrían mejorar la experiencia de personas con discapacidad visual en el uso de buses del transporte público: (i) información audiovisual al interior del bus, (ii) información auditiva al exterior del bus y (iii) estandarización de los elementos al interior del material rodante. Estos elementos fueron propuestos tras una amplia revisión bibliográfica, entrevistas a expertos y *focus group* incluyendo personas con discapacidad visual. Además, se incluyó dos variables latentes: independencia tecnológica e independencia de movilidad, que buscaban caracterizar más profundamente a las personas y, mejorar el entendimiento sobre cuál era su disposición al pago por los elementos ya mencionados.

Como parte de la investigación, se obtuvo 529 respuestas a una encuesta de preferencias declaradas (PD). Esta fue diseñada con el apoyo de instituciones que trabajan con personas con discapacidad visual, a fin de garantizar el correcto funcionamiento del instrumento y permitir que, independiente del grado de discapacidad visual del encuestado, este pudiera contestarla sin problemas. El principal foco de la encuesta estuvo en el diseño de escenarios hipotéticos en que los encuestados debían elegir entre dos buses de distintas características, en cuanto a los elementos de accesibilidad universal y al tiempo de espera asociado. El instrumento también permitía que los encuestados manifestaran su indiferencia entre ambas alternativas, o que declararan que ninguna les parecía aceptable.

Con los resultados de la encuesta PD se estimaron cuatro modelos y, finalmente, se eligieron dos para el análisis de valorización de atributos: un Modelo Logit Mixto (ML) que incluyó variaciones sistemáticas de gustos (VSG), y un Modelo Híbrido (MH), que además incorporó dos variables latentes (VL) para caracterizar de mejor manera la toma de decisiones de las personas.

El primer modelo (ML), además de los parámetros base asociados a los elementos de accesibilidad universal y tiempo de espera, incluyó VSG para poder caracterizar parte de

la heterogeneidad entre individuos. Se probaron 10 características, pero solo cinco de ellas resultaron significativas (ser mujer, tener discapacidad visual, discapacidad física, ser trabajador y no poseer vehículo en el hogar). Además de lo anterior, este modelo permite variaciones en las preferencias individuales que no sean capturadas por las VSG, mediante la inclusión de parámetros aleatorios (con distribución Normal), para la estandarización de elementos y el tiempo de espera.

Entre los resultados globales sin incluir las VSG, se puede destacar que los elementos más valorados (que implican una mayor disposición al pago) son en orden decreciente: la información audiovisual, la estandarización de elementos y la información auditiva.

En cuanto al primer elemento, es posible apreciar que al incorporar las VSG, las personas con discapacidad física tienen mayor disposición al pago por la inclusión de información audiovisual. En el caso del segundo elemento, la estandarización no presentó variaciones significativas en las características individuales probadas. Finalmente, la información auditiva, tanto al interior como al exterior del bus, resultó ser un elemento más valorado por las personas con discapacidad visual. Estos resultados son consistentes con la bibliografía consultada y las entrevistas realizadas, recalcando el acceso a la información como uno de los principales problemas que poseen las personas con discapacidad visual.

El segundo modelo (MH), utilizó como base al modelo ML e incorporó un modelo MIMIC, para construir dos variables latentes: independencia tecnológica e independencia de movilidad; estas resultaron explicadas por la edad, discapacidad visual, nivel de estudios, discapacidad física y género, y fueron incluidas en el modelo interactuando con las variables base. Cabe destacar que las personas tecnológicamente independientes son jóvenes, sin discapacidad visual y con estudios universitarios y/o postgrado. Por otro lado, las personas independientes en cuanto a movilidad, son mujeres jóvenes sin discapacidad física, ni visual.

Al igual que en el modelo ML, el resultado global del MH fue que los elementos más valorados eran la información audiovisual, la estandarización de elementos y la información auditiva. Ahora bien, a pesar de que el orden de importancia se mantuvo, la

disposición al pago disminuyó en magnitud; esto puede ser explicado por la inclusión de las variables latentes.

Al realizar el análisis de variables latentes, la independencia de movilidad solo dio significativa en la interacción con el tiempo de espera; es decir, la variable utilizada para estimar el valor monetario de los elementos. Dado lo anterior, solo fue posible realizar el análisis para la independencia tecnológica, en relación a dos casos límite: una persona tecnológicamente independiente y una persona poco independiente en este sentido. Esto permitió visualizar que las personas menos independientes están dispuestas a pagar más por la inclusión de información auditiva al exterior e información audiovisual al interior del bus.

En base a los resultados expuestos, se puede concluir que, de acuerdo a los modelos estimados, existen considerables diferencias en la valorización de elementos de accesibilidad entre personas con y sin discapacidad visual y, más aún, entre personas más y menos independientes tecnológicamente. Esto podría ser importante al momento de analizar futuras políticas públicas relacionadas con el acceso de información en los modos de transporte, y en la infraestructura al interior de estos.

Además de obtener valores para los distintos elementos de accesibilidad universal, otro de los aportes de esta investigación fue desarrollar un instrumento de medición adecuado (en Qualtrics) para el tema de estudio, el cual fue testeado y aprobado por instituciones como Fundación Luz, Plane UC y Lazarillo. Este instrumento debiera permitir, a futuro, seguir desarrollando investigaciones para la población con discapacidad visual, así como también, volver a realizar investigaciones anteriores que no contaban con herramientas para incorporar al estudio original personas con discapacidad visual.

Como la encuesta desarrollada tomó en consideración a todo el espectro de discapacidades visuales; es decir, desde personas con baja visión a personas ciegas, se ajustó su visualización tomando en consideración elementos de formato como: colores, fuente y tamaño utilizado, texto alternativo, cantidad de preguntas por hoja, entre otros, con el fin de permitir su respuesta por parte de personas con distinto nivel de discapacidad visual.

Dentro de las limitaciones del estudio, se encuentran:

- (i) que los resultados no son necesariamente replicables en las distintas regiones del país, dado que sus condiciones son muy distintas a las de Santiago y, en particular, el avance de la flota accesible es mucho menor;
- (ii) existen más elementos que podría haber sido interesante analizar, pero para no cansar y complicar la decisión de las personas en los escenarios de elección, se decidió incluir sólo los tres elementos considerados;
- (iii) finalmente, dadas las restricciones sanitarias ocasionadas por la pandemia, fue necesario realizar en forma virtual la mayor parte de la difusión de la encuesta; esto tuvo como resultado una baja participación de personas mayores a 55 años.

Futuras líneas de trabajo incluyen, primero, realizar un estudio similar en otras ciudades del país, donde la realidad de accesibilidad sea muy distinta a la de Santiago y donde los elementos a analizar posiblemente sean distintos a los del presente estudio. También sería interesante analizar la toma de decisiones de personas con discapacidad frente a otros modos, como Taxi Colectivo, Metro, Tren, entre otros, con miras a obtener una ruta accesible a lo largo del sistema de transporte público completo, esto es, una ruta apta para cualquier persona. Por último, también se podría realizar un estudio similar, pero considerando personas con otras discapacidades (sordera, discapacidad cognitiva, movilidad reducida) ya que las barreras que enfrentan son diferentes.

BIBLIOGRAFÍA

ACCEPLAN (2003) *Libro Blanco: Plan de Accesibilidad 2003-2010*, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Madrid.

Acevedo, V. (2021). *El Valor del Altruismo: Hacia la Valorización de la Accesibilidad Universal en Proyectos de Transporte*. Tesis de Magíster, Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, Pontificia Universidad Católica de Chile

Apella, I., Packard, T., Joubert, C. & Zumaeta, M. (2019). *Retos y Oportunidades del Envejecimiento en Chile*. Banco Mundial, Santiago.

Australian Transport Council (2006). *National Guidelines for Transport System Management in Australia*. Australian Transport Council, Barton.

Bahamonde-Birke, F.J., Kunert, U., Link, H. & Ortúzar, J. de D. (2017a) About attitudes and perceptions – finding the proper way to consider latent variables in discrete choice models. *Transportation* 44, 475-493.

Bahamonde-Birke, F.J., Navarro, I., & Ortúzar, J. de D. (2017b). If you choose not to decide, you still have made a choice. *Journal of Choice Modelling* 22, 13-23.

Balbontin, C., Hensher, D.A. & Collins, A.T. (2017). Integrating attribute non-attendance and value learning with risk attitudes and perceptual conditioning. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 97, 172-191.

Barnes, C. & Mercer, G. (2005). Disability, work, and welfare challenging the social exclusion of disabled people. *Work, Employment and Society* 19, 527–545.

Ben-Akiva, M.E., Walker, J.L., Bernardino, A.T., Gopinath, D.A., Morikawa, T. & Polydoropoulou, A. (2002). Integration of choice and latent variable models. En H.S. Mahmassani (ed.), *In Perpetual Motion: Travel Behavior Research Opportunities and Challenges*, 431-470. Pergamon, Amsterdam.

Bliemer, M.C.J. & Rose, J.M. (2010). Construction of experimental designs for mixed logit models allowing for correlation across choice observations. *Transportation Research Part B: Methodological* 44, 720–734.

Boudeguer, A., Prett, P. & Squella, P. (2010). Manual de accesibilidad universal. Recuperado de: <https://www.ciudadaccesible.cl/manuales-accesibilidad-universal/>

Casey, H., Brady, N. & Guerin, S. (2013). ‘Is seeing perceiving?’ Exploring issues concerning access to public transport for people with sight loss. *British Journal of Visual Impairment* 31, 217-227.

CCPT (1996). *Concepto Europeo de Accesibilidad*. Comisión Central de Coordinación para la Promoción de la Accesibilidad. CEAPAT-IMSERSO, Madrid.

CEPAL (2019). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales. Recuperado de: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40155>

Ciudad Accesible (2018). *Hacia un Transporte Público 100% Accesible*. Recuperado de <https://www.ciudadaccesible.cl/>

Collins, B. & O'Mahony, P. (2015). Physically disabled adults' perceptions of personal autonomy: impact on occupational engagement. *OTJR Occupation, Participation and Health* 35, 160–168.

Currie, G. & Wallis, I. (2008). Effective ways to grow urban bus markets—a synthesis of evidence. *Journal of Transport Geography* 16, 419-429.

Dean, S. (2010). *Independence Day*. Gareth Stevens Publishing, New York.

Domencich, T. & McFadden, D.L. (1975). *Urban Travel Demand – A Behavioral Analysis*. North Holland, Amsterdam.

DTPM. (2019). *Informe de Gestión 2018*. Directorio de Transporte Público Metropolitano, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Santiago.

DTPM. (2020). *Informe de Gestión 2019*. Directorio de Transporte Público Metropolitano, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Santiago.

Elvebakk, B. & Aarhaug, J. (2015). The impact of universally accessible public transport-a before and after study. *Transport Policy* 44, 143-150.

Escudero, J.C.S. (2011). Discapacidad visual y ceguera en el adulto: revisión de tema. *Medicina UPB* 30, 170-180.

Espinosa, M. (2016). Accesibilidad en las estaciones del metro de Santiago de Chile para personas con discapacidad visual. Recuperado de: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/141438>

Fearnley, N., Flügel, S. & Ramjerdi, F. (2011). Passengers' valuations of universal design measures in public transport. *Research in Transportation Business & Management* 2, 83-91.

Ferreira, M. (2010). De la minus-valía a la diversidad funcional: un nuevo marco teórico-metodológico. *Política y Sociedad* 47, 45-65.

Galilea, P. & Ortúzar, J. de D. (2005). Valuing noise level reductions in a residential location context. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 10, 305–322.

Geurs, K.T. & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography* 12, 127-140.

Goodley, D. (2017). *Disability Studies: An Interdisciplinary Introduction*. Sage, Londres.

Greene, M. & Ortúzar, J. de D. (2002) Willingness-to-pay for social housing attributes: a case study from Chile. *International Planning Studies* 7, 55-87.

Grue, J. (2010). Is there something wrong with society, or is it just me? Social and medical knowledge in a Norwegian anti-discrimination law. *Scandinavian Journal of Disability Research* 12, 165-178.

- Hamilton, B.A. (2000). Valuation of public transport attributes. *Research Report 184*, Transfund New Zealand, Wellington.
- Hensher, D.A., Rose, J.M. & Greene, W.H. (2015). *Applied Choice Analysis*. Second Edition, Cambridge University Press. Cambridge.
- Iwarsson, S. & Ståhl, A. (2003). Accessibility, usability and universal design—positioning and definition of concepts describing person-environment relationships. *Disability and Rehabilitation* 25, 57-66.
- Jara-Díaz, S.R. (2007). *Transport Economic Theory*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Levitas, R., Pantazis, C., Fahmy, E., Gordon, D., Lloyd, E. & Patsios, D. (2007). The multidimensional analysis of social exclusion: a research report for the social exclusion task force. Bristol Institute for Public Affairs, University of Bristol.
- Low, W.Y., Cao, M. De Vos, J. & Hickman, R. (2020). The journey experience of visually impaired people on public transport in London. *Transport Policy* 97, 137-148.
- López, A. (2010). Autonomía personal y dependencia. *Autonomía Personal* 1, 56-61.
- López, F.A. (2016). *La Accesibilidad en Evolución: La Adaptación Persona-Entorno y su Aplicación al Medio Residencial en España y Europa*. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Mackie, P., Jara-Díaz, S.R. & Fowkes, T. (2001). The value of travel time savings in evaluation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 37, 91–106.
- Manski, C. (1977). The structure of random utility models. *Theory and Decision* 8, 229-254.
- McFadden, D. (1974). The measurement of urban travel demand. *Journal of Public Economics* 3, 303 – 328.

- Márquez, L., Poveda, J.C. & Vega, L.A. (2019). Factors affecting personal autonomy and perceived accessibility of people with mobility impairments in an urban transportation choice context. *Journal of Transport & Health* 14, 100583.
- Massart, D.L., Vandeginste, B.G., Buydens, L.M.C., De Jong, S., Lewi, P.J., & Smeyers-Verbeke, J. (1998). *Data Handling in Science and Technology*. Elsevier, New York.
- McFadden, D. & Train, K.E. (2000). Mixed MNL models for discrete response. *Journal of Applied Econometrics* 15, 447-470.
- MDSF (2021). *Precios Sociales 2021*. Ministerio de Desarrollo Social y Familia, Santiago.
- Ministerio de Planificación (2010). Ley 20422 que establece normas sobre igualdad de oportunidades e inclusión social de personas con discapacidad. *Congreso Nacional de Chile*. Recuperado de: <http://bcn.cl/1uvqg>
- MTT (2020). *Cuenta Pública Participativa*. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Santiago.
- Murphy, K.M. & Topel, R.H. (2002). Estimation and inference in two-step econometric models. *Journal of Business & Economic Statistics* 20, 88–97.
- Navarro, I., Galilea, P., Hidalgo, R. & Hurtubia, R. (2018). Transporte y su integración con el entorno urbano: ¿cómo incorporamos los beneficios de elementos urbanos en la evaluación de proyectos de transporte? *EURE* 44, 135-153.
- Organización Mundial de la Salud. (1973). The prevention of blindness: report of a WHO Study Group. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/38222>
- Organización Mundial de la Salud (2001). Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud. *Versión abreviada*. Madrid: *IMSERSO*.

Organización Mundial de la Salud. (2003). Consultation on development of standards for characterization of vision loss and visual functioning. *WHO Prevention of Blindness & Deafness*. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/68601>

Organización Mundial de la Salud. (2010). Change of definition of blindness. *WHO Prevention of Blindness & Deafness*. Recuperado de: <http://www.who.int/blindness/>

Ortúzar, J. de D. (2000). *Modelos Econométricos de Elección Discreta*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.

Ortúzar, J. de D. (2015). *Modelos de Demanda de Transporte*. Segunda Edición Extendida, Alfaomega, Bogotá.

Ortúzar, J. de D. & Willumsen, L.G. (2011). *Modelling Transport*. 4ta Edición, John Wiley & Sons, Chichester.

Peña, E., Galilea, P. & Raveau, S. (2018). How much do we value improvements on the accessibility to public transport for people with reduced mobility or disability? *Research in Transportation Economics* 69, 445-452.

Pérez-Bueno, L.C. (2010). *Discapacidad, Derecho y Políticas Públicas*. Ediciones CINCA, Madrid.

Pérez, M.E. & Chhabra, G. (2019). Modelos teóricos de discapacidad: un seguimiento del desarrollo histórico del concepto de discapacidad en las últimas cinco décadas. *Revista Española de Discapacidad (REDIS)* 7, 7-27.

Phanikumar, C.V. & Maitra, B. (2006). Valuing urban bus attributes: an experience in Kolkata. *Journal of Public Transportation* 9, 69-87.

Pirie, G.H. (1979). Measuring accessibility: a review and proposal. *Environment and Planning Part A: Economy and Space* 11, 299-312.

Priya, T. & Uteng, A. (2009). Dynamics of transport and social exclusion: effects of expensive driver's license. *Transport Policy* 16, 130-139.

- Preston, J. & Raje, F. (2007) Accessibility, mobility and transport-related social exclusion. *Journal of Transport Geography* 15, 151-160
- Prett, P. (2010). *Manual de Accesibilidad Universal*. Corporación Ciudad Accesible, Santiago.
- Quinn, G. & Degener, T. (2002). Uso actual y posibilidades futuras de los instrumentos de derechos humanos de las Naciones Unidas en el contexto de la discapacidad. En *Derechos Humanos y Discapacidad*. Naciones Unidas, Ginebra.
- Raveau, S., Alvarez-Daziano, R., Yáñez, M.F., Bolduc, D. y Ortúzar, J. de D. (2010). Sequential and simultaneous estimation of hybrid discrete choice models: some new findings. *Transportation Research Record* 2156, 131-139.
- Raveau, S., Yáñez, M.F. & Ortúzar, J. de D. (2012). Practical and empirical identifiability of hybrid discrete choice models. *Transportation Research Part B: Methodological* 46, 1374-1383.
- Rosenbloom, S. (2007). Transportation patterns and problems of people with disabilities. En M.J. Field & A.M. Jette (eds.), *The Future of Disability in America*. National Academies Press, Washington, D.C.
- Ruiz Bel, R., Solé Salas, L., Echeita, G., Sala Bars, I. & Datsira Gallifa, M. (2012). El principio del “universal design”: concepto y desarrollos en la enseñanza superior. *Revista de Educación* 329, 413-430.
- SENADIS (2016). *II Estudio Nacional de Discapacidad*. Servicio Nacional de la Discapacidad, Ministerio de Desarrollo Social, Santiago.
- Sillano, M. y Ortúzar, J. de D. (2005). Willingness-to-pay estimation with mixed logit models: some new evidence. *Environment and Planning Part A: Economy and Space* 37, 525 – 550.
- Suárez, J. (2011). Discapacidad visual y ceguera en el adulto: revisión de tema. *Medicina UPB* 30, 170-180.

- Stephanidis, C. (2001). User interfaces for all: new perspectives into human-computer interaction. *User Interfaces for All-Concepts, Methods, and Tools* 1, 3-17.
- Story, M.F., Mueller, J.L. & Mace, R.L. (1998). *The Universal Design File: Designing for People of All Ages and Abilities*. Center for Universal Design, North Caroline State University.
- Story, M.F. (2001). Principles of universal design. En W.F.E. Preiser & K.H. Smith (eds.), *Universal Design Handbook*. 2da Edición, McGraw Hill, New York.
- Torres, I., Greene, M. & Ortúzar, J. de D. (2013). Valuation of housing and neighbourhood attributes for city centre location: a case study in Santiago. *Habitat International* 39, 62-74.
- Train, K.E. (2009). *Discrete Choice Methods with Simulation*. 2da Edición. Cambridge University Press, Cambridge.
- Victoria, J. (2013). El modelo social de la discapacidad: una cuestión de derechos humanos. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado* 46, 1093-1109.
- Vredin-Johansson, M., Heldt, T. & Johansson, P. (2005). Latent variables in a travel mode choice model: attitudinal and behavioural indicator variables. *Working Paper*, Department of Economics, Uppsala University.
- Walker, J.L. (2001). *Extended Discrete Choice Models: Integrated Framework, Flexible Error Structures, and Latent Variables*. PhD. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology.
- Wardman, M., Hine, J. & Stradling, S. (2001). Interchange and travel choice. *Scottish Executive Central Research* 1. Edinburgh.
- Wellek, S. (2002). *Testing Statistical Hypotheses of Equivalence*. Chapman & Hall, New York.

Yáñez, M.F., Raveau, S. & Ortúzar, J. de D. (2010). Modelling and forecasting with latent variables in discrete choice panel models. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 44, 744-753.

Zumbo, B.D. (2005). Structural equation modeling and test validation. En *Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science*, 1951-1958. John Wiley & Sons, Chichester.

ANEXOS

Anexo A: Principios de un DU

El Centro para el Diseño Universal de la UCN define siete principios básicos en los que se ha de basar el desarrollo de productos y entornos bajo este concepto (Boudeguer et al. 2010):

1. Igualdad de uso: El diseño debe ser fácil de usar y adecuado para todas las personas, independientemente de sus capacidades y habilidades.

2. Flexibilidad: El diseño se acomoda a una amplia gama y variedad de capacidades individuales. Acomoda alternativas de uso para diestros y zurdos.

3. Uso simple y funcional: El diseño debe ser fácil de entender independiente de la experiencia, conocimientos, habilidades o nivel de concentración del usuario. Elimina complejidad innecesaria. El diseño es simple en instrucciones e intuitivo en el uso.

4. Información comprensible: El diseño debe ser capaz de intercambiar información con el usuario, independiente de las condiciones ambientales o las capacidades sensoriales del mismo. Utiliza distintas formas de información (gráfica, verbal, táctil). Proporciona el contraste adecuado entre la información y sus alrededores (uso del color), y dispositivos o ayudas técnicas para personas con limitaciones sensoriales.

5. Tolerancia al error: El diseño reduce al mínimo los peligros y consecuencias adversas de acciones accidentales o involuntarias. Dispone los elementos de manera tal que se reduzcan las posibilidades de riesgos y errores (proteger, aislar o eliminar aquello que sea posible riesgo). Minimiza las posibilidades de realizar actos inconscientes que impliquen riesgos.

6. Bajo esfuerzo físico: El diseño debe poder ser usado eficazmente y con el mínimo esfuerzo posible. Permite al usuario mantener una posición neutral del cuerpo mientras utiliza el elemento. Minimiza las acciones repetitivas y el esfuerzo físico sostenido.

7. Dimensiones apropiadas: Los tamaños y espacios deben ser apropiados para el alcance, manipulación y uso por parte del usuario, independientemente de su tamaño, posición o movilidad. Otorga una línea clara de visión y alcance hacia los elementos, para quienes están de pie o sentados. Adapta opciones para asir elementos con manos de mayor o menor fuerza y tamaño.

Anexo B: Listado de elementos en la bibliografía y casos internacionales

Tabla 7-1: Lista de elementos de la bibliografía y casos internacionales

Elemento	Fuentes bibliográficas							Elementos presentes en otros países*						
	Steer Davies Gleave (1996)	Australian Transport Council (2006)	Sjöstrand (1999)	Persson (2000)	Fearnley (2011)	Currie and Wallis (2008)	Peña (2018)	Londres	Berlin	Dublin	Seattle	Sydney	Estocolmo	Gydia
Buses de piso bajo	✓		✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Accesibilidad en el acceso a los buses	✓					✓								
Información visual en el bus				✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓		
Información auditiva en el bus		✓			✓									
Información audiovisual al interior del bus					✓									
Rampas							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Boton de parada con lenguaje Braille								✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Colores de alto contraste									✓	✓	✓	✓	✓	✓
Silla preferente								✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Piso antideslizante							✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓

Fuente: Elaboración propia

*: La no presencia de ✓ en algunos elementos, no significaba necesariamente la falta de estos elementos, sino que no existían documentos oficiales que lo acreditaran.

Anexo C: Encuesta Delphi

<p style="text-align: center;">Encuesta Delphi sobre Elementos de Accesibilidad Universal al Interior del Bus</p> <p>Esta encuesta es parte de un proyecto de investigación realizado por Nicolás Cabello, estudiante de Magíster en Ciencias de la Ingeniería UC, en conjunto con Patricia Galilea, profesora del Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística UC. La investigación, busca valorizar elementos de <i>accesibilidad universal</i> en los buses del transporte público de Santiago, que podrían reducir las barreras a las que se enfrentan personas con discapacidad visual en el transcurso de su recorrido.</p> <p>A continuación, se presentarán un conjunto de elementos de <i>accesibilidad universal</i> que han sido identificados para mejorar la experiencia de personas con discapacidad visual al interior de un bus urbano (algunos ya están presentes en Santiago). El objetivo de esta breve Delphi, es que Ud. nos señale la importancia relativa de dichos elementos (priorizándolos) de acuerdo con su experiencia.</p> <p>Para ello, le solicitamos que distribuya el puntaje global asignado (100 puntos) entre todos los elementos. Cabe destacar que puede dejar elementos con puntuación 0, y también puede agregar uno o más nuevo(s) elemento(s) que considere importante(s), y que no esté(n) presente(s) en la lista. Con su respuesta, y la de los demás participantes, vamos a establecer prioridades promedio para cada ítem y les devolveremos este resultado para que Ud. lo revise y tenga la posibilidad, si le parece adecuado, de cambiar su asignación original. Los resultados finales de la encuesta serán muy útiles para decidir que elementos serán considerados en las próximas etapas de nuestra investigación.</p> <p>Desde ya agradecemos su participación voluntaria, los resultados serán para uso exclusivo del presente estudio y no serán divulgados por ningún medio.</p> <p>Para cualquier duda o consulta acerca de la encuesta, sírvase contactar a Nicolás Cabello, a través del mail: nfcabello@uc.cl, o bien, al +569 5924 6380. Muchas gracias!</p> <p>Nombre:</p> <input type="text"/> <p>e-mail:</p> <input type="text"/>
--

Figura 7-1: Página 1 Encuesta Delphi

Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Por favor distribuya un total de 100 puntos entre los elementos de *accesibilidad universal* que se describen a continuación. Para añadir un nuevo elemento, debe seleccionar la opción "Elemento Adicional" y definir el nuevo elemento.

Información audiovisual al interior del bus: Informar de forma audiovisual, la proximidad a paradas o intersecciones importantes en el recorrido del bus.	<input type="text" value="0"/>
Superficie podotáctil: Incorporar, al interior del bus, una superficie podotáctil, tal como se encuentra en el Metro, paraderos y algunas veredas de Santiago.	<input type="text" value="0"/>
Colores de alto contraste: Pintar el interior del bus y la información disponible con colores de alto contraste.	<input type="text" value="0"/>
Lenguaje Braille: Incorporar información al interior del bus con este sistema de escritura.	<input type="text" value="0"/>
Piso antideslizante: Incorporar, al interior del bus, una superficie antideslizante.	<input type="text" value="0"/>
Pilares con rugosidad y diseño especial: Incorporar pilares capaces de entregar información sobre el bus (dónde están las sillas preferentes, salidas, etc.), a través de rugosidades y del diseño de los mismos.	<input type="text" value="0"/>
Asientos preferentes: Incorporar asientos de uso preferente para personas con discapacidad.	<input type="text" value="0"/>
Buses de piso bajo: Incorporar buses que no requieran el uso de escalones para acceder a ellos, y que no presenten desniveles en el piso.	<input type="text" value="0"/>
Información auditiva al exterior del bus: Informar mediante un parlante la llegada del bus al paradero, indicando el número del recorrido.	<input type="text" value="0"/>
Sistema de cierre de puertas inteligente: Sistema que emita un sonido durante la apertura de la puerta y que alerte ante un atascamiento de las puertas con algún usuario u objeto.	<input type="text" value="0"/>
Información visible: Incorporar información física al interior del bus con letra y colores legibles por parte de personas con discapacidad visual leve.	<input type="text" value="0"/>
Acceso al bus sin barrera física: Eliminar el uso de torniquetes al ingreso de buses.	<input type="text" value="0"/>
Elemento Adicional 1 (opcional): <input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>
Elemento Adicional 2 (opcional): <input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>
Elemento Adicional 3 (opcional): <input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>
Total	<input type="text" value="0"/>

Figura 7-2: Página 2 Encuesta Delphi
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Anexo D: Encuesta Final



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE
TRANSPORTE Y LOGÍSTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Estudio de preferencias a usuarios de buses del transporte público

Tenemos el agrado de invitarle a participar del estudio "**Discapacidad Visual en Buses de Santiago: Valorizando Elementos de un Diseño Universal**" de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Su participación consistirá en responder una encuesta online de no más de 20 minutos donde contestará preguntas asociadas a la Accesibilidad Universal en los Buses del Transporte Público de Santiago.

En esta investigación, se busca valorizar elementos que pudieran mejorar la Accesibilidad en Buses del Transporte Público en Santiago, con énfasis en la situación de personas con discapacidad visual. Con esto se pretende aportar al diseño de políticas públicas a favor de este segmento de la población e incorporar nuevos factores a considerar en la evaluación social de proyectos.

Su participación es absolutamente voluntaria, puede dejar de participar en cualquier momento. Además, los datos obtenidos son estrictamente **confidenciales**, toda información entregada por usted nunca será revelada. Los datos serán utilizados exclusivamente para los fines científicos de esta investigación y podrían utilizarse en investigaciones futuras que sigan la misma línea investigativa.

Al contestar la encuesta usted tendrá la opción de participar en el sorteo de un **Parlante Amazon Alexa Echo Dot 4 y dos giftcards de \$40.000 en Cencosud** (se le pedirán sus datos al final de la encuesta para este fin).

Si usted tiene alguna consulta o preocupación respecto a sus derechos como participante de este estudio, puede contactarse al investigador responsable del estudio, Sr. Nicolás Cabello Troncoso, al mail nfcabello@uc.cl.

**¿Está dispuesto a completar el cuestionario que se presentará a continuación?
Si es así, por favor haga clic en el siguiente botón.**

Figura 7-3: Página 1 Encuesta Final

Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Caracterización del Hogar

¿Cuál es su edad? (Ejemplo: 18)

Figura 7-4: Página 2 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

¿Cuál es su género?

Femenino

Masculino

Otro

Prefiero no responder

Figura 7-5: Página 3 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

¿Se encuentra embarazada?

Sí

No

¿Cuál es su actividad principal?

Trabajo

Estudio

Soy dueña/o de casa

Soy jubilada/o

Estoy desempleado

¿Cuál es su último nivel educacional?

¿En qué comuna de la Región Metropolitana reside?

Figura 7-6: Página 4 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

¿Cuántas personas viven en su hogar, incluyéndose?

¿Cuánto es el total de ingresos líquidos de su hogar al mes?

¿Cuántos automóviles hay en su hogar? (Ejemplo: 2)

Figura 7-7: Página 5 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Perfil Funcional - Salud

¿Cómo definiría la calidad de su vista actual?

Veo, sin necesidad de usar anteojos

Veo, pero necesito usar anteojos

Tengo dificultades para ver, incluso utilizando anteojos

Soy una persona con baja visión

Soy una persona ciega

¿Cómo definiría su calidad auditiva actual?

Escucho, sin necesidad de audífonos ortopédicos

Escucho, pero con el apoyo de audífonos ortopédicos

Tengo dificultad para escuchar, incluso utilizando audífonos ortopédicos

Soy una persona sorda

¿Tiene dificultades para desplazarse en calles y usar transporte público?

No tengo dificultades

Tengo un poco de dificultad

Tengo bastante dificultad

No puedo desplazarme

Figura 7-8: Página 6 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

¿Utiliza algún aparato de movilidad asistida?

Sí

No

←

→

Figura 7-9: Página 7 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

¿Cuáles de los siguientes elementos utiliza? (Marque todos los que necesita)

Muletas

Bastones

Burrito

Silla de ruedas

Triciclo motorizado

Otro

Respecto al día a día, ¿posee alguna dificultad para comunicarse oralmente?

No tengo dificultades

Tengo un poco de dificultad

Tengo bastante dificultad

No puedo comunicarme en forma oral

¿Tiene dificultades para recordar y/o concentrarse?

No tengo dificultades

Tengo un poco de dificultad

Tengo bastante dificultad

No puedo concentrarme y/o recordar

¿ Tiene dificultades para bañarse y/o vestirse?

No tengo dificultades

Tengo un poco de dificultad

Tengo bastante dificultad

No puedo bañarme y/o vestirme

Durante los últimos 14 días, ¿Ha estado convaleciente de alguna operación, hospitalización o con alguna extremidad inmovilizada?

Sí

No

Figura 7-10: Página 8 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Movilidad en Transporte Público

A continuación, se hacen una serie de preguntas relacionadas con su forma de movilizarse por la ciudad. Por favor responda considerando el uso regular de transporte **antes de la emergencia sanitaria del COVID-19**.

¿Cuál(es) de los siguientes medios de transporte utilizaba regularmente?.
Considere aquellos medios de transporte que utilizaba más de una vez a la semana, la mayoría de las semanas. (Puede escoger más de una alternativa)

Bus o Micro

Metro

Automóvil

Bicicleta

Scooter

Otro

←

→

Figura 7-11: Página 9 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Previo a la emergencia sanitaria del COVID-19, ¿Qué tan seguido utilizaba los buses de transporte público como medio de transporte?

¿Por cuáles de estos motivos ocupaba los buses, generalmente? Puede escoger más de uno.

Trabajo

Estudio

Entretención

Otro

Figura 7-12: Página 10 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Regularmente, ¿Cuánto tiempo esperaba por el recorrido del bus que utilizaba para desarrollar sus actividades cotidianas?

Expresé su respuesta en minutos (Ejemplo: 13)

Figura 7-13: Página 11 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Escenarios de Elección

En la siguiente sección, imagíne que se está estudiando la posibilidad de incorporar una nueva flota de buses al sistema de transporte público de Santiago, los cuales poseen características que **eventualmente se podrían incorporar**.

En base a esto, a usted se le solicitará escoger entre **dos buses** y podrá elegir aquel que más se adapte a sus gustos, o bien señalar que ambos le parecen igualmente atractivos o que - en realidad - ninguno le parece apropiado.

Cada uno de estos buses puede poseer o no las características mencionadas a continuación.

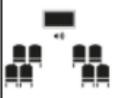
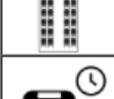
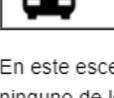
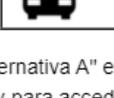
Figura 7-14: Página 12 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

- **Información audiovisual al interior del bus:** Este elemento representa la presencia de una pantalla, al interior del bus, que muestra **de manera gráfica y sonora** la proximidad a paraderos y/o calles importantes en el recorrido del bus.
- **Información auditiva al exterior del bus:** Esta característica indica la presencia de **altavoces al exterior del bus**, indicando el destino y número del recorrido, cada vez que éste se detiene en algún paradero.
- **Estandarización de los elementos del bus:** Esta característica indica buses **estandarizados**, es decir, buses en que los asientos, bajadas, botones para solicitar la parada, pilares y tótem BIP están en la misma ubicación. Así, independiente del bus que tome, siempre sabrá cómo están distribuidos estos elementos en su interior.

Además de las características mencionadas anteriormente, cada bus tendrá asociado un **tiempo de espera**, que irá variando según las características que tenga el bus en cuestión.

Figura 7-15: Página 13 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

A modo de ejemplo, a continuación se presenta un escenario de elección entre dos buses:

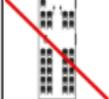
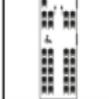
Alternativa A	Alternativa B
 <p>Información audiovisual al interior del bus: <i>Sin información audiovisual</i></p>	 <p>Información audiovisual al interior del bus: <i>Con información audiovisual</i></p>
 <p>Información auditiva al exterior del bus: <i>Sin información auditiva</i></p>	 <p>Información auditiva al exterior del bus: <i>Con información auditiva</i></p>
 <p>Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus no estandarizado</i></p>	 <p>Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus estandarizado</i></p>
 <p>Tiempo de espera del bus: <i>19 minutos</i></p>	 <p>Tiempo de espera del bus: <i>31 minutos</i></p>

En este escenario se puede apreciar que en la "Alternativa A" el bus no presenta ninguno de los elementos descritos anteriormente y para acceder a este se debe esperar sólo 19 minutos. Por otro lado, en la "Alternativa B", se presenta un bus que incorpora todos los elementos, es decir, tiene información audiovisual al interior del bus, información auditiva al exterior del bus y es un bus estandarizado; pero, para acceder a este se debe esperar 31 minutos.

Este mismo ejercicio se deberá realizar en **6 ocasiones**, donde se presentarán **distintos escenarios de elección**.

Figura 7-16: Página 14 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Pregunta 1 de 6 ...

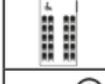
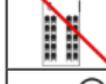
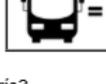
Alternativa A	Alternativa B
 <p>Información audiovisual al interior del bus: <i>Con información audiovisual</i></p>	 <p>Información audiovisual al interior del bus: <i>Sin información audiovisual</i></p>
 <p>Información auditiva al exterior del bus: <i>Con información auditiva</i></p>	 <p>Información auditiva al exterior del bus: <i>Sin información auditiva</i></p>
 <p>Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus no estandarizado</i></p>	 <p>Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus estandarizado</i></p>
 <p>Tiempo de espera del bus: <i>16 minutos</i></p>	 <p>Tiempo de espera del bus: <i>8 minutos</i></p>

De los buses presentados anteriormente, ¿Cuál escogería?

Alternativa A	Alternativa B	Me da lo mismo	Ninguna de las anteriores
---------------	---------------	----------------	---------------------------

Figura 7-17: Página 15 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Pregunta 2 de 6 ...

Alternativa A	Alternativa B
 Información audiovisual al interior del bus: <i>Con información audiovisual</i>	 Información audiovisual al interior del bus: <i>Sin información audiovisual</i>
 Información auditiva al exterior del bus: <i>Sin información auditiva</i>	 Información auditiva al exterior del bus: <i>Con información auditiva</i>
 Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus estandarizado</i>	 Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus no estandarizado</i>
 Tiempo de espera del bus: 19 minutos	 Tiempo de espera del bus: 25 minutos

De los buses presentados anteriormente, ¿Cuál escogería?

Alternativa A

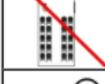
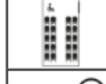
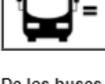
Alternativa B

Me da lo mismo

Ninguna de las anteriores

Figura 7-18: Página 16 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Pregunta 3 de 6 ...

Alternativa A	Alternativa B
 Información audiovisual al interior del bus: <i>Sin información audiovisual</i>	 Información audiovisual al interior del bus: <i>Sin información audiovisual</i>
 Información auditiva al exterior del bus: <i>Sin información auditiva</i>	 Información auditiva al exterior del bus: <i>Con información auditiva</i>
 Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus no estandarizado</i>	 Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus estandarizado</i>
 Tiempo de espera del bus: 25 minutos	 Tiempo de espera del bus: 31 minutos

De los buses presentados anteriormente, ¿Cuál escogería?

Alternativa A

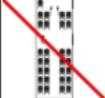
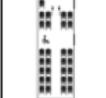
Alternativa B

Me da lo mismo

Ninguna de las anteriores

Figura 7-19: Página 17 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Pregunta 4 de 6 ...

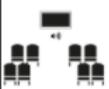
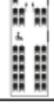
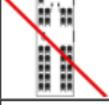
Alternativa A	Alternativa B
 Información audiovisual al interior del bus: <i>Con información audiovisual</i>	 Información audiovisual al interior del bus: <i>Con información audiovisual</i>
 Información auditiva al exterior del bus: <i>Con información auditiva</i>	 Información auditiva al exterior del bus: <i>Sin información auditiva</i>
 Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus no estandarizado</i>	 Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus estandarizado</i>
 Tiempo de espera del bus: 31 minutos	 Tiempo de espera del bus: 19 minutos

De los buses presentados anteriormente, ¿Cuál escogería?

Alternativa A	Alternativa B	Me da lo mismo	Ninguna de las anteriores
---------------	---------------	----------------	---------------------------

Figura 7-20: Página 18 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Pregunta 5 de 6 ...

Alternativa A	Alternativa B
 Información audiovisual al interior del bus: <i>Sin información audiovisual</i>	 Información audiovisual al interior del bus: <i>Con información audiovisual</i>
 Información auditiva al exterior del bus: <i>Con información auditiva</i>	 Información auditiva al exterior del bus: <i>Sin información auditiva</i>
 Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus estandarizado</i>	 Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus no estandarizado</i>
 Tiempo de espera del bus: 19 minutos	 Tiempo de espera del bus: 31 minutos

De los buses presentados anteriormente, ¿Cuál escogería?

Alternativa A

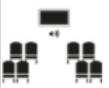
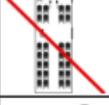
Alternativa B

Me da lo mismo

Ninguna de las anteriores

Figura 7-21: Página 19 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Pregunta 6 de 6 ...

Alternativa A	Alternativa B
 Información audiovisual al interior del bus: <i>Sin información audiovisual</i>	 Información audiovisual al interior del bus: <i>Con información audiovisual</i>
 Información auditiva al exterior del bus: <i>Sin información auditiva</i>	 Información auditiva al exterior del bus: <i>Con información auditiva</i>
 Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus estandarizado</i>	 Estandarización de elementos en el bus: <i>Bus no estandarizado</i>
 Tiempo de espera del bus: 25 minutos	 Tiempo de espera del bus: 25 minutos

De los buses presentados anteriormente, ¿Cuál escogería?

Alternativa A

Alternativa B

Me da lo mismo

Ninguna de las anteriores

Figura 7-22: Página 20 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

¿Cuán importantes consideró los siguientes elementos al realizar las elecciones anteriores?

	Muy poco importante	Poco importante	Neutro	Importante	Muy Importante
Información audiovisual al interior del bus	<input type="radio"/>				
Información auditiva al exterior del bus	<input type="radio"/>				
Estandarización de elementos del bus	<input type="radio"/>				
Tiempos de espera	<input type="radio"/>				

Figura 7-23: Página 21 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Movilidad y tecnología

En la siguiente sección se presentan 10 afirmaciones breves que aluden a distintos tópicos. El objetivo de esto, es poder realizar un análisis entre las respuestas que indicó anteriormente junto a sus aptitudes y facilidad en el uso de tecnologías y movilización. Para continuar, lea cuidadosamente cada acción descrita y elija la opción que mejor le represente.

Puedo realizar las siguientes acciones sin dificultad y sin la ayuda de terceras personas:

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	En acuerdo	Muy de acuerdo
1. Acceder y hacer uso de redes sociales, como Facebook y Twitter, o Whatsapp.	<input type="radio"/>				
2. Desplazarme a través de las distintas calles y veredas de Santiago.	<input type="radio"/>				
3. Redactar y enviar e-mails, adjuntar archivos y leer el contenido de los mensajes en la bandeja de entrada.	<input type="radio"/>				
4. Desplazarme usando transporte público en Santiago.	<input type="radio"/>				
5. Utilizar aplicaciones móviles para reproducir contenido multimedia como Spotify, YouTube, Netflix.	<input type="radio"/>				

Figura 7-24: Página 22 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Puedo realizar las siguientes acciones sin dificultad y sin la ayuda de terceras personas:

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	En acuerdo	Muy de acuerdo
6. Concurrir al supermercado y realizar las compras del hogar.	<input type="radio"/>				
7. Diseñar el recorrido, o bien conocer el tiempo de llegada del próximo bus, mediante aplicaciones como Google Maps, Lazarillo y Waze, entre otras.	<input type="radio"/>				
8. Asistir y atenderme en centros asistenciales como CESFAM, SAPU, Clínicas u Hospitales.	<input type="radio"/>				
9. Obtener salvoconducto y/o permiso de desplazamiento desde la página web correspondiente.	<input type="radio"/>				
10. Pagar en línea los servicios básico del hogar, como luz, agua, teléfono, etc.	<input type="radio"/>				

Figura 7-25: Página 23 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Final

Muchas gracias por responder esta encuesta. Su respuesta es muy valiosa para el futuro progreso de esta investigación. Para continuar, queremos **saber su opinión sobre la encuesta**.

En términos generales ¿Qué tan sencilla le pareció la encuesta?

Muy Sencilla Sencilla Moderada Compleja Muy Compleja

¿Tiene algún comentario o aspecto a mejorar de la encuesta en general?

¿Quieres participar del sorteo de 2 giftcards de \$40.000 en Cencosud y un parlante Amazon Echo Dot 4?

Sí

No

Figura 7-26: Página 24 Encuesta Final
Fuente: Elaboración propia desde Qualtrics

Anexo E: Comparativa de Parámetros Modelo ML con VSG

Tabla 7-2: Comparación de parámetros modelo ML con VSG

Género	Discapacidad Visual	Discapacidad Física	Sin Auto	Trabajador	Información Auditiva	Información Audiovisual	Estandarización Elementos	Tiempo de Espera
Mujer	Sí	Sí	Sí	Sí	1,05	1,66	0,79	-0,02
				No	0,86	1,66	0,79	-0,08
			No	Sí	1,34	2,06	0,79	-0,02
		No		1,14	2,06	0,79	-0,08	
		No	No	Sí	1,05	0,87	0,79	-0,02
				No	0,86	0,87	0,79	-0,08
	No			1,34	1,27	0,79	-0,02	
	No	No	Sí	Sí	0,67	1,66	0,79	-0,11
				No	0,47	1,66	0,79	-0,18
				No	0,95	2,06	0,79	-0,11
			No	Sí	0,76	2,06	0,79	-0,18
				Sí	0,67	0,87	0,79	-0,11
No				0,47	0,87	0,79	-0,18	
Hombre	Sí	Sí	Sí	Sí	0,85	1,37	0,79	-0,08
				No	0,66	1,37	0,79	-0,14
			No	Sí	1,13	1,77	0,79	-0,08
		No		0,94	1,77	0,79	-0,14	
		No	No	Sí	0,85	0,58	0,79	-0,08
				No	0,66	0,58	0,79	-0,14
	No			1,13	0,98	0,79	-0,08	
	No	No	Sí	Sí	0,94	0,98	0,79	-0,14
				No	0,46	1,37	0,79	-0,17
				No	0,27	1,37	0,79	-0,24
			No	Sí	0,75	1,77	0,79	-0,17
				No	0,55	1,77	0,79	-0,24
No				0,46	0,58	0,79	-0,17	
No	No	Sí	0,27	0,58	0,79	-0,24		
		Sí	0,75	0,98	0,79	-0,17		
		No	0,55	0,98	0,79	-0,24		

Fuente: Elaboración propia

Anexo F: Estimación Bayesiana para Parámetros Individuales (*posteriors*)

El modelo ML supone que los gustos varían aleatoriamente entre los encuestados acordes a alguna distribución (que esta investigación correspondió a una Distribución Normal) (Hess, 2007). Esta distribución $f(\beta)$ puede permitir obtener una distribución individual condicionada en la elección de los individuos $f(\beta/g)$, mediante la aplicación del método de Bayes explicado en la Ecuación 7.1:

$$f(\beta/g) * P(g) = P(g/\beta) * f(\beta) \quad (7.1)$$

De donde $P(g/\beta)$ corresponde a la verosimilitud de los datos, es decir, la probabilidad de elección g dado los valores particulares de β y, por otro lado, $P(g)$ corresponde a la probabilidad de elección g . Ahora bien, es posible reordenar los términos y denotar a $P(g)$ como:

$$P(g) = \int_{\beta} P(g/\beta) * f(\beta) * d\beta \quad (7.2)$$

Es con lo anterior que la distribución individual queda definida como (Train, 2003):

$$f(\beta/g) = \frac{P(g/\beta) * f(\beta)}{\int_{\beta} P(g/\beta) * f(\beta) * d\beta} \quad (7.3)$$

Como esta ecuación no tiene fórmula cerrada, es que se deben hacer simulaciones con un alto número de *draws*. Con esto, el promedio de la distribución de cada individuo está dada por:

$$\widehat{\beta}_n = \frac{\sum_{r=1}^R [P(g/\beta_r) * \beta_r]}{\sum_{r=1}^R P(g/\beta_r)} \quad (7.4)$$

Donde β_r con $r = 1 \dots, R$ son *draws* independientes con igual peso de la distribución $f(\beta)$. Cabe recalcar que $\widehat{\beta}_n$ es sólo la media de la distribución individual, por lo que también es necesario calcular la desviación estándar condicionada, la que en este caso corresponde a:

$$\widetilde{\beta}_n = \frac{\sum_{r=1}^R [P(g/\beta_r) * (\beta_r - \widehat{\beta}_n)^2]}{\sum_{r=1}^R P(g/\beta_r)} \quad (7.5)$$

Con esto, y dado que se asume que la distribución individual será Normal $\sim (\widehat{\beta}_n, \widetilde{\beta}_n)$ igual que la distribución poblacional, entonces el parámetro individual, estará dado por el valor esperado de una distribución Normal.

Anexo G: Comparativa de Parámetros Modelo ML con Parámetros Aleatorios

Tabla 7-3: Comparación de parámetros modelo ML con parámetros aleatorios

Género	Discapacidad Visual	Discapacidad Física	Sin Auto	Trabajador	Información Auditiva	Información Audiovisual	Estandarización Elementos	Tiempo de Espera	
Mujer	Sí	Sí	Sí	Sí	1,38	1,91	0,99	-0,08	
			No	No	1,16	1,91	0,99	-0,14	
		No	Sí	Sí	Sí	1,67	2,37	0,99	-0,08
				No	No	1,45	2,37	0,99	-0,14
			No	Sí	Sí	1,38	1,10	0,99	-0,08
				No	No	1,16	1,10	0,99	-0,14
	No	Sí	Sí	Sí	Sí	1,67	1,56	0,99	-0,08
				No	No	1,45	1,56	0,99	-0,14
			No	Sí	Sí	0,92	1,52	0,99	-0,21
				No	No	0,70	1,52	0,99	-0,26
		No	Sí	Sí	Sí	1,21	1,98	0,99	-0,21
				No	No	0,99	1,98	0,99	-0,26
			No	Sí	Sí	0,92	0,71	0,99	-0,21
				No	No	0,70	0,71	0,99	-0,26
Hombre	Sí	Sí	Sí	Sí	1,13	1,91	0,99	-0,14	
			No	No	0,91	1,91	0,99	-0,20	
		No	Sí	Sí	Sí	1,42	2,37	0,99	-0,14
				No	No	1,20	2,37	0,99	-0,20
			No	Sí	Sí	1,13	1,10	0,99	-0,14
				No	No	0,91	1,10	0,99	-0,20
	No	Sí	Sí	Sí	Sí	1,42	1,56	0,99	-0,14
				No	No	1,20	1,56	0,99	-0,20
			No	Sí	Sí	0,67	1,52	0,99	-0,27
				No	No	0,45	1,52	0,99	-0,32
		No	Sí	Sí	Sí	0,96	1,98	0,99	-0,27
				No	No	0,74	1,98	0,99	-0,32
			No	Sí	Sí	0,67	0,71	0,99	-0,27
				No	No	0,45	0,71	0,99	-0,32
No	No	Sí	Sí	0,96	1,17	0,99	-0,27		
		No	No	0,74	1,17	0,99	-0,32		

Fuente: Elaboración propia

Anexo H: Análisis factorial exploratorio

Con las respuestas obtenidas, se realizó un gráfico de correlación entre los 10 indicadores (el cual se puede apreciar en la Figura 7-26) y un análisis de los componentes principales. De allí se determinó que se podían formar dos variables latentes, dado la existencia de dos valores propios mayores a 1 (6,06 y 1,12).

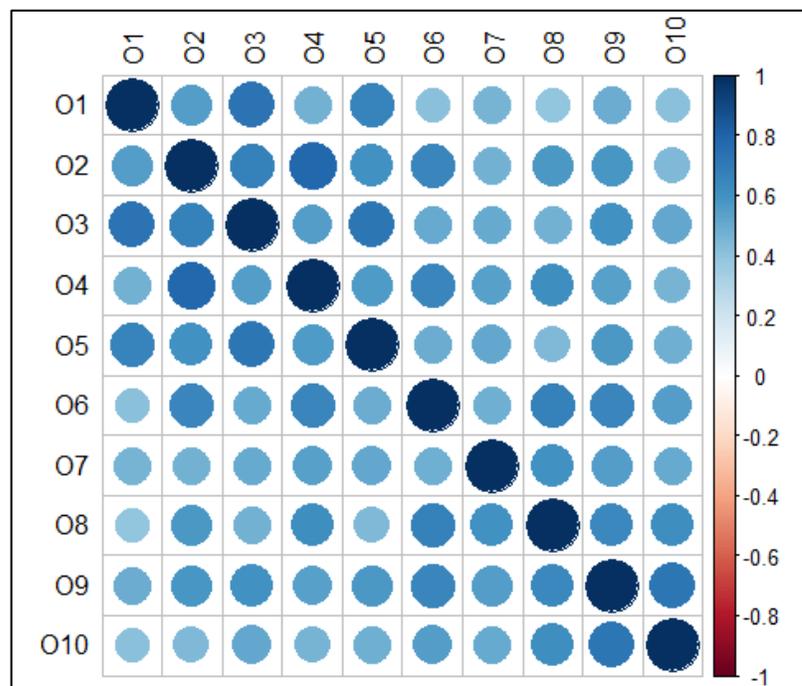


Figura 7-27: Correlación entre indicadores
Fuente: Elaboración propia con R

Cabe destacar, que para este análisis se utilizó como método de ajuste la máxima verosimilitud y una rotación ortogonal con la finalidad de minimizar el número de indicadores que tengan una alta incidencia sobre cada variable (lo que facilita la interpretación). Se utilizó las afirmaciones que tuvieran en valor absoluto un valor mayor a 0,6, lo que correspondió a la 1, 3 y 5 para la independencia tecnológica y 4, 6, 8 y 10 para la independencia de movilidad.