



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ESTIMAR LA DISPOSICIÓN A
ESPERAR POR UN ASIENTO CON DATOS DE PREFERENCIAS REVELADAS:
VALIDACIÓN E ILUSTRACIÓN CON APLICACIÓN EN PARADERO ESPECÍFICO
DEL TRANSANTIAGO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL INDUSTRIAL

GABRIELA VERÓNICA CASTILLO VALLADARES

PROFESOR GUÍA:
CRISTIAN ÁNGELO GUEVARA CUÉ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN
ALEJANDRO TIRACHINI HERNÁNDEZ

El presente trabajo de memoria se enmarca en el desarrollo del proyecto FONDECYT 1150590, adjudicado por el profesor Ángel Guevara, perteneciente a la Universidad de Chile, el cual tiene como título: “Modelando comportamiento de elección en contextos complejos”.

SANTIAGO DE CHILE
2017

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE:** Ingeniera Civil Industrial
POR: Gabriela Castillo Valladares
FECHA: 03/04/2017
PROFESOR GUÍA: Ángelo Guevara Cué

**“PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ESTIMAR LA DISPOSICIÓN A
ESPERAR POR UN ASIENTO CON DATOS DE PREFERENCIAS
REVELADAS: VALIDACIÓN E ILUSTRACIÓN CON APLICACIÓN EN UN
PARADERO ESPECÍFICO DEL TRANSANTIAGO”**

El diseño del Transantiago, el sistema de transporte público de la capital, no consideró la comodidad de ir sentado en el viaje debido, en parte, a que su cuantificación objetiva no es trivial. Si bien existe evidencia internacional contundente sobre, por ejemplo, la importancia de poder viajar sentado, ésta está basada principalmente en datos sobre preferencias declaradas, lo que puede hacer cuestionables sus resultados a causa de varios tipos de sesgo.

El objetivo de esta memoria es colaborar en el cierre de esta brecha al proponer y validar una metodología para medir la disposición a esperar por un asiento desde el inicio de un viaje en bus, usando datos de preferencias reveladas. De esta forma, se pretende dar cuenta, a través de una metodología cuantitativa, de la importancia que la comodidad en el viaje debe tener en futuras políticas públicas de transporte.

En este trabajo se utiliza el comportamiento natural de los usuarios del paradero PC37, quienes hacen dos filas: una para quienes están dispuestos a esperar más con el fin de asegurar un asiento en el viaje hacia su destino y otra para los que prefieren ir de pie en el primer bus que llegue.

Tras la realización de un experimento piloto, se termina definiendo el experimento de preferencias reveladas propuesto. El experimento consiste en medir el tiempo de espera de los usuarios de cada fila mediante el uso de tarjetas foliadas que se entregan cuando el usuario se incorpora a la fila y se retiran cuando éste sube al bus. Asimismo, se registran una serie de variables socioeconómicas y demográficas de los viajeros, así como también, el contexto de elección.

Finalmente, para validar la metodología propuesta se modela la elección de fila usando un modelo Logit, para lo cual fue necesario imputar los atributos de la alternativa no elegida por el usuario. En esta aplicación preliminar se encuentra que la utilidad del tiempo de viaje de pie es 31% más negativa que la utilidad del tiempo de viaje sentado. Estos resultados son comparables a los reportados en estudios previos que utilizan otras metodologías y fueron aplicados en otros países. El valor obtenido sugiere que sería socialmente conveniente aumentar la capacidad de asientos en el sistema de transporte público del país y, por ende, es un atributo a ser considerado en las futuras políticas públicas y/o licitaciones del Transantiago.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, el inmenso apoyo durante este último año de mi profesor guía, Ángelo Guevara. Académico con amplio conocimiento en materia de transporte y modelación, pero que tuvo la pedagogía exacta de enseñarme de manera muy simple temas complejos para mí. Destaco, por sobre todo, su compromiso constante con mi tema de memoria y su temperamento tranquilo y fraternal, situación que causó hasta envidia en otros compañeros por querer tener un mismo profesor guía. Mis más sinceros agradecimientos a este gran profesor y persona.

Por otra parte, doy gracias al amor, apoyo y respaldo incondicional que mi familia me ha entregado durante toda mi vida. En especial, a mis padres, Verónica y Joaquín, quienes sufrieron, incluso más que yo, aquellos momentos en que me iba mal y festejaban como niños cuando pasaba los ramos. Infinitas gracias papás por ser los mejores que me podrían haber tocado, los amo. Asimismo, agradezco a mi hermano Leonardo por ser mi partner durante todo el proceso universitario, donde ambos aprendimos de cada uno, grande Caex, te quiero un montón. También, agradezco, por la preocupación constante y los momentos de felicidad que me entregaron, a mi hermano Joaquín, mi cuñada Constanza y mis tres hermosas, tiernas y divertidas sobrinas, Julieta, Olivia y Colomba, los adoro. Finalmente, pero no menos importante, agradezco a mis primas María José, Claudia, Valentina, Macarena, Giselle y Coté; a mi primo Carlos; a Javier (el Loser) y Alian (el doc); a mis tías Patricia, Nena, Ximena, Anita, Vero y Paty; y mis tíos Roberto, Nelson, Kiko y Oscar por el inmenso amor que me han entregado y por quererme tal cual soy con mis locuras y bromas. Gracias amigggggas y contertulios, los quiero muchísimo.

Asimismo, doy gracias por los hermosos y valiosos amigos que la vida ha puesto en mi camino. Sin duda, todos los terraceos, carretes, juntas, copuchas, bromas, llantos, enojos han valido la pena, porque hoy puedo decir que me siento rodeada de personas que me quieren y me apoyan, lo cual es demasiado gratificante. Gracias a las “Ingeniebras”, Coni, Pauli, Danny, Andre y Gabi, por todas las aventuras vividas y que nos quedan por vivir. En especial a la Gabi por ser una amiga incondicional, que en los malos momentos me dio los mejores consejos y en los buenos nadie nos paró de tanto reír. A mis amigos Guille y Felipe por su cariño y picardía que solo nosotros entendemos. A mis amigos del colegio Pola, Mila, Chere, Camilo y Memo que marcaron una linda etapa de mi vida e influyeron en la persona que soy hoy en día. También doy gracias a quienes empezaron la Universidad conmigo, Aleh, Osvaldo y Diego, y a quienes por distintos motivos siguieron otros caminos y, aun así, la amistad continuó, Stephi, Fran y Pablo.

Doy gracias a Miguel por ser un pilar fundamental en mi paso por la Universidad, siempre con la palabra de aliento precisa, el abrazo perfecto y la admiración necesaria. Gracias porque de ti aprendí lo que significa ser perseverante y saber amar a alguien. Asimismo, agradecer a su familia, tío Miguel, tía Maggi, Vane y Kira, por darme un segundo hogar en donde el amor y el cariño reinaba siempre que llegaba, los quiero muchísimo.

Por último, mis más sinceros agradecimientos a Pepe Rey, quien siempre me tuvo un abrazo, un San Expedito y un estacionamiento cuando llegaba atrasada a la U, a Juan por su picardía y humor. También a la Geo que me quiso como una madre adoptiva y me dejaba pasar a la biblioteca cada vez que se me quedaba la TUI y a la tía Eliana que fue cómplice de más de una de mis locuras y aventuras.

Tabla de Contenido

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Motivación	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Resumen Metodología	2
1.4 Contribuciones.....	3
1.5 Estructura	3
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Introducción	4
2.2 Contexto Nacional	4
2.3 Estudios previos sobre la valoración por ir sentado	5
2.4 Estudios previos sobre el impacto del hacinamiento.....	6
2.5 Recolección de datos con PR y PD	9
2.6 Modelación de elecciones discretas.....	11
2.7 Conclusiones	12
CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO DE PR	13
3.1 Introducción	13
3.2 Metodología de Diseño	13
3.3 Experimento propuesto	19
3.4 Conclusiones	21
CAPÍTULO 4. APLICACIÓN DEL EXPERIMENTO AL PARADERO PC ₃₇	22
4.1 Introducción	22
4.2 Experimentos.....	22
4.3 Análisis Descriptivo	23
4.4 Conclusiones	30
CAPÍTULO 5. ESTIMACIÓN DEL FC DE USUARIOS DEL PARADERO PC ₃₇	32
5.1 Introducción	32
5.2 Criterios para desechar observaciones.....	32
5.3 Preparación de variables	32
5.4 Imputación de atributos de alternativa no elegida	33
5.5 Modelamiento.....	34
5.6 Conclusiones	37
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	38
6.1 Resumen	38

6.2 Extensiones.....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	40
ANEXOS.....	45

Índice de Tabla

Tabla 1. Ventajas y desventajas de encuestas de PD y PR	10
Tabla 2. Encuesta de usuarios que prefieren ir sentados.	16
Tabla 3. Encuesta de usuarios que prefieren ir de pie.....	17
Tabla 4. Descripción agregada de datos obtenidos de los experimentos comparada con los de la EM y el INE.....	24
Tabla 5. Descripción niveles de carga.	29
Tabla 6. Resumen resultados modelo logit considerando variables de edad y género.....	35
Tabla 7. Resumen resultados modelo logit, experimento de PR, incorporando las variables ingreso, licencia de conducir y los factores de escala	37
Tabla 8. Actividades a realizar por el encuestador para cada campo de la encuesta.....	46
Tabla 9. Rango de Ingresos del hogar mensual que se muestra a los encuestados.	47
Tabla 10. Insumos a utilizar en experimento de PR.....	49

Índice de Figura

Figura 1. Layout del paradero PC37 del recorrido 104 y distribución de usuarios	14
Figura 2. Disposición espacial del staff en paradero PC37.....	18
Figura 3. Diagrama del experimento propuesto.....	20
Figura 4. Comparación de género entre Experimentos realizados en paradero PC37, la EM y el INE.....	25
Figura 5. Comparación rango etarios entre Experimentos, la EM y el INE.....	26
Figura 6. Cantidad de encuestados según el tiempo de espera al inicio de su viaje en el paradero PC37.....	27
Figura 7. Cantidad de encuestados según distancia de viaje.....	28
Figura 8. Variación de la disposición de esperar por un asiento con respecto al tiempo de viaje de cada usuario.	30
Figura 9. Mapa del recorrido 104.....	45

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

El transporte público es un aspecto importante en la calidad de vida de las personas, por lo que existen diversas investigaciones que modelan y evalúan las decisiones de elección de los viajeros. En un principio, los atributos más estudiados, y que influyen en la decisión de un pasajero, eran el costo monetario y el tiempo de viaje (Daly et al. 2011, Douglas et al., 2005; Whelan et al., 2009;). Más recientemente se ha estudiado la incorporación de otros factores, tales como la comodidad, la disponibilidad de asientos, las percepciones del nivel de hacinamiento, entre otros, debido a que se ha comprobado que éstos tienen un impacto significativo en el comportamiento de los usuarios (Batarce et al., 2015; Tirachini et al., 2013; Wardamn et al., 2011). No obstante, en su mayoría, son investigaciones que usan datos de *Preferencias Declaradas* (PD, de ahora en adelante), los cuales presentan varios tipos de sesgos (Bradley et al., 1990). Este tipo de técnica es aquella que se basa en declaraciones de individuos acerca de cuáles son sus preferencias cuando se les presentan opciones que describen una serie de escenarios hipotéticos contruidos por el investigador en un diseño experimental (González et al., 2012).

En el caso de Santiago de Chile, el modelo de diseño del transporte público integrado, conocido como Transantiago, no consideró factores de calidad de servicio. Al contrario, solamente procuró minimizar los costos de los usuarios y del operador, ignorando aspectos cualitativos que las personas valoran en la experiencia de un viaje. Por ejemplo, la función de costos implementada asigna el mismo peso a un minuto viajando con cinco pasajeros por metro cuadrado que un minuto viajando con un pasajero por metro cuadrado (Tirachini et al., 2016).

Los factores anteriormente mencionados no son considerados en la práctica debido a que su estimación en un sistema de transporte público congestionado representa un gran desafío metodológico, debido a dos razones. La primera, se debe a que el comportamiento de elección bajo condiciones de congestión no necesita ser el mismo que el observado en escenarios normales. La segunda, recae en la dificultad de recoger datos de *Preferencias Reveladas* (PR, de ahora en adelante) en dichas circunstancias. Esta técnica está basada en la observación del comportamiento real de las personas. En general, los datos obtenidos mediante encuestas de PR tratan de medir los valores de los atributos, tanto de la alternativa elegida como de las no elegidas para cada individuo (González et al., 2012).

Asimismo, contar con un estudio en Santiago que incorpora datos de PR, es decir, en donde se observa el comportamiento real de los usuarios, entrega resultados más representativos de las elecciones efectuadas por ellos mismos. Por lo anterior, es razonable suponer que aquellos factores adicionales mencionados anteriormente serán considerados con mayor relevancia en futuras políticas de transporte, debido al crecimiento continuo del contexto urbano (Tirachini et al., 2016). Tal es el caso de la posible incorporación de nuevos buses de dos pisos en el Transantiago, la cual aumenta la probabilidad de los pasajeros en ir sentados a un 60% contra el 36% que presentan los buses de hoy en día.

En cuanto a la viabilidad de la investigación, ésta cuenta con el aporte monetario del FONDECYT 1150590 y el interés científico e investigativo de quien es el autor del estudio, el profesor Ángel Guevara Cué.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Proponer y validar una metodología que permita medir un factor de comodidad que se deriva de la disposición a esperar por un asiento, el cual es la razón entre la desutilidad de viajar de pie y la desutilidad de viajar sentado, desde el inicio del viaje de los usuarios del Transantiago del paradero PC37 utilizando datos de PR.

1.2.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son:

- I. Diseñar una metodología para medir el factor de comodidad por parte de los usuarios del Transantiago y aplicarla en el paradero PC37 mediante el uso de PR.
- II. Capturar y registrar los datos observados, definiendo criterios de imputación de datos de las alternativas no elegidas y sobre la eliminación o conservación de datos.
- III. Validar la metodología empleada, así como los resultados obtenidos, comparándolo con la literatura existente.
- IV. Obtener el factor de comodidad utilizando un modelo logit binario.

1.3 Resumen Metodología

La metodología de investigación utilizada en este trabajo consta de tres etapas. La primera es la fase de diseño, en la cual se realiza una visita exploratoria al paradero PC37 y una consulta a expertos, previa revisión bibliográfica. Lo anterior, con el fin de obtener el diseño del experimento de recolección de datos, incluyendo la preparación del formulario de encuestas.

En la fase experimental, se aplica el experimento propuesto en el paradero PC37 en horario punta de la tarde en los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2016 respectivamente, obteniendo una muestra total de 334 observaciones.

Finalmente, en la última fase de validación del experimento propuesto, se procesan los datos e imputan los atributos de la alternativa no elegida por el viajero. Luego, se estima el *Factor de Comodidad* (FC, de ahora en adelante) por parte de los usuarios de dicho paradero utilizando un modelo Logit y se analizan los resultados obtenidos. Todos los datos observados son estimados utilizando el software opensource R.

1.4 Contribuciones

Existen diversos ámbitos en los cuales este trabajo de investigación contribuye. Por una parte, en el ámbito metodológico, se crea un instrumento para recolectar y analizar datos que permite medir el FC por parte de los usuarios del paradero PC37 del Transantiago. Además, sugiere cómo estudiar más adecuadamente a una población que presenta un comportamiento natural de elección de una fila en un paradero específico.

Por otra parte, en cuanto a su implicancia práctica, es un instrumento replicable, en un futuro, a otros paraderos que presenten el mismo comportamiento por parte de los viajeros y su sencilla aplicación entrega una herramienta de fácil entendimiento para quienes la quieran utilizar.

En cuanto al valor teórico, el estudio de datos de PR evidencia el comportamiento real de los viajeros y, por ende, se obtiene una estimación más representativa de la toma de decisión de los usuarios. Además, permite la valoración de más atributos en comparación con experimentos de PD, los cuales para evitar una carga cognitiva a los encuestados deben disminuir el número de atributos a estudiar (Batarce et al., 2015). Conjuntamente, da a conocer qué variables influyen de manera significativa sobre la elección del viajero por preferir ir sentado.

Finalmente, en cuanto a la relevancia social, al determinar el FC se obtiene un indicador importante para la evaluación del beneficio social de aumentar la capacidad de asientos en el sistema de transporte público de Santiago. Así como también, ser considerado en futuras políticas públicas y/o licitaciones del Transantiago.

1.5 Estructura

El resto del trabajo se organiza como sigue. El capítulo 2 presenta el contexto nacional del Transantiago y una revisión bibliográfica acerca de la valoración de ir sentado y del hacinamiento, tanto a nivel nacional como internacional. En el capítulo 3, se muestra el diseño del experimento propuesto, donde se detalla tanto la metodología de diseño como el experimento definido. En cuanto a la aplicación del experimento en el paradero PC37, en el capítulo 4 se describen el conjunto de datos obtenidos y los experimentos realizados. El capítulo 5 especifica la imputación de los atributos de la alternativa no elegida por el usuario y el modelamiento para estimar el factor de comodidad y atributos como: edad, género, licencia de conducir e ingreso de cada viajero. Los resultados son comparados con estudios previos realizados en la literatura. Por último, el capítulo 6 entrega un resumen con las conclusiones principales de la investigación y las posibles extensiones futuras a desarrollarse.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

En este capítulo se describe el contexto nacional del sistema de transporte público de Santiago. Se especifica su institucionalidad, los hitos importantes que evidencian la falta de consideración de la comodidad en el diseño del Transantiago en sus inicios. También, se enumeran nuevas medidas que se han ido incorporando para mejorar la experiencia de viaje, otorgando importancia a la realización de esta investigación.

Luego, se detalla la revisión bibliográfica realizada de estudios acerca de la valoración por ir sentado por parte de los pasajeros y sobre el hacinamiento presente en los viajes en transporte público. Esta búsqueda en la literatura, tanto nacional como internacional, permite prevenir errores que se han cometido en otros estudios, orientar sobre cómo realizar el presente estudio y proveer un marco de referencia para interpretar los resultados (Sampieri et al. 2004). Por lo anterior, esta sección es una etapa fundamental para el futuro desarrollo de la investigación.

2.2 Contexto Nacional

En Chile a contar del año 2007 se puso en marcha la reforma al transporte público, conocida como Transantiago, la cual pretendía ser un sistema de transporte interconectado con nuevos medios de pagos, infraestructura y recorridos. También, tenía por objetivo ser un sistema de transporte sustentable económica y ambientalmente, moderno y eficiente, y acorde a los requerimientos de movilidad, accesibilidad y calidad de vida de los usuarios de Santiago (Presidencia de la República, 2013).

En cuanto a la institucionalidad del sistema de transporte público de Santiago, entre los años 2002 y 2006, en el marco del Plan de Transporte Urbano del Gran Santiago, se crea el Comité de Ministros para el Transporte Urbano de Santiago (Instructivo Presidencial N° 001/2003). Para luego, en el año 2013, ser reemplazado por la *Dirección de Transporte Público Metropolitano* (DTPM, de ahora en adelante) (Instructivo Presidencial N° 002/2013), el cual tiene como labor regular, controlar y supervisar el Sistema de Transporte Urbano. Así como también, analizar de forma integral el sistema de transporte público capitalino y velar por la adecuada coordinación de los diferentes modos que participan en el transporte público de la ciudad de Santiago (DTPM). Asimismo, se crea una Secretaría Técnica, dependiente de la DTPM, a cargo de generar una propuesta de rediseño del Transantiago. Uno de sus principales objetivos es introducir mejoras en el sistema de transporte público, enfocadas en la calidad de servicio y considerando la visión ciudadana (DTPM).

En cuanto a las acciones realizadas por la reforma, una que se lleva a cabo en sus inicios, es sacar de circulación a los antiguos buses que componían el transporte público urbano de la región Metropolitana. Dichos vehículos contaban con una serie de aspectos mal evaluados por la ciudadanía, tales como dificultad al subir al bus, un manejo descuidado del chofer, asientos en mal estado, entre otros. Sin embargo, tenían una capacidad para 70 personas y 40 asientos disponibles, siendo la probabilidad de ir sentado equivalente a un 57%. En la actualidad, dicha probabilidad cae a un 36%, donde la capacidad de los buses articulados es de 102 personas, en promedio, y 37 asientos disponibles (Ministerio

de Transporte y Telecomunicaciones, 2016). Se evidencia que la comodidad en el viaje no es considerada a la hora de diseñar e implementar esta política pública, sino que se le da prioridad a otros factores que los pasajeros no estaban conforme del sistema anterior.

Recientemente ha habido medidas que tienen por objeto incluir la percepción de los pasajeros. Una de ellas, impulsada por la Secretaría Técnica el año 2016, es el Plan de Participación Ciudadana para el rediseño del Transantiago. El objetivo de esta acción es incluir transversalmente la opinión y percepción de las personas acerca del Transantiago. Los resultados preliminares (de una muestra de 10.000 participantes) ubican a la regularidad y la frecuencia como el principal tema abordado por la ciudadanía (27%), seguido de la calidad del servicio y atención de usuarios (20%), el diseño de los buses (13%), entre otros (DTPM, 2016). Si bien, el sistema de transporte ha considerado los ítems de regularidad y frecuencia, siendo los actuales indicadores de calidad de servicio definidos por la DTPM. Nuevamente, no se considera la comodidad como una variable importante en la calidad del servicio ofrecido (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, 2015) a pesar de tener un alto porcentaje de disconformidad en las encuestas realizadas a la ciudadanía (Yáñez et al., 2010).

Otra medida es la puesta en marcha del Plan Maestro de Infraestructura de Transporte Público que busca mejorar los indicadores operacionales del Sistema de Transporte Público mediante acciones a corto, mediano y largo plazo (DTPM). Algunas de ellas son implementar paraderos con refugio, zonas pagas en los paraderos, estaciones de transbordo, entre otras. Éste entrega una oportunidad para el trabajo de investigación, puesto que la comodidad sería un aspecto relevante a ser considerado.

Finalmente, se pretende incidir en el diseño de los buses del Transantiago mediante los resultados obtenidos en este estudio, puesto que se evidenciará empírica y cuantitativamente si la comodidad es un aspecto que valoran los usuarios. Una oportunidad para ello es la apertura de la licitación para operadores de Transantiago y Tarjeta BIP el cual, actualmente, se encuentra en el proceso de diseño de las bases. Cabe mencionar que luego de este proceso, se procederá a la publicación de las nuevas bases de licitación entre mayo del 2017 y el año 2018 y culminará con la renovación de las concesiones el año 2018 (Pulso, 2016).

2.3 Estudios previos sobre la valoración por ir sentado

Si bien la mayoría de las investigaciones acerca de la comodidad en el sistema de transporte público está relacionada con los niveles de hacinamientos y la percepción de los viajeros respecto a éste. Existen algunos, pero pocos, estudios que han observado comportamientos contra intuitivos o irracionales por parte de los usuarios de un transporte público (Raveau et al., 2014) cuando se enfrentan a condiciones extremas de congestión, privilegiando así la comodidad durante el viaje.

Tal es el caso del estudio realizado en el metro de Singapur (Tirachini et al., 2016), en el cual existe un subconjunto de pasajeros que están dispuestos a viajar un tiempo más largo, en la dirección opuesta o hacia atrás, para asegurar un asiento para el viaje real hacia su destino. En esta investigación, se usan datos de PR, debido al enriquecedor comportamiento que presentan las personas. Las transacciones de tarjetas inteligentes son utilizadas para estimar la proporción de usuarios que están dispuestos a viajar en la

dirección opuesta durante la primera parte de su viaje y el promedio de ocupación del tren por sección. Con lo anterior, se estiman las diferencias entre la valoración del tiempo de viaje sentado y parado, lo que se traduce en un multiplicador de pie, análogo al de hacinamiento visto en la siguiente sección 2.4. Se obtiene un multiplicador de pie entre el rango 1,18 y 1,24 con niveles típicos de carga en horario punta de la mañana y que puede aumentar hasta 1,55 con una densidad de tres pasajeros por metro cuadrado.

Asimismo, Kroes et al., 2014, analizan el número de pasajeros que esperan un segundo tren para evitar embarcarse en un tren con altos niveles de hacinamiento en París. Si bien, no utilizan un modelo de elección de PR, analizan que las acciones reales de los viajeros que esperan un tiempo adicional por una mayor comodidad son inferiores a las que se estiman con elecciones de PD. Es decir, se observa una posible sobreestimación por parte de las PD en este contexto de hacinamiento. Los resultados obtenidos en esta investigación arrojan un multiplicador de pie que oscila entre 1,0 cuando todos los viajeros pueden sentarse y 1,7 cuando el bus está a su máxima capacidad.

Otra situación similar es la que reporta LT Marketing (1988) en el metro de Londres, citado por Wardman et al., 2011, en la que se observa que los pasajeros no abordan un tren congestionado y esperan por un tren menos lleno o vacío. También, se observa un comportamiento similar en una investigación realizada por Kim et al., 2009 en Seúl, en donde la disponibilidad de asientos aumenta la probabilidad que un pasajero elija embarcar un bus que llega al paradero. VI. Otro estudio realizado por Schmöcker et al., 2011 en Londres también, reporta que los pasajeros eligen el tiempo de salida y la ruta, de acuerdo a la utilidad percibida de su viaje, que incluye la probabilidad de conseguir un asiento como un atributo clave.

En el ámbito local, Raveau et al., 2011 realizan un experimento en el metro de Santiago, comprobando que la tasa de ocupación de los trenes es significativa para explicar la elección de la ruta en la red y que el efecto no es lineal. Es decir, algunos pasajeros están dispuesto a transar el tiempo de espera para una mayor probabilidad de conseguir un asiento durante el viaje (Raveau et al., 2014). Comportamiento que, también, se observa en los pasajeros del recorrido PC37 quienes, por aumentar su probabilidad de ir sentados, se colocan en una determinada fila y esperan un tiempo adicional por conseguir un asiento.

2.4 Estudios previos sobre el impacto del hacinamiento

A diferencia de los estudios previos sobre la valoración por un asiento, las investigaciones acerca de cómo el hacinamiento afecta en la decisión de un viajero y en el diseño de las políticas públicas de transporte es bastante más amplia. Por lo mismo, existen diversas definiciones de lo que se entiende por hacinamiento en el transporte público. Una de las definiciones más completas es la presentada por Tirachini et al. 2016, quienes lo definen como la percepción subjetiva del fenómeno físico representado por una alta densidad de pasajeros en los vehículos, estaciones, paradas y accesos. Cuando el nivel de hacinamiento es elevado, éste puede generar diversos efectos, por lo que se ha incorporado en la literatura actual (Tirachini et al., 2013; Tirachini et al., 2016; Wardaman et al., 2010).

Tal es el caso de Tirachini et al., 2013, quienes realizan un estudio acerca de los distintos efectos o externalidades que produce el hacinamiento en el transporte público, los cuales se detallan a continuación:

- I. Existe un impacto en el tiempo de viaje, puesto que, a mayor hacinamiento, existe una mayor fricción entre los pasajeros y, por ende, aumenta el tiempo de conducción al tener que esperar un tiempo adicional para que los viajeros bajen o suban al bus. Asimismo, se especifica que la alta aglomeración es más problemática para quienes descienden del vehículo (bus o tren) que para quienes se embarcan. Una investigación realizada por Fernández (2011) da cuenta que los tiempos de embarque promedio aumentan linealmente, en cambio, los tiempos medio de descenso aumentan exponencialmente en función de la densidad de pasajeros (de 1 a 6 pasajeros por metro cuadrado).
- II. El hacinamiento provoca un aumento en el tiempo de espera, debido a que los vehículos vienen llenos y el pasajero debe esperar otro bus o metro para poder subirse y, al mismo tiempo, aumenta la variabilidad del tiempo de viaje (Bates et al., 2001; Li et al., 2010). Además, aumenta las agrupaciones de buses (Abkowitz et al., 1987), puesto que un bus lleno al llegar a la parada de autobús, no puede subir más pasajeros, aumentando el número de pasajeros que tendrán que esperar el próximo bus. Cuando llega el segundo bus al paradero, si tiene la capacidad suficiente, tomará a todos los pasajeros, aumentando su tiempo de permanencia en la parada, por la cantidad adicional de pasajeros. De esta manera, disminuye su avance con respecto al bus que viene y lo aumenta con respecto al que ya pasó.
- III. Un alto nivel de hacinamiento provoca un mayor número de incidentes, los cuales son una fuente de retrasos inesperados que afectan el desempeño y confiabilidad del servicio (Tirachini et al., 2013). Tal es el caso cuando los pasajeros bloquean el cierre de puertas en el metro, provocando un retraso adicional en el cierre de puertas, por razones de seguridad.
- IV. Un efecto importante, particularmente para este estudio, es el que afecta el bienestar de los pasajeros, puesto que existen factores físicos y psicológicos que alteran la percepción de la experiencia de viaje del usuario (Batarce et al., 2015). Se observa que a mayor hacinamiento existe un aumento de ansiedad (Cheng, 2010), propensión de llegar tarde al trabajo (Mohd Mahudin et al., 2006), estrés y sentimiento de agotamiento (Mohd Mahudin et al., 2011, 2012), percepciones de riesgo y seguridad personal (Wardman, 2011) y pérdida de productividad para quienes realizan actividades mientras van sentados (Gripsrud, 2012). También se generan síntomas somáticos como tensión, rigidez de los músculos, dolores de cabeza e insomnio (Mohd Mahudin et al., 2011).
- V. Se evidencia que los pasajeros están dispuestos a pagar más por reducir el tiempo de viaje, conocido como la *Valoración del Ahorro del Tiempo de Viaje* (VTTS, de

ahora en adelante, sigla en inglés, Value of Travel Time Savings). Resultados empíricos describen una relación entre el nivel de hacinamiento y el VTTS (Whelan et al, 2009). En efecto, es habitual observar estudios en donde se incorpora un “multiplicador de hacinamiento” a los modelos de elección. Dicho parámetro puede ser interpretado como el factor que aumenta la percepción negativa del tiempo de viaje, bajo ciertos niveles de hacinamiento (Batarce et al., 2015).

- VI. Otro aspecto a evaluar, es el efecto en la elección de ruta y de bus, en el cual se observa que los pasajeros eligen el tiempo de salida y la ruta, de acuerdo a la utilidad percibida de su viaje.
- VII. Un pasajero cuando aborda un vehículo, puede imponer cierta externalidad de hacinamiento a todas las personas que ya se encuentran en el bus o metro, especialmente a los que van de pie. Esta externalidad aumenta el costo social marginal del viaje, aumentando así el precio óptimo del bus o metro. De esa misma manera, debiese existir una tarifa óptima más alta para los pasajeros de larga distancia, quienes son más propensos a encontrar un asiento vacío, que aquellos usuarios que recorren cortas distancias.

Teniendo estos efectos en cuenta se evidencia que el hacinamiento es un atributo relevante que debe ser medido y considerado en el diseño, planificación y evaluación del transporte público de una ciudad.

En cuanto a su consideración, Tirachini et al., 2013 señala que un modelo que no incorpora el hacinamiento, sobreestima (subestima) el VTTS (la demanda) en bajos factores de carga y, por otro lado, subestima (sobrestima) el VTTS (la demanda) en altos factores de carga. Es decir, se debe tener en cuenta que las reducciones del tiempo de viaje en condiciones de hacinamiento valen más que aquellas en un viaje similar pero menos concurrido (Tirachini et al., 2016). En esa misma línea, Batarce et al., 2015 plantea que los diseños de operación e ingeniería no consideran la comodidad en la demanda de viajes. Esta omisión conduce a un estándar de diseño de una densidad de pasajeros mayor o igual a 6 pasajeros por metro cuadrado, el cual es incluso superado en horas punta.

En cuanto a la medición del hacinamiento en los modelos de elección, en la mayoría de los estudios se calcula mediante el uso de un multiplicador de hacinamiento. Existen estudios que lo definen como el factor de carga (números de pasajeros en razón del número de asientos) u otros como la densidad de pasajeros (número de pasajeros por metro cuadrado) (Tirachini et al., 2016). Sin embargo, Wardaman et al., 2010, sugieren que es mejor indicador de congestión la densidad de pasajeros, puesto que un mismo factor de carga podría tener diferentes niveles de hacinamiento, dado que existen diferentes tipos de vehículos con diversas configuraciones de asientos y tamaño.

Un ejemplo de la utilización e interpretación de los multiplicadores de hacinamiento es un estudio realizado por Wardman et al., 2010, en donde se evalúan y resumen una serie de investigaciones realizadas en el metro británico durante 20 años utilizando datos de PD. Calculan un multiplicador promedio para sentados igual a 1,19 y un multiplicador promedio para parados equivalente a 2,32. Lo anterior, indica que para los viajeros que se

van sentados, el tiempo de viaje bajo condiciones de alta congestión genera una utilidad 19% más negativa que en condiciones de baja congestión. La misma lógica para el multiplicador de pie. Asimismo, se interpreta que los pasajeros de pie tienen una mayor disposición a pagar por reducir el tiempo de viaje que los pasajeros sentados. Además, se concluye que el malestar de los pasajeros sentados y de pie aumenta a medida que el número de parados lo hace también.

2.5 Recolección de datos con PR y PD

En la gran mayoría de los estudios, la metodología utilizada para medir la percepción de las personas acerca de la valoración por un asiento y/o el hacinamiento es con el uso de encuestas específicas para la etapa de obtención de datos.

En cuanto a las encuestas, existen distintos tipos. Una de ellas es la de PD (Tirachini et al., 2016; Espino et al., 2004), otra es de PR (Tirachini et al., 2016) y otra en la que se aplican ambas (Batarce et al., 2015). Cada una de ellas presenta ventajas y desventajas, las cuales se resumen en la siguiente Tabla 1 (sólo las encuestas de PD y PR). En cuanto a la aplicación de ambas encuestas, su ventaja radica en ser un enfoque innovador. Tal como lo plantean Batarce et al., 2015, no sólo se beneficia de las ventajas de las PD y PR, sino que también permite la valoración de más atributos relacionados con la comodidad. Asimismo, otro estudio realizado por Wardman et al. 2011, concluyen que la estimación de los modelos conjuntos PD-PR parecería ser una opción atractiva, puesto que se entrega a los resultados una base en la vida real (PR), mientras se explotan las eficiencias del enfoque PD. Sin embargo, su implementación, muchas veces, requiere de mayor tiempo y costos de investigación.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de encuestas de PD y PR. [1] Ortúzar et al., 2011; [2] Bradley et al., 1990; [3] Tirachini et al., 2016; [4] Hörcher et al., 2017; [5] Ortúzar et al., 2011.

Encuestas Preferencias Declaradas (PD)		Encuestas Preferencias Reveladas (PR)	
Ventajas [1]	Desventajas [2]	Ventajas [3]; [4]	Desventajas [4]
Permite incorporar atributos o alternativas no disponibles en el momento de análisis	Sesgo de afirmación: El entrevistado contesta, consciente o inconscientemente, lo que cree que el entrevistador quiere.	Permite observar el comportamiento real de los individuos [3]	No permiten estudiar los efectos de nuevas políticas, como por ejemplo la introducción de un nuevo modo de transporte.
En la construcción de escenarios, se puede evitar la correlación entre variables	Sesgo de racionalización: El entrevistado intenta ser racional en sus respuestas con el objetivo de justificar su comportamiento en el momento de la entrevista.	Los datos PR fiables de alta resolución son muy valiosos como una manera de obtener los valores económicos de los atributos de calidad de servicio, como el valor de evitar un viaje atestado [3]	Las variables más interesantes suelen estar correlacionadas, por ejemplo, el tiempo de viaje y el coste. En este caso, es difícil, separar dicho efecto en la modelización y por lo tanto también en la fase predictiva.
Se puede aislar el efecto de un determinado atributo, así como considerar variables latentes	Sesgo de política: El entrevistado contesta con el objetivo de influir en las decisiones de política en función de su creencia de cómo pueden afectar los resultados de la encuesta.	Entrega resultados más fiables, sin sobreestimar el costo de hacinamiento de los usuarios [4]	No es posible el estudio de variables latentes. Pueden existir factores que dominen el comportamiento real, lo que dificulta detectar la importancia relativa de otras variables igualmente importantes como el confort, la seguridad, la puntualidad del servicio, etc.
El conjunto de elección se puede pre-especificar	Sesgo de no restricción: A la hora de responder no se toma en cuenta todas las restricciones que afectan a su comportamiento, de manera que las respuestas no son reales.		No existe información completa sobre las condiciones del mercado, lo que dificulta determinar el conjunto real de elecciones disponibles.

Ante las desventajas presentadas por el uso de PR, un desafío de este trabajo será abordar estas limitaciones en el modelamiento de los datos obtenidos en un contexto de un sistema de transporte público altamente congestionado. Sin embargo, ante comportamientos de las personas distintos a lo esperado, las elecciones de PR permiten medir dicha anomalía o fenómeno más representativamente que las de PD. Asimismo, los datos obtenidos no podrían ser medidos por PD, sin que existiera algún tipo de sesgo (Ben-Akiva et al. 1990). En esta investigación que se sustenta en la existencia de un comportamiento natural de los viajeros, las elecciones de PR es el enfoque más adecuado para medirlo.

2.6 Modelación de elecciones discretas

En cuanto al modelamiento de la elección realizada por los viajeros y los atributos que influyen en ella, por lo general, se realiza mediante el uso de modelos de elección discreta. Independiente si el enfoque para la obtención de datos es mediante PR, PD o ambas. En ellos, la utilidad de la alternativa escogida (i), de un conjunto de alternativas (j) por el viajero (n), queda definida en la Ecuación 1 de la siguiente manera:

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

En donde V_{in} es la parte sistemática, la cual depende linealmente de los atributos observados del viajero (n) (tiempo de viaje, tiempo de espera, edad, ingreso, género), y ε_{in} es la parte aleatoria, la que corresponde a un término de error. Por ende, la utilidad (U_{in}) se define tal como se muestra en la Ecuación 2:

$$U_{in} = \beta_{\text{tiempo viaje}} * X_{\text{tiempo viaje}} + \beta_{\text{tiempo espera}} * X_{\text{tiempo espera}} + \beta_{\text{edad}} * \text{edad} + \beta_{\text{ingreso}} * \text{ingreso} + \beta_{\text{género}} * \text{género} + \varepsilon_{in} \quad (2)$$

Se supone que los viajeros (n) se comportan de manera racional, por lo que al elegir una alternativa (i), ellos evalúan la máxima utilidad (U_{in}) que pueden alcanzar, entre las alternativas que tienen (j). Una vez que el individuo escoge su alternativa, el investigador puede formular la probabilidad de elección para la alternativa escogida (i), tal como se define en la Ecuación 3:

$$P_n(i) = P(U_{in} \geq U_{jn} \text{ para todo } j) \quad (3)$$

Cabe destacar que si bien el investigador observa los atributos del viajero (tiempo de viaje, de espera, edad, etc.), la utilidad no es observable y, por ende, es aleatoria.

Luego, una vez observada la opción verdadera, se podrán estimar los $\hat{\beta}$, los cuales serán tan cercanos como se quiera a β (Ley de los Grandes Números). Esto también implica que el modelo de probabilidad de elección será una representación fiable del comportamiento de los viajeros y permitirá el análisis de políticas de transporte efectivas.

El objetivo principal de esta investigación es medir el FC, el cual se obtendrá mediante el uso de un modelo de elección discreta, llamado Logit, en donde la elección del viajero es binaria, es decir, toma el valor 1 si escoge la fila para ir sentado y 0 si escoge la fila para ir

de pie. Además, se estiman otros atributos (tiempo de viaje, tiempo de espera, edad, género, ingreso y licencia de conducir) con el fin de observar si influyen de manera significativa en la decisión tomada.

2.7 Conclusiones

Si bien el Transantiago nació como una reforma de transporte innovadora, sustentable y que velara por una mejor calidad de vida de las personas. Sólo se enfocó en ciertos factores tales como nuevos paraderos con refugio, mejor acceso al embarcar el bus, un nuevo sistema de pago, entre otros. Sin embargo, la comodidad durante el viaje no fue considerada, generando opiniones negativas por parte de la ciudadanía sobre el buen funcionamiento del sistema. Resultado de esto son las distintas acciones que se han realizado en la actualidad para mejorar la experiencia de viaje de los usuarios, como es el caso de la creación del Plan de Participación Ciudadana y el Plan Maestro de Infraestructura de Transporte Público.

En cuanto a los estudios previos realizados en la literatura, se observa una menor cantidad de investigaciones acerca de la valoración por un asiento en comparación con aquellas que miden el impacto del hacinamiento en el transporte público. Asimismo, los resultados obtenidos del primer tipo de investigación arrojan un multiplicador de pie promedio igual a 1,15 para condiciones de baja congestión y mayor a 1,5 para alta congestión. En cambio, los multiplicadores de pie promedio observados en la literatura de hacinamiento arrojan un valor mayor en condiciones de alta congestión equivalente a 2,3 y 1,19 en baja congestión.

Para llegar a los resultados anteriores, deben existir dos etapas previas, una de recolección de datos y otra de modelamiento. En la primera etapa, existen tres métodos para llevarla a cabo, uno de ellos es mediante el uso de datos de PD, otro de PR y uno mixto (PR y PD). Como en nuestro caso de estudio existe un comportamiento de las personas distinto a lo esperado, las elecciones de PR es el enfoque más adecuado para medirlo, siendo más representativa que las de PD. Asimismo, los datos obtenidos no podrían ser medidos por PD sin que existiera algún tipo de sesgo (Ben-Akiva et al. 1990). En la segunda etapa, el modelamiento de la elección realizada por los viajeros y los atributos que influyen en ella, por lo general, se realiza mediante el uso de modelos de elección discreta, en esta investigación se utiliza el modelo Logit.

CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL EXPERIMENTO DE PR

3.1 Introducción

En este capítulo se detalla la metodología de diseño del experimento de PR y se determina la propuesta metodológica, la cual es aplicada en el paradero PC37, posteriormente (Capítulo 4). Entender el fenómeno que se quiere medir es relevante al momento de diseñar una metodología, es por ello que se debe analizar, previamente, los posibles factores o externalidades presentes en el caso a estudiar. La revisión bibliográfica, una visita exploratoria, la realización de un viaje de todo el recorrido 104 y la consulta a expertos son las medidas adoptadas en esta investigación para dicho fin.

3.2 Metodología de Diseño

En esta etapa se estudia el fenómeno a medir para obtener una propuesta metodológica acorde al objetivo de este estudio. En otras palabras, se estudia el comportamiento natural de los pasajeros del paradero PC37 quienes, por preferir ir sentados, desde el inicio de su viaje, esperan un tiempo adicional por embarcarse en un bus con asientos vacíos. Conducta que al ser observada y estudiada permite definir una metodología que mida el FC de los usuarios, mediante el uso de PR.

En una primera etapa, el investigador realiza una revisión de la literatura, observando casos de estudio similares realizados, tanto a nivel nacional como internacional, tal como se detallan en el Capítulo 2. Cabe destacar que se debe tener presente el contexto local, teniendo especial cuidado en los experimentos realizados en otros países, puesto que existen similitudes y diferencias que tienen que ser consideradas.

Una vez realizada la revisión bibliográfica, se observa en qué paraderos del Transantiago acontece el fenómeno a estudiar. Si bien, no se realiza una búsqueda exhaustiva, se evidencia que existen varios lugares donde se presenta un comportamiento similar. Como es el caso de los paraderos ubicados en: Av. Providencia con Av. Suecia (Recorrido 104), Av. Vicuña Mackenna con Curicó (Recorrido 501), Av. Manuel Rodríguez con Av. Lib. Bdo. O`Higgins (Recorrido 113E), Av. Santa Rosa con Av. Lib. Bdo. O`Higgins (Recorrido 204) y Av. Manquehue Norte con Av. Vitacura. Según los tiempos, recursos y alcances definidos en la investigación, sólo se elige un paradero. Sin embargo, la existencia de paraderos “gemelos”, es decir, que presentan el mismo fenómeno, podría derivar en que estudios futuros utilicen la metodología propuesta, obteniendo un mayor alcance y representatividad.

La investigación se realiza en el paradero PC37 del recorrido 104 que se ubica en la intersección de Av. Providencia con Av. Suecia, comuna de Providencia. Es en este lugar donde comienza el recorrido 104 y culmina en la intersección de Av. Camilo Henríquez con Av. Gabriela Oriente, comuna de Puente Alto (Anexo A). Se descartan los otros paraderos por presentar condiciones que obstruyen la realización del experimento naturalmente. Por ejemplo, algunos presentan rejas para distribuir a las personas en el paradero, lo que podría dificultar la labor de los encuestadores al tener un espacio reducido y que, al mismo tiempo, pueda alterar la comodidad y el comportamiento de los encuestados.

La ventaja de este paradero es que la intervención de los encuestadores no altera el comportamiento natural y real de las personas. Existe espacio suficiente, así como la aprobación de agentes externos (fiscalizadores, vendedores ambulantes y artistas callejeros) para realizar el estudio. Por último, y siendo lo más relevante, se genera un fenómeno natural por parte de los usuarios de este recorrido, quienes escogen una fila, según sus preferencias. Una fila para aquellos que quieren ir sentados u otra para los que desean ir parados, tal como se muestra en la Figura 1. Todo lo anterior se concluye de una visita exploratoria realizada en el paradero en cuestión en el mes de mayo de 2106.

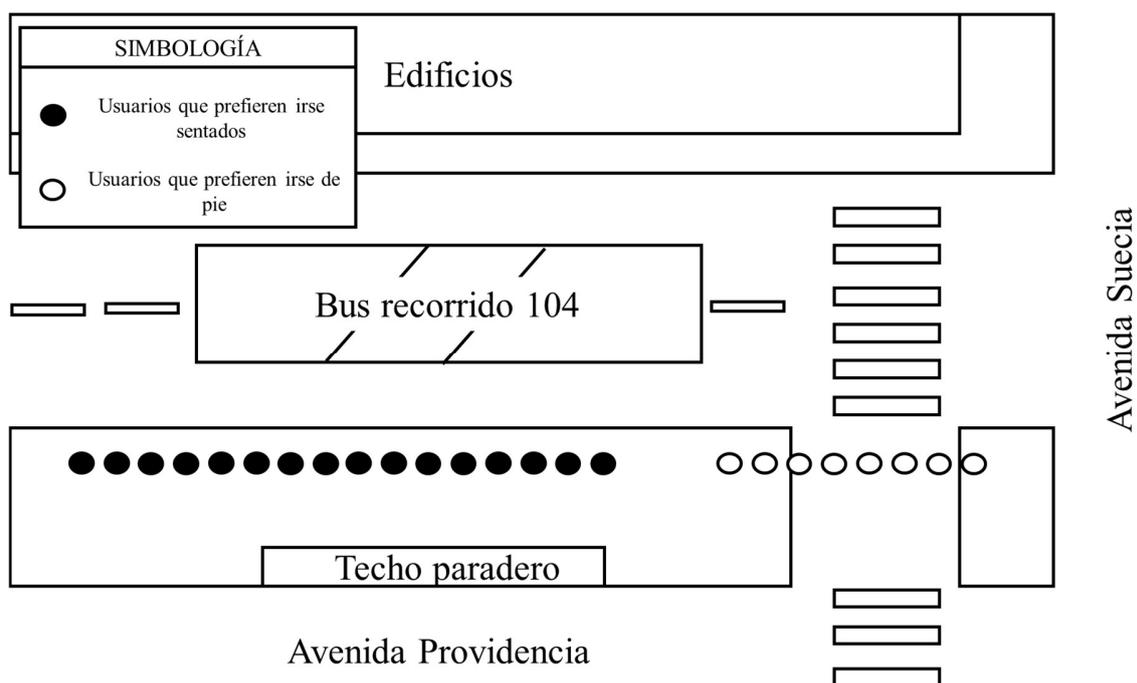


Figura 1. Layout del paradero PC37 del recorrido 104 y distribución de usuarios, donde los círculos negros son aquellos que prefieren ir sentados y los blancos, aquellos que prefieren ir de pie al inicio de sus viajes.

En cuanto a la carga por tramo del recorrido, se realiza un viaje de todo el recorrido 104, en donde se observa que en horario punta de la tarde se inicia el viaje en el paradero PC37 con una carga equivalente a que todos los asientos se encuentran ocupados y la movilidad al interior del bus es difícil para los usuarios. Sin embargo, a medida que se avanza en el recorrido, el nivel de carga comienza a disminuir paulatinamente, teniendo más de la mitad de los asientos ocupados a la altura del Metro Macul y menos de la mitad en el paradero 26 de la Avenida La Florida.

Una vez observado lo anterior, se analiza el comportamiento natural de los pasajeros en el paradero PC37. El fenómeno comienza una vez que llega el bus al paradero, momento en el cual los de la fila de "sentados" ingresan primero al bus, luego, lo hacen quienes se arrepienten de ir sentados, por algún motivo, y, finalmente, suben los de la fila de "parados". Al mismo tiempo, existen pasajeros que quieren ir sentados y al ver que ya ha subido al bus una cantidad de personas suficiente para ocupar los asientos disponibles,

deciden esperar el próximo bus para asegurar un asiento. El tiempo adicional que ellos esperan por preferir ir sentados es lo que se conoce como FC y es lo que se mide en este estudio.

Para el diseño de las encuestas, se desarrolló una consulta a expertos, compuesta por tres personas: Alejandro Tirachini¹, Rodrigo Fernández² y Ángel Guevara³. De esta consulta se obtienen como variables relevantes el tiempo de viaje o destino, el propósito del viaje, la disponibilidad de auto, la motivación por ir sentado/parado, variables socioeconómicas (edad, género e ingreso del hogar) y preguntas de actitudes (frecuencia de uso, ya sea del Transantiago, como del recorrido 104) (Anexo B). Cabe mencionar que se agrega en el atributo ingreso la opción: “No sabe o No responde”, al ser una categoría sensible para los encuestados (Anexo D), tal como se aconseja en la literatura (Ortúzar et al. 2011).

Se realizaron distintos diseños de encuestas, que fueron modificadas según los resultados de una encuesta piloto realizada en mayo del 2016 en horario punta, desde las 19:00 horas a las 21:00 horas en el paradero PC37. Las encuestas definitivas, una para los usuarios que prefieren ir sentados y otra para quienes se van de pie, se muestran en la Tabla 2 y Tabla 3. En total se miden 16 atributos para quienes hacen la fila de sentados y 15 para los de pie, en el cual no se mide el largo de la fila por no presentar variabilidad durante la medición. La duración de cada encuesta es de tres minutos aproximadamente.

¹ Académico del Departamento de Ingeniería Civil Transporte en la Universidad de Chile, PhD en la Universidad de Sydney y Magíster en Ingeniería de Transporte en la Universidad de Chile.

² Profesor Investigador en la Universidad de Los Andes, PhD en Estudios de Transporte de la Universidad de Londres y Magíster en Transporte en la Universidad de Londres.

³ Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Civil Transporte en la Universidad de Chile, PhD en el Instituto de Tecnología Massachusetts y Magíster en la Universidad de Chile.

Tabla 2. Encuesta de usuarios que prefieren ir sentados.

Fecha:		Paradero:		Encuestador:													
ID	Hr. Inc Fila	Largo de Fila	Folio Tarjeta	Género	Edad	Destino	Tiempo aproximado de viaje en el bus	Propósito Viaje	Motivación por irse sentado	¿Cuántas personas hay en su hogar?	¿Cuántos autos tiene en su hogar?	¿Tiene licencia de conducir?	Rango Ing. Hogar	Pregunta A	Pregunta B	Pregunta C	Nº Tarjeta BIP
1	:							<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Salud <input type="checkbox"/> C.Cansancio <input type="checkbox"/> C. Alerta <input type="checkbox"/> C. Carga <input type="checkbox"/> C. Sofocamiento	<input type="checkbox"/> S. Accidente <input type="checkbox"/> S. Robo <input type="checkbox"/> S. Acoso <input type="checkbox"/> Otros:.....							
2	:							<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Salud <input type="checkbox"/> C.Cansancio <input type="checkbox"/> C. Alerta <input type="checkbox"/> C. Carga <input type="checkbox"/> C. Sofocamiento	<input type="checkbox"/> S. Accidente <input type="checkbox"/> S. Robo <input type="checkbox"/> S. Acoso <input type="checkbox"/> Otros:.....							
3	:							<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Salud <input type="checkbox"/> C.Cansancio <input type="checkbox"/> C. Alerta <input type="checkbox"/> C. Carga <input type="checkbox"/> C. Sofocamiento	<input type="checkbox"/> S. Accidente <input type="checkbox"/> S. Robo <input type="checkbox"/> S. Acoso <input type="checkbox"/> Otros:.....							
4	:							<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Salud <input type="checkbox"/> C.Cansancio <input type="checkbox"/> C. Alerta <input type="checkbox"/> C. Carga <input type="checkbox"/> C. Sofocamiento	<input type="checkbox"/> S. Accidente <input type="checkbox"/> S. Robo <input type="checkbox"/> S. Acoso <input type="checkbox"/> Otros:.....							
5	:							<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Salud <input type="checkbox"/> C.Cansancio <input type="checkbox"/> C. Alerta <input type="checkbox"/> C. Carga <input type="checkbox"/> C. Sofocamiento	<input type="checkbox"/> S. Accidente <input type="checkbox"/> S. Robo <input type="checkbox"/> S. Acoso <input type="checkbox"/> Otros:.....							

Tabla 3. Encuesta de usuarios que prefieren ir de pie.

Fecha:		Paradero:		Encuestador:												
ID	Hr. Inc Fila	Folio Tarjeta	Género	Edad	Destino	Tiempo aprox. de viaje en el bus	Propósito Viaje	Motivación por irse de pie	¿Cuántas personas hay en su hogar?	¿Cuántos autos tiene en su hogar?	¿Tiene licencia de conducir?	Rango Ing. Hogar	Pregunta A	Pregunta B	Pregunta C	N° Tarjeta BIP
1	:						<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:									
2	:						<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:									
3	:						<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:									
4	:						<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:									
5	:						<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:									

En cuanto al diseño del experimento de PR, el punto más relevante a diseñar es la medición del FC. En un principio, se plantea medirlo mediante el uso de cámaras, observando al encuestado desde el instante que llega al paradero hasta que se sube al bus. No obstante, en el piloto se comprueba que la visibilidad disminuye con el paso de las horas dificultando la identificación de cada individuo, además de ser muy laborioso revisar cámara por cámara el comportamiento de cada viajero. Por lo anterior, se determina la utilización de tarjetas foliadas para este fin. Las tarjetas son entregadas a cada persona al momento de comenzar la encuesta. El encuestador registra la hora de incorporación a la fila de la persona y el folio de la tarjeta en la encuesta. La tarjeta debe ser entregada por el encuestado en el instante previo a subir al bus. Para luego, registrar la hora de dicho acto. Con lo anterior, se tiene la diferencia de tiempo entre el momento que el usuario se incorpora a la fila elegida y en que se sube al bus, que es, finalmente, el tiempo de espera en el paradero PC37. El FC se define entonces como la diferencia entre el tiempo de espera en la fila de sentado y el tiempo de espera en la fila de parados. Recordar que se debe imputar el tiempo de espera de la alternativa no elegida, tal como se muestra en la sección 5.4.

También, se definen los participantes que llevarán a cabo el experimento de PR, en cuanto a su disposición espacial en el paradero PC37, como también sus roles e insumos a utilizar (Anexo D y E). Cabe mencionar que también sufren modificaciones, tanto en cantidad como en sus roles e insumos, tras la realización del experimento piloto, quedando definido tal como se muestra en la Figura 2.

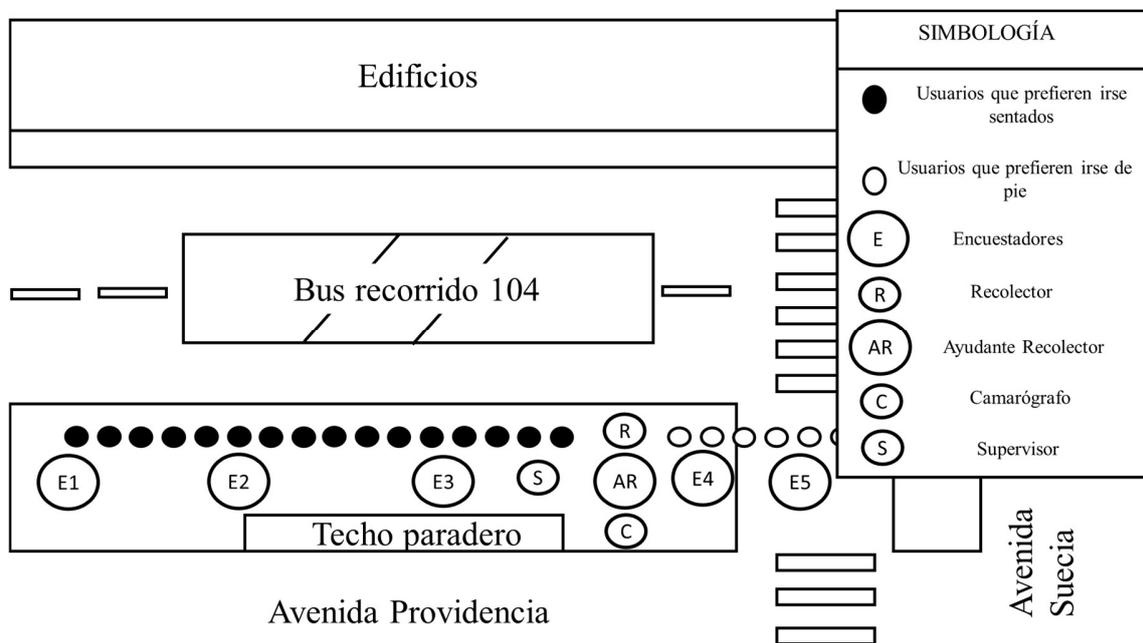


Figura 2. Disposición espacial del staff en paradero PC37.

3.3 Experimento propuesto

Tras la fase de diseño, se llega a la definición del experimento propuesto de PR. Existen varios ciclos durante el experimento, los cuales se repiten cada vez que existe la cantidad suficiente de personas para alcanzar a realizar la encuesta antes de que se suba al bus.

Un ciclo comienza cuando un usuario ingresa al paradero, escoge una fila y se incorpora en el último lugar de ésta. En ese momento, un encuestador (E1, E2, E3, E4, E5) le consulta si desea contestar una encuesta, si la respuesta es afirmativa, procede a iniciarla. En cambio, si es negativa debe dejar pasar a dos personas y consultar al usuario siguiente que se haya incorporado recién a la fila y consultarle si desea contestar una encuesta. Una vez comenzada la encuesta, se le hace entrega de la tarjeta foliada al encuestado, quien deberá entregársela al receptor (R) en el instante previo a subirse al bus.

Luego, en el instante en que los usuarios encuestados comienzan a subir al bus, el recolector (R), en una primera instancia, recibe las tarjetas foliadas de quienes se van sentados. Se las entrega al ayudante recolector (AR), quien registra la hora de subida al bus en cada tarjeta y las junta, enrollándolas con un elástico, para arrojarlas al cesto de sentados.

En el momento en que la fila de sentados se detiene, el recolector (R) reúne las tarjetas de quienes se arrepienten de ir sentados y suben al bus aun cuando ya no hay asientos disponibles. Agrupa dichas tarjetas con las de quienes hicieron la fila para ir de pie y se las pasa al ayudante recolector (AR), quien anota la hora de subida al bus en cada tarjeta y las reúne con un elástico, guardándolas en el cesto de parados.

Cabe destacar que el camarógrafo (C) graba desde el comienzo hasta el final del experimento, sin importar si hay o no ciclos. Asimismo, el supervisor (S) debe estar observando que todo está en orden durante todo el experimento.

El flujo de un ciclo se desarrolla mediante el programa Bizagi, tal como se muestra en la Figura 3.

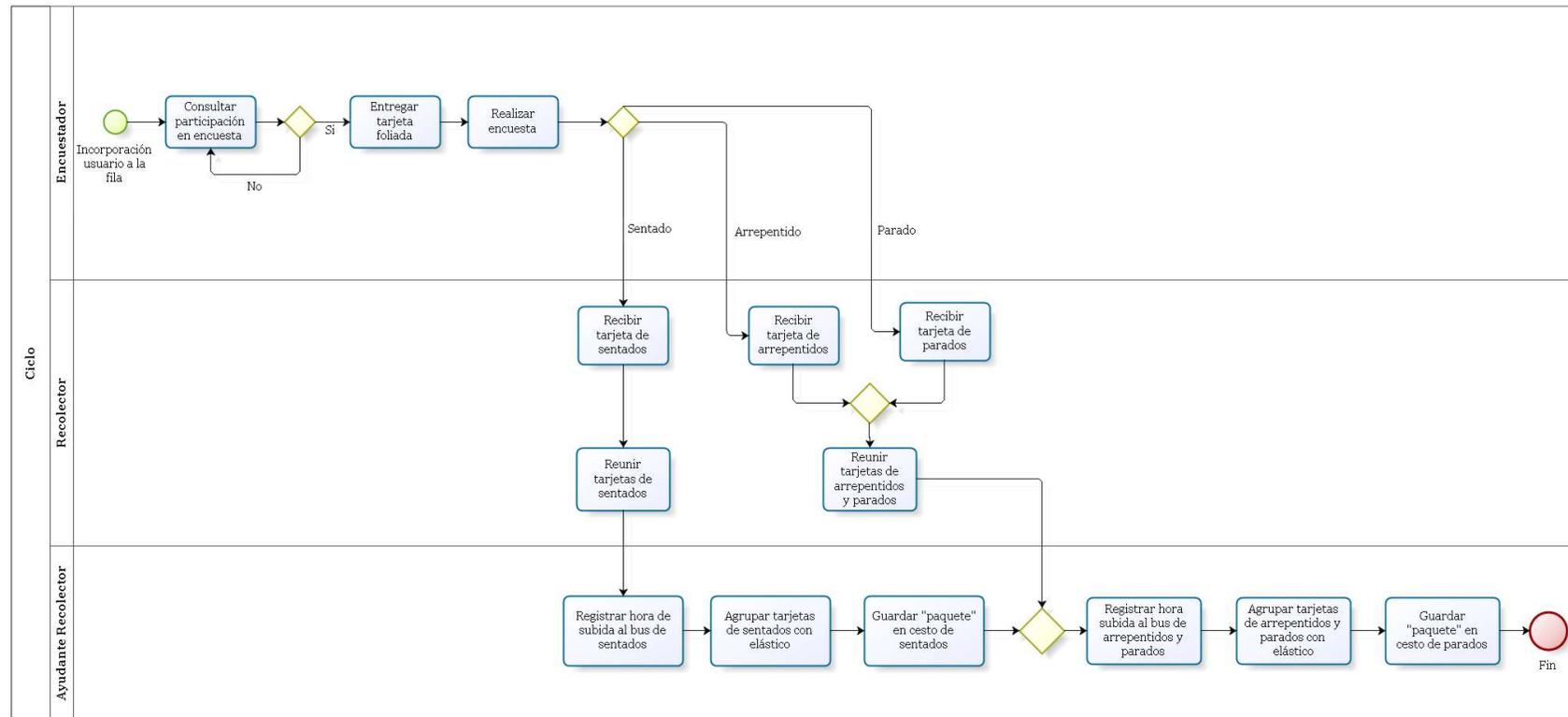


Figura 3. Diagrama del experimento propuesto.

3.4 Conclusiones

Es importante en la fase de diseño tener claro el propósito del estudio, tanto sus objetivos generales como específicos, puesto que entregan el puntapié inicial para su desarrollo futuro. Asimismo, una revisión exhaustiva y eficiente de la literatura permite tener nociones de cómo abordar el problema o hipótesis planteada, así como también dar las primeras directrices de solución y/o medición, siempre teniendo presente el contexto local en donde se desarrollará la investigación.

En cuanto a las encuestas, hay distintas estrategias para un óptimo diseño de éstas. Tal es el caso de la consulta a expertos, los focus group y la integración de las ciencias sociales (psicólogos, sociólogos, entre otros) que entregan un mayor entendimiento de aspectos psicológicos y sociales que influyen en la percepción y preferencia de las personas (Tirachini et al., 2013). También estos métodos permiten un mejor diseño de las preguntas, el orden de éstas, los posibles sesgos existentes en los encuestados, etc. El buen diseño de una encuesta asegura una adecuada medición de las variables o atributos que se quieren analizar.

En cuanto al diseño del experimento, es labor del investigador determinar el lugar y momento para llevar a cabo el experimento, teniendo en cuenta las condiciones necesarias para una óptima realización. En esa misma línea, se hace conveniente realizar una visita exploratoria para observar previamente el fenómeno a medir y las posibles complicaciones que se podrían presentar. Asimismo, el desarrollo de un experimento piloto pone en evidencia la efectividad del diseño preliminar, el cual podría sufrir modificaciones, mostrando ciertas anomalías que no fueron consideradas en un principio.

Finalmente, el resultado de la fase de diseño es la propuesta del experimento de PR. Esta propuesta debe medir el FC por parte de los usuarios que esperan un tiempo adicional por asegurar un asiento al inicio de su viaje. Dicha medición se lleva a cabo con el uso de tarjetas foliadas y la participación de cinco encuestadores, un receptor de tarjeta, un ayudante de receptor de tarjetas, un camarógrafo y un supervisor.

A partir de esta propuesta, se pretende establecer un marco de referencia no excluyente y suficientemente amplio para realizar, en un futuro, estudios comparativos en otros paraderos “gemelos” del Transantiago. No obstante, la metodología propuesta debe ser enriquecida en cada caso para adaptarla a las condiciones de los diferentes lugares en donde será aplicada.

CAPÍTULO 4. APLICACIÓN DEL EXPERIMENTO AL PARADERO PC37

4.1 Introducción

En este capítulo se detalla la aplicación del experimento de PR realizado en el paradero PC37, el cual se realiza en tres etapas en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2016 respectivamente. Los resultados obtenidos de cada experimento son especificados, de manera agregada, en esta sección. También se desarrolla un análisis descriptivo de los datos, los cuales son comparados con los resultados de la *Encuesta de Movilidad 2012* (EM, de ahora en adelante) y datos proyectados del *Instituto Nacional de Estadísticas* (INE, de ahora en adelante). La EM fue realizada por la Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA), entre julio de 2012 a noviembre de 2013, a 18.000 hogares de la Región Metropolitana, equivalente a 60.000 encuestados de las 45 comunas de Santiago. Todos mayores de 18 años y que trabajan.

4.2 Experimentos

En un principio se considera que la realización de un solo experimento basta para medir el FC de los usuarios del paradero PC37. Sin embargo, la muestra conseguida en una primera instancia (147 observaciones) no es suficiente para obtener resultados concluyentes. Por lo anterior, se decide realizar dos experimentos más, obteniendo un total de 345 observaciones. Los resultados agregados de la aplicación de cada experimento se detallan a continuación:

- I. En el experimento N°1 se obtienen 147 observaciones, de las cuales 79 (54%) fueron de usuarios que prefieren ir sentados, 67 (46%) que escogen ir de pie y una persona que modifica el modo de transporte. Se realiza en un día laboral, jueves 8 de septiembre de 2016, y en horario punta de la tarde, entre las 17:00 horas a las 21:00 horas.
- II. En el experimento N°2 se logran 92 observaciones, de las cuales 41 (45%) son usuarios que optan por ir sentados, 46 (50%) que escogen ir de pie y el resto (5%) desertan, seleccionando otro modo de transporte. Se desarrolla en un día laboral, miércoles 5 de octubre de 2016, y en horario punta de la tarde, a partir de las 18:30 horas hasta las 20:30 horas. Cabe destacar que hay una condición distinta ese día. Un bus tiene un accidente en la ruta y los fiscalizadores advierten a las personas que no van a llegar más buses al paradero. Se puede suponer que el alto número de pasajeros de pie y que desertan se debe a esa condición que potencialmente sesga la muestra.
- III. En el experimento N°3 se alcanzan a registrar 106 observaciones, de las cuales 43 (41%) usuarios prefieren ir sentados, 58 (55%) eligen ir parados y el resto (4%) abandona el paradero. Se efectúa en un día laboral, miércoles 30 de noviembre de 2016, y en horario punta de la tarde, a contar de las 18:30 horas a las 20:30 horas.

Cabe mencionar que ese día se juega un partido de fútbol de la seminifinal del campeonato nacional⁴, pudiendo sesgar la muestra. Nuevamente, se puede inferir que el alto número de pasajeros que desertan o escogen ir de pie se debe a este acontecimiento. De hecho, observaciones reportadas por los mismos encuestadores detallan que algunos usuarios declaran que para alcanzar a ver el partido de fútbol escogen la fila de parados.

4.3 Análisis Descriptivo

Para tener una visión global de las características de los encuestados, se realiza un análisis descriptivo de los datos de forma agregada. Se agrupan los datos según las variables demográficas de los usuarios: género, edad e ingreso per cápita mensual. Cabe mencionar que esta última categoría no es consultada directamente en la encuesta, por lo que se calcula de dos atributos que sí son medidos. Es decir, se divide el ingreso por hogar mensual con la cantidad de personas que viven en el hogar que declara el encuestado.

Teniendo en cuenta que el recorrido 104 transita por las comunas de Providencia, Ñuñoa, Macul, La Florida y Puente Alto. Se observan los datos proyectados para el año 2016 en esas comunas por el INE, a partir del censo 2002. Dichos resultados en conjunto con los obtenidos de la EM se comparan con los datos de los experimentos, tal como se muestra en la Tabla 4.

⁴ Partido entre Colo-Colo y Universidad Católica, dos equipos importantes en el deporte nacional, teniendo cada uno un 44,8% y un 6,6% de hinchas a nivel nacional, respectivamente, más del 50% (Encuesta GFK Adimark, 2015). Por lo que tiene importante incidencia en el comportamiento de las personas.

Tabla 4. Descripción agregada de datos obtenidos de los experimentos comparada con los de la EM y el INE. (*) Sólo se consideran usuarios que se subieron al bus. (**) Menores de 15 años; entre 15 y 59 años; mayores de 59 años, respectivamente. (***) Ingreso per cápita mensual promedio de toda la muestra. (****) Ingreso per cápita mensual de la Región Metropolitana, según Encuesta Suplementaria de Ingresos (ESI) 2015.

	Experimentos	Encuesta Movilidad 2012	INE 2016
N	334 (*)	60.000	
Género			
Mujer	213 (64%)	38%	53%
Hombre	121 (36%)	62%	47%
Edad [años]			
Menos de 18	11 (3%)	-	16%(**)
18 – 24	47 (14%)	11%	
25 – 35	112 (34%)	28%	65%(**)
36 – 50	94 (28%)	35%	
Más de 50	70 (21%)	26%	19%(**)
Ingreso per cápita mensual [\$]			
0 – 150.000	52 (16%)		
150.001 – 400.000	124 (37%)		\$352.908(****)
400.001 – 550.000	40 (12%)	\$472.116 (***)	
550.001 – 750.000	14 (4%)		
750.001 – 850.000	19 (6%)		
Más de 850.000	36 (11%)		
No sabe o no responde	49 (14%)		

Se observa que las mujeres encuestadas son casi el doble de los hombres, esta sobreestimación con respecto a los datos proyectados por el INE en las comunas correspondientes, se puede justificar por la mayor disposición del género femenino a contestar la encuesta. Los encuestadores reportan que la mayoría de las veces las personas que rechazan participar en la medición son de sexo masculino. Sin embargo, se sigue escogiendo aleatoriamente a los usuarios para no generar un sesgo en la medición. La comparación de género con respecto a la EM y el INE, se muestra en la Figura 4.

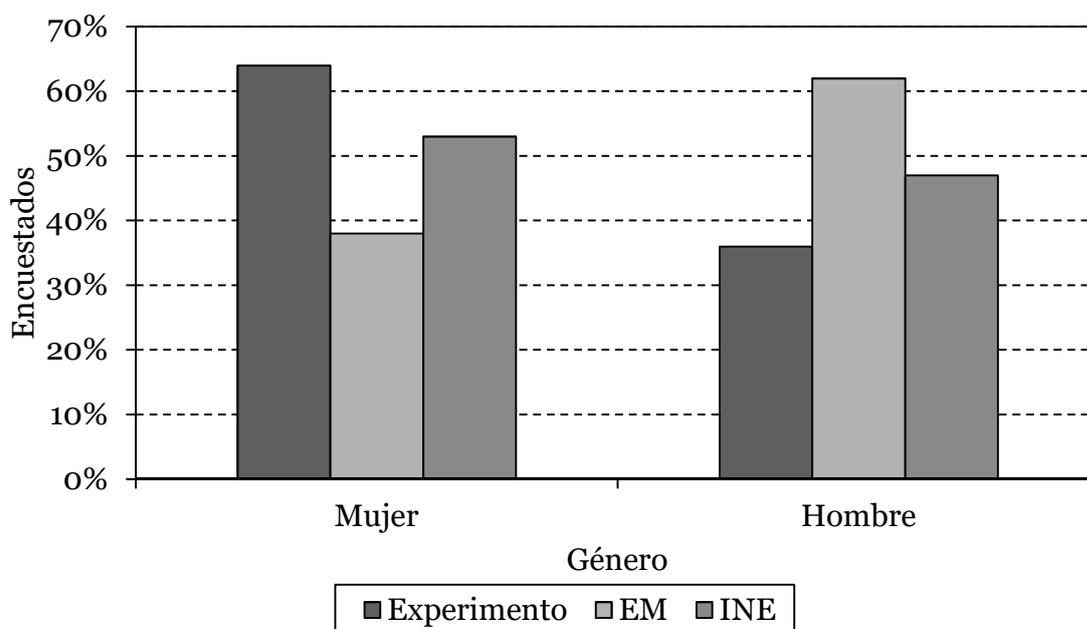


Figura 4. Comparación de género entre Experimentos realizados en paradero PC37, la EM y el INE.

Respecto a los rangos etarios, se obtiene que la edad mediana es de 35 años y la edad promedio de 37,8 años. Asimismo, se evidencia una predominancia entre los grupos de 25 a 35 años y los de 36 a 50 años, tanto en los datos medidos como en los obtenidos en la EM y en el INE.

Cabe destacar que, según el INE, el sector de 15-59 años que se ha concentrado en un 63% de la población total nacional, comenzará a disminuir, debido a la mayor proyección de vida de las personas. En cambio, el grupo de adultos mayores tendrá un continuo aumento de su aporte porcentual, proyectado para el 2015 en más de un 20% de la población chilena, lo que constituye el envejecimiento demográfico poblacional. Estas dos referencias se pueden observar en los datos medidos, debido a que seguido del grupo de 25 a 50 años, el grupo que predomina es el que corresponde al rango etario mayor de 50 años, tal como se muestra en la Figura 5.

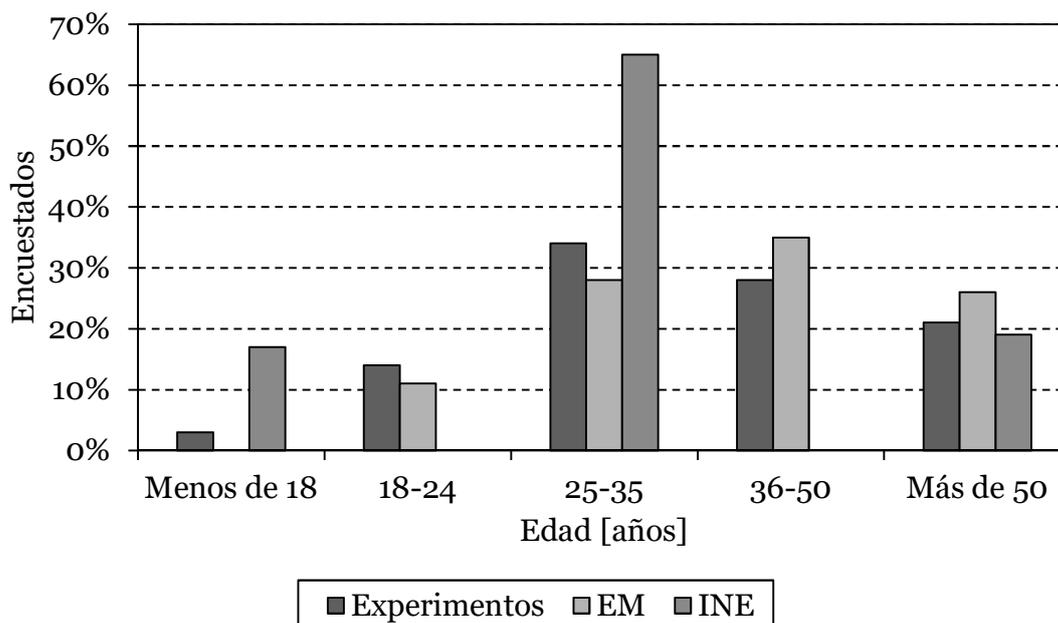


Figura 5. Comparación rango etarios entre Experimentos, la EM y el INE. Los datos del INE son el promedio porcentual de los rangos: menores a 15 años, entre 15 a 59 años y mayores a 59 años, de las comunas de Providencia, Ñuñoa, Macul, La Florida y Puento Alto.

Finalmente, en cuanto al ingreso per cápita mensual, los datos medidos muestran una clara tendencia hacia el segundo rango, entre \$150.001 a \$400.000. Éste concuerda con el resultado entregado por el INE, en la ESI realizada el año 2015, que considera toda la Región Metropolitana. Cabe mencionar que no se encuentra el ingreso per cápita mensual por comuna, lo cual podría entregar una mejor aproximación de los resultados obtenidos.

Las variables tiempo de espera en el paradero PC37, el tiempo de viaje o distancia de viaje, la motivación por ir sentado, el propósito de viaje y el ingreso en el hogar mensual se analizan según la alternativa escogida por el pasajero. Sin embargo, el FC se observa tanto del tiempo de espera en el paradero de la alternativa elegida como del tiempo de espera en el paradero de la alternativa no elegida y, por ende, imputada. El método de imputación se detalla en la sección 5.4.

El análisis del tiempo de espera en el paradero de ambas elecciones se muestra en la Figura 6. Se observa que la mayoría de las personas que hacen la fila de parados (55% de los encuestados) esperan en el paradero entre 0 a 4 minutos y luego disminuye el número de personas a medida que aumenta el tiempo de espera en el paradero. Sin embargo, para quienes se van sentados, la tendencia del tiempo de espera en el paradero se encuentra entre los 4 a 8 minutos (35% de los encuestados), declinando el número de personas paulatinamente a medida que aumenta el tiempo de espera en el paradero.

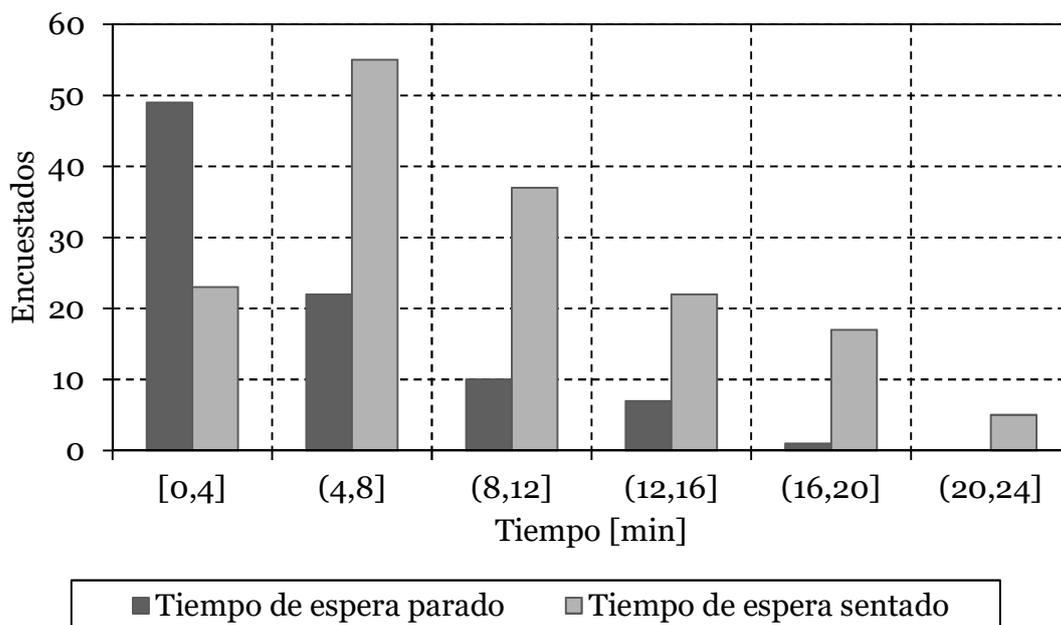


Figura 6. Cantidad de encuestados según el tiempo de espera al inicio de su viaje en el paradero PC37.

Los resultados obtenidos son acordes a lo que se espera intuitivamente, debido a que los usuarios que hacen la fila de sentados están dispuestos a esperar más en el paradero por asegurar un asiento disponible. Su tiempo de espera promedio en el paradero es de 10 minutos con una desviación estándar de 5,9 minutos. En cambio, el tiempo promedio de espera en el paradero de los viajeros que se van de pie es de 5,5 minutos con una desviación estándar de 4,1 minutos.

Con respecto a la distancia de viaje o tiempo de viaje, éstas se encuentran correlacionadas. Ambas se calculan usando el programa GoogleMaps, en el cual se ingresa la intersección de las calles donde el encuestado declara bajarse del bus y el programa estima un tiempo de viaje y una distancia de viaje. Por temas de análisis se prefiere estudiar la distancia de viaje.

Tal como se muestra en la Figura 7, quienes hacen la fila para ir de pie, en su gran mayoría (83% de los encuestados), recorren una distancia corta en el bus, entre 0 a 6 kilómetros. En cambio, los usuarios que se van sentados, tienen una notoria tendencia en el rango entre 3 a 6 kilómetros y, luego, disminuye paulatinamente a medida que aumenta la distancia de viaje. Sin embargo, de ahí en adelante, se encuentra siempre por sobre la recta de quienes se van de pie, por lo que intuitivamente es correcto. A mayor distancia de viaje, existen mayor cantidad de usuarios que hacen la fila de sentados que la de parados.

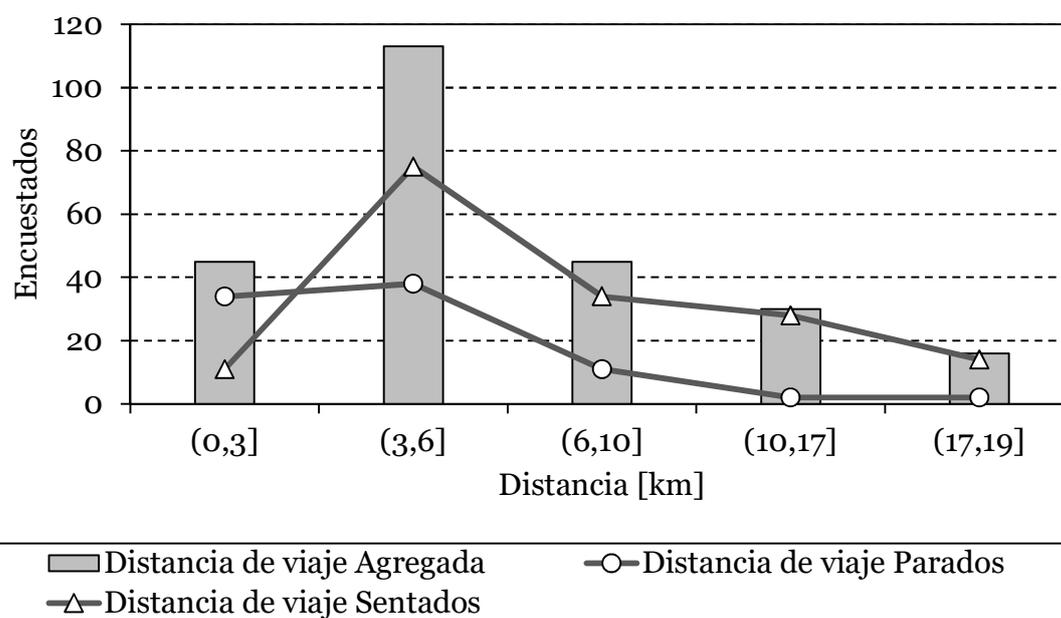


Figura 7. Cantidad de encuestados según distancia de viaje. Cada rango pertenece a una comuna: Providencia, Ñuñoa, Macul, La Florida y Puente Alto (de izquierda a derecha).

La notoria tendencia de los viajeros que se van sentados entre el tramo de 3 a 6 kilómetros se puede deber al comportamiento al interior del bus una vez que éste inicia su viaje hasta el último paradero. Se realiza un viaje desde el inicio del recorrido 104, paradero PC37, hasta el último paradero PF4 en un día laboral, miércoles 29 de marzo de 2017, en horario punta a las 19:00 horas. En este viaje se identifica, de una muestra de 12 usuarios que hacen la fila para ir sentados, que el 75% de ellos se bajan antes de llegar a la comuna de Macul. Este comportamiento puede incidir en la decisión de quienes hacen la fila de parados puesto que, saben que después de 6 kilómetros de viaje podrán tener un asiento disponible.

Otra posible justificación a lo anterior, es que las distancias de viaje entre 0 a 6 kilómetros corresponden a las comunas de Providencia y Ñuñoa, donde sus habitantes pertenecen a un nivel socioeconómico alto y, por ende, la comodidad es un factor relevante para ellos (Tirachini et al., 2016). Por lo anterior, se puede inferir que, a pesar de recorrer distancias de viajes corta, estos usuarios prefieren ir sentados de todas maneras.

Por otra parte, en el viaje de inicio a fin del recorrido 104, también se registra el nivel de carga del bus, según se especifica en la Tabla 5. Se observa que en el paradero PC37 se comienza con un nivel 5 hasta Los Leones con Av. Bustos, comuna de Providencia. Luego, disminuye a un nivel 3 desde la intersección de Los Leones con Alonso de Ercilla, perteneciente a la comuna de Ñuñoa, hasta Av. Macul con Juan XXIII, comuna de Macul. Luego, se observa un nivel 2 desde la intersección de Av. Macul con Las Codornices, comuna de Macul, hasta el paradero 23 de Av. La Florida, comuna de La Florida. De ahí en adelante, se llega a un nivel de carga equivalente a 1 hasta el último paradero PF4 ubicado en Av. Camilo Henríquez esquina Gabriela Oriente, perteneciente a la comuna de Puente Alto.

Tabla 5. Descripción niveles de carga.

Nivel de Carga	Descripción
1	Menos de la mitad de los asientos ocupados. Nadie está de pie.
2	Más de la mitad de los asientos ocupados. Nadie está de pie.
3	Todos los asientos ocupados. Pocas personas de pie, no hay dificultad para moverse.
4	Todos los asientos ocupados. Personas de pie, dificultad menor para moverse.
5	Todos los asientos ocupados. Muchas personas de pie, es difícil moverse.
6	Todos los asientos ocupados. Número máximo de personas de pie, dificultad máxima para moverse.

Para el análisis del FC, se debe tener claro el concepto de éste, el cual se define como el tiempo adicional que espera un usuario por asegurar un asiento al inicio de su viaje. En otras palabras, es la diferencia entre el tiempo de espera si hace la fila de sentado y el tiempo de espera si hace la fila de parados.

En la Figura 8 se observa que los valores máximos de la disposición de esperar por un asiento tienen una tendencia al alza, por ejemplo, existen usuarios que esperan, aproximadamente, 25 minutos adicionales por realizar un viaje de 35 minutos, es decir, 71% más de su tiempo de viaje. Este comportamiento describe la presencia de un fenómeno en el cual las personas podrían esperar un tiempo adicional por asegurar un asiento al inicio del viaje. Si bien este es un análisis cualitativo, en la sección 5.5 se modelan los datos en un modelo logit binario para poder efectuar un análisis cuantitativo.

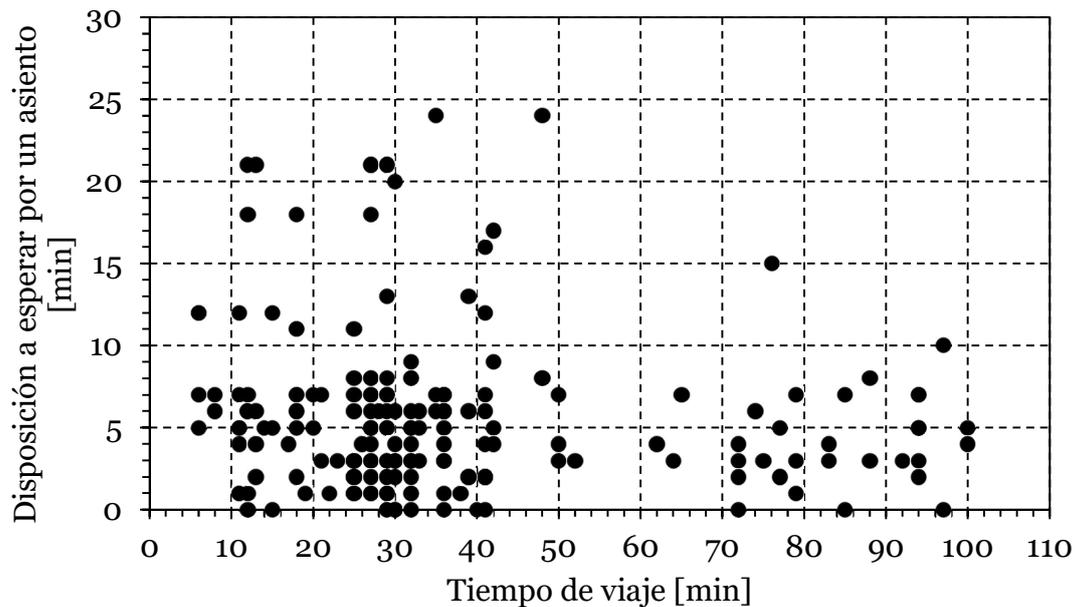


Figura 8. Variación de la disposición de esperar por un asiento con respecto al tiempo de viaje de cada usuario.

Por último, en cuanto a la caracterización de los usuarios de ambas filas. El 74% de aquellos que hacen la fila para ir sentados declara que su principal motivación por ir sentado recae en estar cansado. Asimismo, el 94% de ellos declara ir a su casa como propósito de viaje y el 52% pertenece al rango de ingreso alto por hogar mensual. En cambio, para quienes se van de pie, no se mide su motivación por ir de pie, ya que es una pregunta abierta. No obstante, con respecto al propósito del viaje, el 83% de ellos se dirige a la casa y el 57% se encuentra en el ingreso del hogar mensual alto.

4.4 Conclusiones

El investigador debe asegurar una buena aplicación del experimento, debido a que es en esta etapa crucial donde se lleva a cabo la recolección de los datos que serán modelados y analizados posteriormente. En conjunto con eso, debe procurar registrar todos los sucesos acontecidos durante los experimentos, puesto que pueden entregar información adicional relevante para entender mejor el comportamiento de los usuarios, así como los posibles sesgos que ensucian la muestra.

Tal es el caso del accidente en ruta de un bus acontecido en el segundo experimento y la realización de un partido de fútbol importante en el tercer experimento. Ambos podrían haber modificado el comportamiento de las personas, en el primero se evidencia un aumento en el número de pasajeros que abandona el paradero para tomar otro modo de transporte. La poca confiabilidad del servicio ocasionó esa reacción, puesto que los pasajeros no sabían fehacientemente si un próximo bus llegaría, además que el tiempo de espera se hacía cada vez más extenso. En el segundo, el aumento en la preferencia por ir de pie, podría radicar en el hecho de querer esperar menos para alcanzar a ver el partido. Se espera tener en cuenta estas externalidades en futuras investigaciones.

Por último, el desarrollo de un análisis descriptivo de las variables demográficas de los pasajeros, entrega al investigador una aproximación agregada del perfil de los usuarios. Esto puede explicar ciertas conductas observadas en el experimento de PR. Asimismo, este análisis permite controlar la presencia de posibles errores en la captura de datos, así como también proporcionar una idea de la “forma” que tienen los datos: su posible distribución de probabilidad, media y desviación estándar.

Finalmente cabe destacar que se estima que es posible que exista endogeneidad en las variables de distancia de viaje e ingreso. El hecho que los paraderos del recorrido 104, dentro de los primeros 6 kilómetros, pertenezcan a las comunas de Providencia y Ñuñoa, indica que las personas que viven allí pertenecen a un nivel socioeconómico alto. Dicha condición genera un comportamiento contra intuitivo. Por un lado, hay quienes de ellos que prefieren ir sentados por asegurar un viaje cómodo, es decir, recorren distancias cortas, pero aun así están dispuestos a esperar más por un asiento. Por otro lado, al caracterizar a los usuarios que hacen la fila para ir de pie, el 57% de ellos pertenece al rango de ingreso del hogar mensual alto. Provocando una conclusión errónea en cuanto a mayor ingreso, menor preferencia por la comodidad.

CAPÍTULO 5. ESTIMACIÓN DEL FC DE USUARIOS DEL PARADERO PC37

5.1 Introducción

A continuación de haber efectuado el levantamiento de datos, se da comienzo a la estimación del modelo Logit. Previo a eso, se determinan los criterios de aceptación de observaciones y se preparan los atributos para poder ser modelados y analizados. Luego, se detalla el proceso de imputación de datos para la alternativa no observada por el pasajero, método que difiere dependiendo de la alternativa escogida por el usuario.

5.2 Criterios para desechar observaciones

Para realizar un correcto análisis de datos, éstos deben ser seleccionados bajo ciertos criterios que vayan acorde con lo que se quiere medir u observar. Por consiguiente, los criterios que se definieron son los siguientes:

- I. Para que la elección de un viajero sentado sea válida se debe cumplir que, al momento de subir al bus, su fila aún no se haya detenido puesto que, si ingresa posterior a éste hecho, pasa a ser lo que definimos como un viajero “arrepentido”. Cuando la fila de sentados se detiene, la probabilidad de encontrar un asiento es casi nula. Entonces, si un pasajero de la fila de sentados aun así se sube al bus, quiere decir que ya no le interesa asegurar un asiento.
- II. Para aquellas observaciones incompletas, se estipula que serán ocupadas las que tienen respuesta en las variables que se van a modelar. Este hecho es común en varios estudios similares desarrollados en diferentes ciudades, en donde las encuestas no alcanzan a ser completadas por la llegada del bus antes de terminar dicha entrevista (Diab & El-Geneidy, 2014; Hess, Brown y Shoup, 2004; Mishalani, McCord & Wirtz, 2006; Psarros, Kepaptsoglou y Karlaftis, 2011).
- III. Para aquellos usuarios que cambiaron su decisión (viajeros arrepentidos), se determina que no son considerados en el modelamiento, debido a que su toma de decisión se puede deber a razones que se escapan del estudio de este trabajo.

5.3 Preparación de variables

Existen ciertas variables a estudiar que deben ser trabajadas antes de ser modeladas. Tal es el caso del “tiempo de viaje” e “ingreso”. En la primera, se ocupa la aplicación de Google Maps para determinar el tiempo de viaje que demora un usuario en llegar a su destino, seleccionando la hora y el modo de transporte con el fin de simplificar el procesamiento de datos. En esta investigación se considera la hora de incorporación a la fila como la hora de viaje debido a que, no se observa variabilidad en la estimación que hace el programa en rangos de ± 15 minutos.

Para tener una mejor estimación del modelo, se categoriza la variable “ingreso” en tres grupos: ingreso bajo, que corresponde a un ingreso mensual del hogar entre \$0 a \$400.000; ingreso medio, que abarca ingresos entre \$400.001 a \$1.600.000; e ingreso alto que es superior a \$1.600.001 (ESI, 2015).

5.4 Imputación de atributos de alternativa no elegida

Una vez filtrados los datos según los criterios anteriormente mencionados, se procede a imputar los tiempos de espera de la alternativa no observada. Por ejemplo, si un viajero hace la fila para ir parado, entonces se le debe imputar el tiempo de espera que este habría experimentado en el caso de haber escogido ir sentado cuando se incorporó a la fila de parados y viceversa. Por lo tanto, el método para imputar la alternativa no observada varía según la fila escogida por el usuario.

En el caso de que un pasajero decide incorporarse a la fila de sentado, su imputación es sencillamente saber la hora del bus más próximo a su llegada al paradero, puesto que los usuarios que se van de pie no esperan un tiempo adicional y se suben al primer bus que llega al paradero. En cambio, para quienes escogen ir de pie su imputación requiere de un pronóstico más elaborado, puesto que quienes hacen la fila de sentados esperan un tiempo adicional para asegurar un asiento.

La imputación del tiempo de espera parado (te_p) de un viajero j que eligió ir sentado y que su hora de incorporación a la fila es t_s , se efectúan los siguientes pasos:

- I. Seleccionar la hora de salida del bus más próximo (ts_b) a la hora de incorporación a la fila (t_s).
- II. Calcular el tiempo de espera del viajero j (te_p) = ts_b .

Por otra parte, para imputar el tiempo de espera sentado te_s del viajero i que elige ir parado y que se incorpora a la fila en el instante t_p , se realizó mediante el análisis de medias móviles de la fila de sentados:

- I. Seleccionar los tiempos de espera de viajeros que eligieron ir sentados (te_s), en donde su hora de incorporación a la fila (t_s) pertenezca al intervalo [$t_p - 10$ minutos, $t_p + 10$ minutos].
- II. Promediar dichos tiempos de espera (te_s) y la media obtenida se aproxima al entero mayor (en caso de dar exacto el promedio, no aproximar).
- III. Sumar la media aproximada a la hora de incorporación de la fila del viajero i (t_p). Obteniendo una nueva hora tn_p .

- IV. Seleccionar la hora de salida del bus más próximo (ts_b) a la hora anterior (tn_p) y asignar dicha hora (ts_b) como la hora en que el viajero i se subiría al bus si hubiese escogido ir sentado.
- V. Calcular el tiempo de espera del viajero i (te_s) = $ts_b - t_p$

5.5 Modelamiento

El modelamiento presentado a continuación cumple con el objetivo de validar la metodología propuesta para medir el FC en el paradero PC37. Es decir, es un modelo preliminar que no pretende acotar el área de investigación.

La captura y procesamiento de datos son etapas fundamentales para desarrollar un buen modelamiento de las observaciones. En esta investigación, se modelan los datos utilizando un modelo Logit binario debido a que, al momento de llegar el viajero al paradero toma la decisión de ir parado o ir sentado [0,1]. Cabe mencionar que se ocupa el programa opensource R-Studio para elaborar el modelamiento.

Diversos estudios han demostrado que la percepción del tiempo de espera de los pasajeros en un paradero depende de la edad, tiempo de viaje e ingreso, principalmente (Psarros et al. 2011; Diab et al. 2014). Por consiguiente, se pretende observar cómo dichas variables, en conjunto con otras influyen en el fenómeno a estudiar.

En una primera instancia se realiza un modelo Logit sencillo, en donde la utilidad de escoger la fila para ir parado sólo tiene como variables explicativas el tiempo de espera, tiempo de viaje, edad y género, tal como se muestra en la Ecuación 4:

$$V_{\text{parado}} = \beta_0 + \beta_{\text{parado}} * (te_p + tv) - \beta_{\text{sentado}} * (te_s + tv) + \beta_{\text{edad}} * \text{edad} + \beta_{\text{género}} * \text{género} \quad (4)$$

En donde las variables del modelo son:

- I. V_{parado} = Dummy Sentado que toma el valor 1 si el viajero se fue sentado al inicio del viaje y 0 en caso contrario.
- II. te_p = Tiempo de espera parado que toma el valor observado, si el pasajero prefirió irse de pie o el valor imputad en caso contrario.
- III. te_s = Tiempo de espera sentado que toma el valor observado, si el pasajero eligió la fila de sentado o el valor imputado en caso contrario.

- IV. **tv** = Tiempo de viaje, el cual se calcula a través de la aplicación Google Maps, la cual entrega un proxy del tiempo de viaje, desde el paradero PC37 al lugar de bajada del pasajero y a la hora en que éste se incorpora a la fila.
- V. **edad** = Edad del pasajero
- VI. **género** = Género del pasajero que toma valor 0 si es mujer y 1 si es hombre.

El FC buscado se calcula como se muestra en la Ecuación 5, el cual se interpreta como la razón entre la desutilidad de ir de pie y la desutilidad de ir sentado al inicio del viaje:

$$FC = \frac{\beta_{parado}}{\beta_{sentado}} \quad (5)$$

Luego, se define la probabilidad de escoger ir parado tal como se define en la Ecuación 6:

$$P_{parado} = \frac{\exp(V_{parado})}{\exp(V_{parado}) + 1} \quad (6)$$

La muestra estimada incluye 204 observaciones y los resultados se resumen en la Tabla 6. Los resultados indican que los parámetros estimados del tiempo de espera parado β_{parado} y sentado $\beta_{sentado}$ son estadísticamente significativos en un 100%. Asimismo, el FC es igual a 1,31 lo que indica que la utilidad de ir de pie es 31% más negativa que la utilidad de ir sentado. El valor obtenido está acorde a los entregados en estudios previos, en donde los multiplicadores de hacinamiento oscilan entre 1,0 y 1,55 en condiciones de baja y alta congestión respectivamente. En cuanto a los parámetros estimados de las variables edad y género, éstos no son estadísticamente significativos.

Tabla 6. Resumen resultados modelo logit considerando variables de edad y género. LL=108,4 y $\rho^2 = 0,2$.

Variab les	$\hat{\beta}$	t-test
Intercepto	0,26427	0,155
β_{parado}	-0,19349	4,699
$\beta_{sentado}$	-0,14738	3,698
Edad	0,05441	0,119
Género	0,08694	0,250

Luego, se incorporan otros atributos medidos, tales como licencia de conducir e ingreso de las personas, quedando el modelo como se define en la Ecuación 7:

$$V_{\text{parado}} = \beta_0 + \beta_{\text{parado}} * (te_p + tv) - \beta_{\text{sentado}} * (te_s + tv) + \beta_{\text{edad}} * \text{edad} \\ + \beta_{\text{género}} * \text{género} + \beta_{\text{lic}} * \text{licencia de conducir} + \beta_{\text{im}} \\ * \text{ingreso medio} + \beta_{\text{ia}} * \text{ingreso alto} \quad (7)$$

En donde las nuevas variables se definen de la siguiente manera:

- I. **licencia de conducir** = Dummy que toma valor 1 si el usuario posee licencia de conducir y 0 en caso contrario.
- II. **ingreso medio** = Dummy que indica si pertenece al segmento de ingreso medio definido en la sección 5.3, tomando valor 1 y 0 en caso contrario.
- III. **ingreso alto** = Dummy que toma valor 1 si pertenece al segmento de ingreso alto definido en la sección 5.3 y 0 en caso contrario.

Asimismo, se agrega un factor de escala a la probabilidad de escoger ir parado tal como se muestra en la Ecuación 8:

$$P_{\text{parado}} = \frac{\exp(\mu * V_{\text{parado}})}{\exp(\mu * V_{\text{parado}}) + 1} \quad (8)$$

En donde μ es un vector que indica si el factor de escala pertenece al experimento uno, dos o tres lo que da cuenta de un posible efecto producido por llevar a cabo distintos experimentos en distintas fechas. (Batarce et al., 2015). Cabe destacar que no se deben modelar los tres, puesto que al omitir uno, éste forma parte del intercepto del modelo no identificable.

La muestra estimada incluye 178 observaciones. La Tabla 7 resume los resultados de la estimación de los tres experimentos de PR realizados. Los resultados indican que los parámetros estimados β_{parado} y β_{sentado} son estadísticamente significativos en un 100% y 99,9% respectivamente, así como ambos factores de escala en un 95%. Las otras variables explicativas no son estadísticamente significativas.

Tabla 7. Resumen resultados modelo logit, experimento de PR, incorporando las variables ingreso, licencia de conducir y los factores de escala. LL = 93,31 y $\rho^2 = 0,16$.

Variab les	$\hat{\beta}$	t-test
Intercepto	1,3242	0,682
β_{parado}	-0,18878	3,324
$\beta_{sentado}$	-0,13278	2,879
Edad	-0,14821	0,278
Género	0,02826	0,077
Licencia de Conducir	0,36922	0,904
Ingreso medio	-0,64184	0,994
Ingreso alto	0,09537	0,243
Factor de escala [exp2]	1,53592	1,788
Factor de escala [exp3]	0,53619	1,672

Se mide el FC, tal como se define en la Ecuación 5, obteniendo un factor igual a 1,42. Es decir, el hecho de preferir ir de pie genera una utilidad 42% más negativa que ir sentado. El resultado obtenido coincide con la literatura, puesto que ésta reporta multiplicadores de hacinamiento entre 1,0 a 1,55 en baja y alta congestión respectivamente.

5.6 Conclusiones

A modo de conclusión, se puede mencionar que, si bien se pudo calcular el FC, obteniendo un factor igual a 1,31, los resultados obtenidos con respecto a cómo influyen ciertas características socioeconómicas en la utilidad de ir de pie no son significativas. La hipótesis es que la endogeneidad juega un rol importante a la hora de desvirtuar la estimación de los parámetros.

No obstante, el objetivo se cumple pues la estimación preliminar es posible y el valor promedio del FC es razonable con lo que la literatura reporta, validando de esta manera la metodología propuesta.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

6.1 Resumen

El objetivo de este estudio fue desarrollar una propuesta metodológica estándar en el paradero PC37 con el objetivo de medir el FC como un factor de comodidad por parte de los usuarios del paradero PC37 del recorrido 104 del Transantiago, usando datos de PR. Los datos de PR se obtienen mediante el uso de tarjetas foliadas, las cuales registran la hora en que la persona se sube al bus. Asimismo, ese folio está registrado en la encuesta del pasajero, en donde se observa la hora de incorporación a la fila del usuario, por lo que se tiene el tiempo de espera en el paradero PC37 de cada encuestado.

Se utilizan encuestas como instrumento para recolectar datos sociodemográficos de los usuarios, tales como: edad, género, ingreso, licencia de conducir, entre otros. Asimismo, la grabación constante del comportamiento de los usuarios en el paradero PC37 permite observar externalidades, comentarios y/o sucesos que enriquecen el análisis de la muestra.

Para tener una muestra representativa, se llevan a cabo tres experimentos piloto en el paradero PC37, en el mes de septiembre, octubre y noviembre del 2016 respectivamente, alcanzando un total de 345 observaciones, pero sólo 204 son modeladas, debido a los criterios de aceptación de datos definidos en el capítulo 5. El análisis descriptivo realizado a los distintos atributos medidos, permite evidenciar la existencia de endogeneidad en dos de ellos. El primero, hace referencia al tiempo o distancia de viaje y la preferencia escogida por los usuarios y, el segundo con el ingreso del hogar mensual y, nuevamente, la preferencia elegida. Por lo anterior, se podría concluir que los resultados obtenidos del modelamiento no tienen significancia estadística debido a la presencia de dicho fenómeno. No obstante, se logra el objetivo de la investigación pues se valida la metodología propuesta estimando el FC a valores cercanos a los presentados en estudios previos.

El factor de comodidad (FC) es igual a 1.31, el cual está dentro de los rangos determinados por otros estudios a nivel internacional. Es decir, la utilidad para un usuario que se va de pie es 31% más negativa que la de ir sentado. Este resultado se encuentra dentro de los rangos estipulados por otros estudios realizados. Tal es el caso de Tirachini et al., 2016, quienes determinan que la utilidad del tiempo de viaje de pie es, en promedio, 24% más negativo que la utilidad del tiempo de viaje sentado para pasajeros del metro de Singapur. La importancia de obtener factores similares con dicha investigación es que ésta utiliza preferencias reveladas para la medición de variables al igual que este estudio. Una limitación de ambos estudios es que, debido al movimiento interno en el bus, no se sabe con certeza si el pasajero realmente se fue sentado desde el inicio de su viaje o parado.

Con el FC definido, se puede concluir cuantitativamente que la comodidad es un aspecto importante en la utilidad de los pasajeros al momento de elegir un modo de transporte público. Es un indicador efectivo para ser utilizado en la evaluación del beneficio social de aumentar la capacidad de asientos en el sistema de transporte público del país y, por ende, es un atributo a ser considerado en las futuras políticas públicas y/o licitaciones del Transantiago.

6.2 Extensiones

Una posible extensión del estudio es incorporar datos de PD que puedan complementar los resultados obtenidos. Una de las ventajas de unir ambos enfoques es poder medir mayor cantidad de atributos relacionados con la comodidad (Batarce et al., 2015) y entregar a los resultados una base en la vida real, a través del uso de PR, mientras se explotan las eficiencias del enfoque PD (Wardman et al., 2011). Asimismo, se podría incorporar el factor de carga o densidad de pasajeros al estudio para entender mejor el comportamiento de los usuarios ante ciertas condiciones de hacinamiento. Además, en esta área existen más investigaciones que sirven como respaldo y, al mismo tiempo, una buena guía para estudios futuros.

Se requiere más investigación acerca de factores psicológicos y sociales que influyen en la toma de decisión de un usuario de un sistema de transporte público, tales como aumento de ansiedad, estrés o inseguridad personal ante escenarios de hacinamiento (Cheng, 2010; Mohd Mahudin et al., 2011; Wardman et al., 2011; entre otros). Al no poder modelar ni medir dichos factores, los resultados obtenidos presentan sesgos que no pueden ser manejados. Ya no es novedad que se han diseñado y planificado políticas públicas de transporte que sobre-estiman demandas (Tirachini et al., 2013), sub-estiman la valoración del tiempo de ahorro (Tirachini et al., 2016), entre otros. Debe existir una integración con las ciencias sociales para lograr una comprensión más completa de los efectos de las externalidades del hacinamiento o de la valoración por un asiento sobre el comportamiento de las personas.

Por otra parte, se declara relevante observar con certeza si el pasajero realmente se fue sentado desde el inicio de su viaje o parado. Asimismo, registrar el comportamiento de los buses es importante, debido a que inciden en la elección que hacen los usuarios. Por ejemplo, si existen buses en cola, entonces el usuario tiende a preferir la fila para ir sentado, puesto que no tendrá que esperar mucho tiempo para poder tener un asiento disponible. También, conocer el tipo de bus, si es articulado o no, permite saber la cantidad de asientos que disponen los usuarios una vez que llega el bus al paradero, lo cual enriquecería la captura de datos si se incorpora el factor de carga en futuras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abkowitz, M., & Tozzi, J. (1987). Research contributions to managing transit service reliability. *Journal of advanced transportation*, 21(1), 47-65.
2. Anguita, J. C., Labrador, J. R., & Campos, J. D. (2003). La encuesta como técnica de investigación. *Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). Atención primaria*, 31(8), 527-538.
3. Batarce, M., Muñoz, J. C., & de Dios Ortúzar, J. (2016). Valuing crowding in public transport: Implications for cost-benefit analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 91, 358-378.
4. Batarce, M., Muñoz, J. C., de Dios Ortúzar, J., Raveau, S., Mojica, C., & Ríos, R. A. (2015). Use of mixed stated and revealed preference data for crowding valuation on public transport in Santiago, Chile. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2535), 73-78.
5. Batarce, M., Muñoz, J. C., Ortúzar, J. D. D., Raveau, S., Mojica, C., & Ríos Flores, R. A. (2015). Evaluation of Passenger Comfort in Bus Rapid Transit Systems. *Inter-American Development Bank*.
6. Bates, J., Polak, J., Jones, P., & Cook, A. (2001). The valuation of reliability for personal travel. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 37(2), 191-229.
7. Ben-Akiva, M., Bradley, M., Morikawa, T., Benjamin, J., Novak, T., Oppewal, H., & Rao, V. (1994). Combining revealed and stated preferences data. *Marketing Letters*, 5(4), 335-349.
8. Bonsall, P. W. (1983). *Transfer price data-Its use and abuse* (No. Volume P243).
9. Bradley, M. A., & Kroes, E. P. (1990). *Forecasting Issues in Stated Preference Survey Research in Selected Readings in Transport Survey Methodology*, ES Ampt, AJ Richardson and AH Meyburg, eds.
10. Carla Cabello, 2016. En mayo de 2017 se abre licitación para operadores de Transantiago y Tarjeta bip [en línea] <<http://www.pulso.cl>>. [Consulta: 7 de noviembre de 2016].
11. Cheng, Y. H. (2010). Exploring passenger anxiety associated with train travel. *Transportation*, 37(6), 875-896.

12. de Dios Ortuzar, J., & Willumsen, L. G. (1994). *Modelling transport*. New Jersey: Wiley.
13. Diab, E., & El-Geneidy, A. (2014). Transitory optimism: Changes in passenger perception following bus service improvement over time. *Transportation Research Record*, 2415, 97-106.
14. Dirección de Transporte Público Metropolitano, 2016. Noticias [en línea]. <<http://www.transantiago.cl>>. [Consulta: 7 de noviembre de 2016].
15. Dirección de Transporte Público Metropolitano. Secretaría Técnica [en línea] <<http://www.dtpm.cl/redisen/index.php/11-contenidos/19-secretaria-tecnica>>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
16. Directorio de Transporte Público Metropolitano. Plan Maestro Infraestructura [en línea]. <<http://www.dtpm.cl/index.php/2013-04-24-14-10-02/plan-maestro-infraestructura>>. [Consulta: 19 de enero de 2017]
17. Directorio de Transporte Público Metropolitano. Quiénes Somos: Directorio de Transporte Público Metropolitano [en línea]. <<http://www.dtpm.gob.cl/index.php/2013-04-22-15-20-06/2013-04-24-21-10-35>>. [Consulta: 19 de enero de 2017].
18. FONDECYT, 2015. Concurso Regular FONDECYT 2015 [en línea] <<http://www.conicyt.cl/fondecyt/2014/05/15/concurso-regular-fondecyt-2015/>>. [Consulta: 30 mayo 2016].
19. Gobierno de Chile, 2014. Noticias: Conoce el Plan de Infraestructura de Transporte Público [en línea]. < <http://www.gob.cl/2014/11/05/el-plan-de-infraestructura-de-transporte-publico/>>. [Consulta: 19 de enero 2017].
20. Gripsrud, M., & Hjorthol, R. (2012). Working on the train: from 'dead time' to productive and vital time. *Transportation*, 39(5), 941-956.
21. Guillermo Muñoz, 2015. Plan Maestro de Infraestructura para el Transporte Público 2015-2019 [en línea]. <<http://www.infraestructurapublica.cl/wp-content/uploads/2016/11/PPT-Guillermo-Munoz-Dialogo-CPI.pdf>>. [Consulta: 19 de enero de 2017]
22. Hensher, D. A., Rose, J. M., Leong, W., Tirachini, A., & Li, Z. (2013). Choosing public transport—incorporating richer behavioural elements in modal choice models. *Transport Reviews*, 33(1), 92-106.

23. Hess, D., Brown, J., & Shoup, D. (2004). Waiting for the bus. *Journal of Public Transportation*, 7(4), 67-84.
24. Hörcher, D., Graham, D. J., & Anderson, R. J. (2017). Crowding cost estimation with large scale smart card and vehicle location data. *Transportation Research Part B: Methodological*, 95, 105-125.
25. Instituto Nacional de Estadísticas. Ingresos y Gastos, Encuesta Suplementaria de Ingresos – ESI [en línea]. <
http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/mercado_del_trabajo/nene/esi/index.php>. [Consulta: 13 de febrero de 2017].
26. Instituto Nacional de Estadísticas. Demográficas y Vitales, Productos Estadísticos [en línea]. <
http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/familias/demograficas_vitales.php>. [Consulta: 13 de febrero de 2017].
27. Kim, J. K., Lee, B., & Oh, S. (2009). Passenger choice models for analysis of impacts of real-time bus information on crowdedness. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2112), 119-126.
28. Kroes, E., Kouwenhoven, M., Debrincat, L., & Pauget, N. (2014). Value of crowding on public transport in île-de-France, France. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2417), 37-45.
29. Leigh, T. W., D. B. MacKay and J. O. Summers, 1984. Reliability and Validity of Conjoint Analysis and Self-Explicated Weights: A Comparison. *Journal of Marketing Research*, vol. 21, pp. 456-62.
30. Li, Z., Hensher, D. A., & Rose, J. M. (2010). Willingness to pay for travel time reliability in passenger transport: A review and some new empirical evidence. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 46(3), 384-403.
31. Mahudin, N. D. M., Cox, T., & Griffiths, A. (2012). Measuring rail passenger crowding: Scale development and psychometric properties. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 15(1), 38-51.
32. Mahudin, N. D. M., Cox, T., & Griffiths, A. (2012). Measuring rail passenger crowding: Scale development and psychometric properties. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 15(1), 38-51.

33. Mahudin, N. M., Cox, T., & Griffiths, A. (2011). Modelling the spillover effects of rail passenger crowding on individual well being and organisational behaviour. In *Urban transport XVII: urban transport and the environment in the 21st century* (pp. 227-238). WIT Press Publishing, UK.
34. Marcela Munizaga, Rodrigo Fernández, Sergio Jara y Francisco Martínez. Departamento Ingeniería Civil, Universidad de Chile. *Medidas de Transporte Urbano* [en línea]. <http://www.cec.uchile.cl/~dicidet/medidas_de_transporte_urbano.html>. [Consulta: 19 de enero de 2017].
35. Marrero, R. M. G., Budría, E. M., & Ramos, A. E. (2012). Contraste de las preferencias declaradas con preferencias reveladas. El caso de los alumnos de la universidad de la laguna ante la implantación del tranvía. *Metodología de Encuestas*, 14, 65-80.
36. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, 2015. *Ranking Calidad de Servicio de Empresas Concesionarias de Transantiago* [en línea]. <<http://www.dtpm.gob.cl>>. [Consulta: 29 de mayo de 2016].
37. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. *Certificación Características Funcionales y Dimensionales Buses Estándar Transantiago* [en línea]. <<http://www.mtt.gob.cl>>. [Consulta: 29 de mayo de 2016].
38. Mishalani, R., McCord, M., & Wirtz, J. (2006). Passenger wait time perceptions at bus stops: Empirical results and impact on evaluating real-time bus arrival information. *Journal of Public Transportation*, 9(2), 89-106.
39. Presidente de la República, Instructivo Presidencial N°002 (2013). *Modifica Instructivo Presidencial que crea el Comité de Ministros para el Transporte Urbano de la Ciudad de Santiago* [en línea]. <<http://www.subtrans.cl/transparencia/pdf/GABPRES002ModificaInst00107042003-FIRMADOPDTE.pdf>>. [Consulta: 13 de febrero de 2017].
40. Psarros, I., Kepaptsoglou, K., & Karlaftis, M. (2011). An empirical investigation of passenger wait time perceptions. *Journal of Public Transportation*, 14(3), 109-122.
41. Ramanathan Ramu, 1999. *Introductory Econometrics with Applications*. Dryden Press. *Discusión de logit, probit y tobit*.
42. Raveau, S., Guo, Z., Muñoz, J. C., & Wilson, N. H. (2014). A behavioural comparison of route choice on metro networks: Time, transfers, crowding, topology

- and socio-demographics. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 66, 185-195.
43. Raveau, S., Muñoz, J. C., & De Grange, L. (2011). A topological route choice model for metro. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(2), 138-147.
 44. Salas, J. D. D. O., Espino, R. E., & García, C. R. (2004). Diseño de preferencias declaradas para analizar la demanda de viajes. *Estudios de economía aplicada*, 22(3), 725-726.
 45. Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., & Pérez, M. D. L. L. C. (1998). *Metodología de la investigación (Vol. 1)*. México: Mcgraw-hill.
 46. Schmöcker, J. D., Fonzone, A., Shimamoto, H., Kurauchi, F., & Bell, M. G. (2011). Frequency-based transit assignment considering seat capacities. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(2), 392-408.
 47. Tesis doctorales de Economía. Fuentes de datos – Preferencias Reveladas [en línea]. <<http://www.eumed.net/tesis-doctorales/ree/2d.htm>>. [Consulta: 28 mayo 2016].
 48. Tirachini, A., Hensher, D. A., & Rose, J. M. (2013). Crowding in public transport systems: effects on users, operation and implications for the estimation of demand. *Transportation research part A: policy and practice*, 53, 36-52.
 49. Tirachini, A., Sun, L., Erath, A., & Chakirov, A. (2016). Valuation of sitting and standing in metro trains using revealed preferences. *Transport Policy*, 47, 94-104.
 50. Valentina Mery y Daniela Muñoz, 2014. Nacional, La Tercera [en línea]. <<http://www.latercera.com/noticia/transantiago-la-evolucion-de-los-reclamos-y-las-mejoras-que-se-anuncian/>>. [Consulta: 18 de enero de 2017].
 51. Wardman, M., & Whelan, G. (2011). Twenty years of rail crowding valuation studies: evidence and lessons from British experience. *Transport Reviews*, 31(3), 379-398.
 52. Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT press.
 53. Yáñez, M. F., Mansilla, P., & de Dios Ortúzar, J. (2010). The Santiago Panel: measuring the effects of implementing Transantiago. *Transportation*, 37(1), 125-149.

ANEXOS

A.

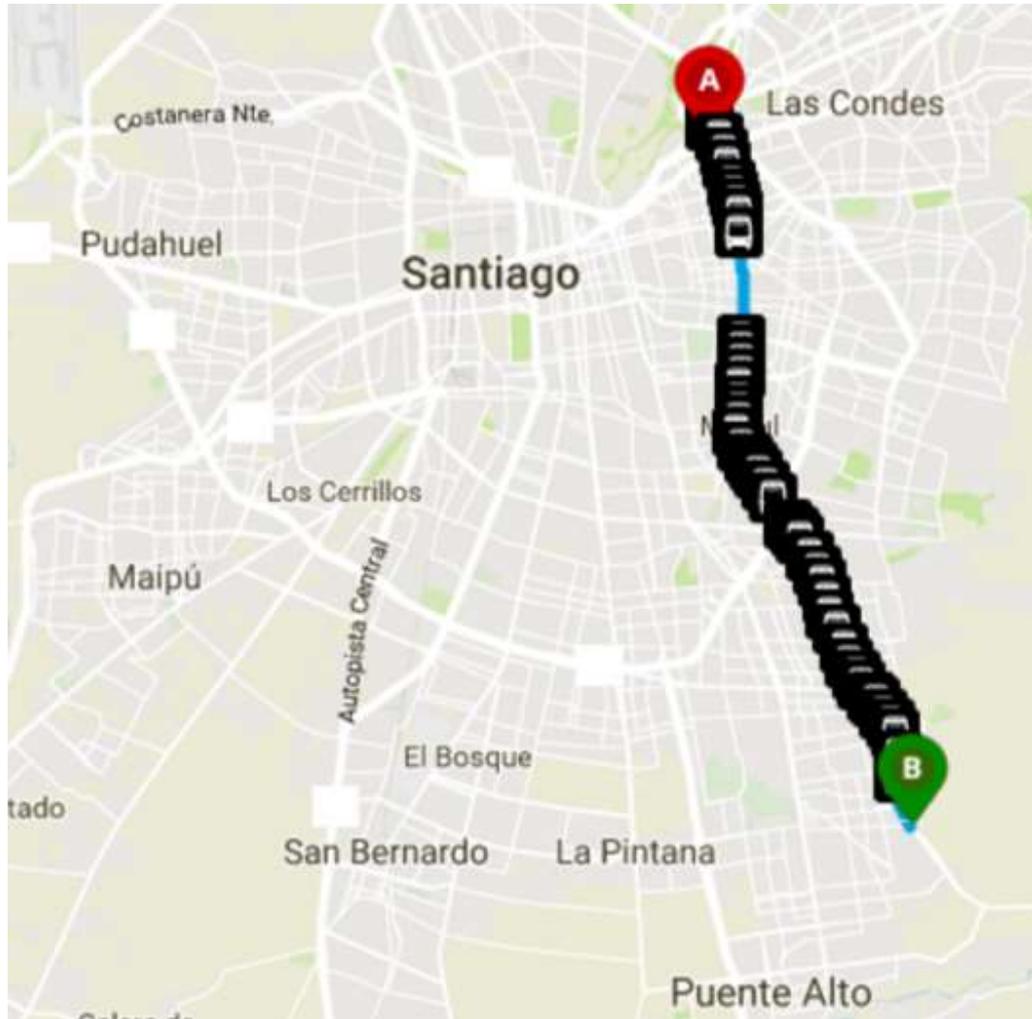


Figura 9. Mapa del recorrido 104 desde el paradero PC37(A) en la comuna de Providencia hasta paradero PF4 (B) en la comuna de Puente Alto.

B.

Tabla 8. Actividades a realizar por el encuestador para cada campo de la encuesta. (*) Si no quiere indicar la edad, mostrar tabla de rango etario (Véase en Anexo C). (**) Campo sólo para encuesta de viajero parado. (***) Campo sólo para encuesta de pasajero sentado.

Campo de Encuesta	Registro	Pregunta
Hora Incorporación Fila	Hora de ingreso al final de la fila	
Folio Tarjeta	Número de folio de la tarjeta entregada	
Género	0 si es mujer; 1 si es hombre	
Edad	Edad del viajero (*)	¿Cuál es su edad?
Paradero de bajada	Paradero en el que se baja o intersección de las calles donde se ubica el paradero	¿En qué paradero se baja? (¿en qué intersección?)
Tiempo de viaje en el bus	Estimación que dará el usuario de cuánto tiempo cree que estará en el bus (aproximado).	¿Cuánto tiempo cree que estará en el bus, desde que se sube hasta que se baja?
Propósito del viaje	Lugar donde se dirige el usuario (casa, trabajo, estudio, otros)	¿Cuál es el motivo de su viaje?
¿Cuántas personas hay en su hogar?	Cantidad de personas que viven en la residencia del usuario (incluido él).	¿Cuántas personas hay en su hogar?
¿Cuántos autos hay en su hogar?	Cantidad de autos que hay en la residencia del usuario.	¿Tiene autos en su hogar? ¿Cuántos?
Licencia de conducir	0 si no tiene licencia de conducir; 1 si tiene licencia de conducir.	¿Tiene licencia de conducir?
Rango Ingreso Mensual Hogar	Número que indica el rango de ingreso del hogar del usuario (mostrar tabla rango ingreso (Véase en Anexo C).	¿En cuál rango de ingreso mensual está su hogar?
Pregunta A	Número de la alternativa que el usuario escoge de la pregunta A.	Si usted pudiera, le gustaría usar Transantiago...
Pregunta B	Número de la alternativa que el usuario escoge de la pregunta B.	De los viajes que ha realizado la última semana, ¿qué cantidad han sido realizados en Transantiago?
Pregunta C	Número de la alternativa que el usuario escoge de la pregunta C.	De los viajes que ha realizado la última semana, ¿qué cantidad han sido en el recorrido 104?
Número Tarjeta BIP	Número de la tarjeta BIP del usuario, si es pase escolar, registrar: "PE".	¿Me podría dar su número de tarjeta BIP?
Motivación por irse de pie (**)	Pregunta abierta: escribir lo que el usuario expresa.	¿Cuál o cuáles son las principales razones por la que prefiere irse de pie?
Largo de la fila (***)	Letra (A, B, C o D) según marca del paradero	
Motivación por irse sentado (***)	Alternativa que el usuario nombra.	¿Cuál o cuáles son las principales razones por la que prefiere irse sentado?

C.

Tabla 9. Rango de Ingresos del hogar mensual que se muestra a los encuestados.

N°	Rango [\$]
1	0 - 300.000
2	300.001 – 500.000
3	500.001 – 600.000
4	600.001 – 900.000
5	900.001 – 2.600.000
6	Más de 2.600.000
7	No sabe o No responde

D. Roles del staff que participa en el experimento propuesto

Las funciones de cada miembro del staff quedan definidas de la siguiente manera:

- I. Encuestadores (E1, E2, E3): encargados de consultar a usuarios que tienen preferencia por ir sentados y deben:
 - A. Encuestar a las personas que se incorporan al final de la fila, registrando la hora en la que ingresan a la fila (Ver WARNING N°1).
 - B. Dejar al menos una persona sin encuestar después del último encuestado para tener mayor aleatoriedad en la muestra y evitar consultar a personas relacionadas (parejas, grupo de amigos, familiares, entre otros) (Ver WARNING N°2).
 - C. Entregar una tarjeta foliada a cada usuario encuestado, registrando el número de folio en la encuesta correspondiente.
 - D. WARNING #1: Cada vez que se encueste a un usuario, éste debe haber llegado recién a la fila, con el fin de poder registrar su hora de incorporación a la fila.
 - E. WARNING #2: Velar por no encuestar a personas relacionadas.
- II. Encuestadores (E4, E5): encargados de consultar a usuarios que tienen preferencia por ir de pie y deben:
 - A. Encuestar a las personas que se incorporen al final de la fila, registrando el instante en la que ingresan a la fila (Ver WARNING N°1).

- B. Dejar al menos una persona sin encuestar después del último encuestado para tener mayor aleatoriedad en la muestra y evitar consultar a personas relacionadas (parejas, grupo de amigos, familiares, entre otros) (Ver WARNING N°2).
 - C. Entregar una tarjeta foliada a cada usuario encuestado, registrando el número de folio en la encuesta correspondiente.
 - D. WARNING N°1: Cada vez que se encueste a un usuario, éste debe haber llegado recién a la fila, con el fin de poder registrar su hora de incorporación a la fila.
 - E. WARNING N°2: Velar por no encuestar a personas relacionadas.
- III. Recolector (R): encargado de recibir las tarjetas de la fila de aquellos usuarios que prefieren ir sentados y de que deciden ir de pie y, además, debe:
- A. Estar pendiente de que todos los usuarios con tarjeta la entreguen.
 - B. Pasar tarjetas recolectadas al Ayudante Recolector una vez que los usuarios que prefieren ir sentados se la entregan. (Ver WARNING N°3).
 - C. Entregar tarjetas de los usuarios que se irán de pie al Ayudante Recolector (Ver WARNING N°3).
 - D. WARNING N°3: Si la fila de quienes se irán sentados, se detiene y personas de esa fila de todas maneras se suben al bus (denominados “arrepentidos”), es decir, pasan a ser usuarios con preferencia por ir de pie, entonces debe poner esas tarjetas con el grupo de usuarios que deciden ir de pie.
- IV. Ayudante Recolector (AR): encargado de recibir las tarjetas del Recolector y debe:
- A. Registrar la hora en cada tarjeta que el Recolector le entrega.
 - B. Enrollar un elástico a cada grupo de tarjetas que el Recolector le pasa (sentados y arrepentidos o parados).
 - C. Guardar el “paquete” de tarjetas en el cesto correspondiente (Ver WARNING N°4).
 - D. WARNING N°4: Tener cuidado de guardar los paquetes en los cestos correspondientes, es decir, una para quienes se fueron sentados y otra para quienes se fueron de pie o se arrepintieron.
- V. Camarógrafo (C): encargado de filmar el comportamiento de los buses y la entrada de los usuarios al momento de subirse al bus y, asimismo, debe:
- A. Filmar el tipo de bus que llega al paradero (articulado o no articulado).
 - B. Grabar si hay o no cola de buses en el paradero.
 - C. Registrar la entrada de los usuarios al bus, al momento que éste llega al paradero, para poder contar la cantidad de usuarios que se suben al bus. También, debe observar cuál usuario decide esperar el bus siguiente a fin de saber el número de personas que decidieron ir sentadas previo a dicho acto.
 - D. Filmar largo de ambas colas en momentos muertos.

VI. Supervisor (S): encargado de coordinar, monitorear y controlar que todos los roles se estén cumpliendo correctamente. Además, debe:

- A. Sincronizar la hora de los relojes de los encuestadores y del ayudante recolector, así como el de la cámara.
- B. Apoyar o ayudar a otros roles si tienen complicaciones.
- C. Vigilar que todo esté en orden.

E.

Tabla 10. Insumos a utilizar en experimento de PR.

Insumos	Cantidad	Encargado
Cámara filmadora	2	Camarógrafo
Cronómetros	5	Encuestadores
Tablillas	5	Encuestadores
Bolígrafo	5	Encuestadores
Formulario de Encuestas	500	Encuestadores
Tarjetas foliadas	500	Encuestadores/Recolector/Ayudante Recolector
Lápices Sharpie	2	Ayudante Recolector/Recolector ⁵
Elásticos	300	Ayudante Recolector
Chaleco reflectante	9	Camarógrafo/Encuestadores/Recolector/Ayudante Recolector/Supervisor
Credenciales	9	Camarógrafo/Encuestadores/Recolector/Ayudante Recolector/Supervisor

⁵ El recolector tiene un lápiz Sharpie en caso de que el Ayudante Recolector no de abasto con el registro de la hora en las tarjetas y deba comenzar a anotar la hora una vez que recibe las tarjetas de los usuarios.