



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE LA DEMANDA USANDO DATOS DE CALIDAD
DE SERVICIO**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
MENCIÓN TRANSPORTE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PABLO HERNÁN BASS LACLOTE

**PROFESOR GUÍA:
MARCELA MUNIZAGA MUÑOZ**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
PEDRO DONOSO SIERRA
RICHARD WEBER
JUAN ANTONIO CARRASCO MONTAGNA**

**SANTIAGO DE CHILE
AGOSTO 2011**

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL, GRADO DE MAGÍSTER EN
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
MENCION TRANSPORTE
POR: PABLO BASS L.
PROF. GUIA: MARCELA MUNIZAGA
M.

“Análisis de la Estabilidad de la Demanda Usando Datos de la Calidad de Servicio”

En la actualidad uno de los grandes desafíos relacionados con el transporte en las urbes consiste en frenar el constante aumento del uso del automóvil reemplazándolo por el de modos de transporte más eficientes como el transporte público. De acuerdo con lo anterior, es importante conocer qué caracteriza y motiva la constante migración de usuarios de transporte público hacia el automóvil. El entendimiento de cómo influyen las distintas características de la oferta de transporte público en los distintos segmentos de la población, permite medir qué grupos están en mayor riesgo y tomar medidas preventivas para evitar el abandono.

En la literatura relacionada con el transporte son pocos los estudios que se enfocan en entender el abandono y la forma de retener a los usuarios de transporte público. Debido a esto fue necesario realizar una revisión bibliográfica amplia, incluyendo tanto temas relacionados con transporte como otros relacionados con fuga de clientes enfocados al marketing y a las finanzas, para así conocer de mejor manera las hipótesis y herramientas usadas para abordar el tema en general.

Al revisar distintas formas de modelar, se optó finalmente por utilizar como base un modelo logit multinomial de partición modal del tipo jerárquico. A dicho modelo, se le realizaron algunas modificaciones para captar de mejor forma los factores determinantes en el abandono, entre estos destaca la inclusión de una función que recopila las características más importantes que determinan el abandono o la fidelidad con el transporte público. Es importante destacar que además del modelo teórico, fue implementada una aplicación computacional con la cuál fue posible validar las hipótesis planteadas a partir de una base de datos.

Para la aplicación se utiliza la base de datos Panel de Santiago, que permite establecer el seguimiento de una muestra de usuarios (trabajadores-punta mañana) en distintos cortes temporales, antes y después de la implementación del sistema de transporte público de Santiago (Transantiago), el cual produjo profundos cambios en la oferta. El análisis de esta base de datos permite extraer hipótesis e identificar de las características de los usuarios que migran desde el transporte público.

Los datos del panel junto con otras fuentes de información complementarias de calidad de servicio y nivel de satisfacción de usuarios, sirvieron como datos de entrada para calibrar el modelo econométrico propuesto en esta tesis específicamente para predecir el abandono, el cual fue construido a partir de las hipótesis extraídas del Panel de Santiago sobre el abandono.

Los resultados del modelo mostraron que el ingreso, la calidad de servicio, el grupo etario, las actividades extras al trabajo, entre otros factores, son relevantes a la hora de conocer qué usuarios están en riesgo de abandonar. Con algunas de estas variables se construyeron escenarios para analizar la sensibilidad del modelo y predecir el abandono en cortes temporales futuros.

Agradecimientos

Si resumir en 120 páginas el trabajo de tres años fue difícil, lo ha sido más aún recordar y agradecer a todos los que me ayudaron en esta compleja tarea en tan sólo una página. Durante el desarrollo de esta tesis, la vida me ha sometido a pruebas que he podido superar gracias a grandes personas que me ayudaron y confiaron en mí sin pedir nada a cambio; a todos ellos les agradeceré siempre, ya que sin su apoyo difícilmente hubiera sido posible estar escribiendo estas palabras.

A pesar de que mi familia, amigos y otras personas que se fueron cruzando en el camino son muy importantes para mí, existe una persona que sin duda se merece una mención especial y en todas las del resto de mi vida: Jacqueline mi madre, profesora guía en los momentos más complicados, dándome importantes consejos, muchas veces más que con palabras, con hechos. Por eso, gracias mamá.

Gracias familia, siempre estaremos juntos y saldremos adelante; gracias a mi padre Patricio, a mis hermanas Catherine, Geraldine y Macarena, a mis queridas sobrinas Catalina y Josefina, a mi querido Simón y a mis abuelos, Gastón y Eliana, que nos ayudaron cuando más lo necesitábamos. Además agradezco a mis tíos y primos que siempre me apoyaron y estuvieron ahí.

Existe alguien que desde el momento que me conoció creyó en mí, estuvo ahí y luchó por mí. Gracias a las vueltas de la vida sigue creyendo en mi, está ahí y lucha conmigo día a día. Por eso le doy las gracias a mi polola Cata, ahora me corresponde a mi apoyarte, creer y luchar contigo para que puedas sacar tus proyectos adelante.

Aquellos que me conocen saben que los amigos son parte fundamental en mi vida. Por eso, gracias Bolívar, Nacho, Adolfo, Rodolfo, Lucho, "El Robot", Jessica, Pamela, Rodrigo, Alejandra, Marisol, Javiera, Hugo, Sebastián, Flavio y a todos los compañeros del mítico quinto piso de Civil, con los cuales tuve la suerte de compartir.

Agradezco por los consejos, tiempo dedicado y sabiduría compartida a mis queridos profesores guías, Marcela Munizaga y Pedro Donoso. Gracias por hacerme sentir que si uno se lo propone es posible alcanzar metas ambiciosas, como lo fue la publicación de nuestro paper. Además agradezco especialmente a los profesores de la comisión Juan Antonio Carrasco y Richard Weber y a los profesores del departamento de Transporte, a quienes admiro y respeto.

Por último, agradezco al profesor Juan de Dios Ortúzar y a María Francisca Yáñez por compartir la información del panel de Santiago, a Transantiago por los datos de los ICPH, a Metro por los antecedentes de satisfacción del consumidor, a Fondecyt, PBCT Redes Urbanas y al Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería.

Índice de contenidos

1	Introducción.....	6
1.1	Objetivos	6
1.2	Estructura	7
2	Revisión Bibliográfica	9
2.1	Estudios y conceptos relacionados con la fuga de clientes en el ámbito del marketing	10
2.2	Modelos relacionados con la fuga de clientes en marketing	14
2.3	Estudios relacionados con el abandono y retención de usuarios del transporte público	22
2.4	Modelos utilizados en demanda de transporte	28
2.5	Bases de datos.....	39
3	Análisis de una base de datos de panel para captar cambios debidos a la introducción de Transantiago.....	41
3.1	Análisis General de la Muestra.....	44
3.2	Análisis comparativo entre los que abandonan y permanecen en el transporte público.....	54
3.3	Análisis comparativo de las variaciones en el tiempo entre los que abandonan y permanecen en el transporte público.....	62
4	Análisis de datos sobre satisfacción, índices de calidad de servicio y evasión.....	67
4.1	Satisfacción	68
4.2	Índices de calidad de servicio	73
4.3	Evasión.....	77
5	Especificación y Calibración de un modelo de fuga y retención de usuarios	81
5.1	Especificación del modelo	81
5.2	Muestra final de calibración y resultados del modelo	86
6	Análisis de resultados	96
7	Conclusiones y líneas futuras de investigación	104
8	Referencias	109
9	Anexo A: Código GAUSS del Modelo Abandono-Permanencia.....	113

Índice de figuras

Figura 2.1: Beneficio generado por un cliente a través del tiempo	10
Figura 2.2: Marco conceptual de la modelación del CLV	15
Figura 2.3: Comparación de dos compañías en un mapa del cliente	22
Figura 2.4: Mapa del cliente para tres empresas	22
Figura 3.1: Olas en la línea del tiempo	42
Figura 3.2: Actividad extra al trabajo, ¿influye en la decisión de modo?.....	46
Figura 3.3: Esquema de combinaciones por tipo de usuario según percepción	47
Figura 3.4: En comparación a antes de Transantiago, ¿hoy su viaje al trabajo es?.....	47
Figura 3.5: ¿Cuál es el atributo que más ha mejorado en su viaje al trabajo con la introducción de Transantiago?.....	48
Figura 3.6: ¿Cuál es el atributo que más ha empeorado en su viaje al trabajo con la introducción de Transantiago?.....	48
Figura 3.7: Disponibilidad por grupos en el tiempo	49
Figura 3.8: Disponibilidad por modos Transantiago en el tiempo	49
Figura 3.9: Partición modal por grupos en el tiempo.....	50
Figura 3.10: Partición modal en el tiempo	50
Figura 3.11: Resumen de transferencias	51
Figura 3.12: Modo origen migración desde t. público.....	51
Figura 3.13: Modo destino migración desde t. público.....	51
Figura 3.14: Tiempos metro	52
Figura 3.15: Tiempos bus.....	52
Figura 3.16: Tiempos bus-metro.....	52
Figura 3.17: Tiempos otros público	52
Figura 3.18: Número de transbordos	53

Figura 3.19: ¿Cuál es el atributo que más ha empeorado en su viaje al trabajo con la introducción de Transantiago?.....	54
Figura 3.20: Zona y nivel de ingreso por hogar EOD 2006.....	57
Figura 3.21: Zonas agrupadas y nivel de ingreso por hogar EOD 2006.....	57
Figura 3.22: Radio abandono-permanencia según zona de origen.....	57
Figura 3.23: Radio abandono-permanencia según ingreso personal.....	58
Figura 3.24: Estacionamientos y accesos Casa Central.....	59
Figura 3.25: Estacionamientos y accesos San Joaquín.....	59
Figura 3.26: Radio abandono-permanencia según destino (estacionamiento).....	59
Figura 3.27: Radio abandono permanencia por grupo etario.....	60
Figura 3.28: Porcentaje de abandonos y permanencias (cautivos y no cautivos) por grupo etario.....	60
Figura 3.29: Caracterización de grupos etarios EOD 2001.....	60
Figura 3.30: Estadísticas por edad del jefe de hogar EOD 2001.....	60
Figura 3.31: Radio abandono permanencia según percepción del viaje.....	62
Figura 3.32: Porcentaje de abandonos y permanencias (cautivos y no cautivos) según Percepción del Viaje.....	62
Figura 3.33: Cambios en Características de Encuestados y sus Hogares.....	63
Figura 3.34: Cambios en Variables de Servicio de Modo de Transporte Público Original.....	64
Figura 3.35: Cambios en Variables de Servicio Entre Modo y Transporte Público Anterior.....	64
Figura 3.36: Resumen Cambios y Transiciones por Ola.....	65
Figura 4.1: Satisfacción por el servicio (nota) por grupo etario.....	68
Figura 4.2: Satisfacción por el servicio (nota) por grupo socioeconómico (GSE).....	68
Figura 4.3: Satisfacción por atributo (% si cumple).....	70
Figura 4.4: Comodidad revelada (% por respuesta).....	70
Figura 4.5: Comodidad revelada (% por respuesta) según grupo socioeconómico.....	71

Figura 4.6: Calificación metro: medio de pago	72
Figura 4.7: Calificación metro: imagen	72
Figura 4.8: Calificación metro: fiabilidad y tiempo de viaje	72
Figura 4.9: Calificación metro: comodidad en la estación.....	72
Figura 4.10: Calificación metro: comodidad durante el viaje	73
Figura 4.11: Calificación metro: satisfacción general	73
Figura 4.12: Mapa de servicios alimentadores y comunas	75
Figura 4.13: ICPH en el tiempo.....	76
Figura 4.14: ICPH por zonas y troncales	76
Figura 4.15: ICR en el tiempo	77
Figura 4.16: ICR por zonas y troncales.....	77
Figura 4.17: Porcentaje de evasión mensual (mayo 2007-febrero 2010)	78
Figura 4.18: Porcentaje de evasión promedio anual 2007-2010 (enero, febrero)	78
Figura 4.19: Evasión promedio por zona y troncales (febrero 2009 y febrero 2010).....	79
Figura 5.1: Estructura del modelo propuesto	81
Figura 5.2: Estructura general del modelo propuesto	82
Figura 6.1: Variables de la función migración	97
Figura 6.2: ICPH y tiempo espera promedio por ola	99
Figura 6.3: Aumento porcentual de ICPH versus porcentaje de fugados	100
Figura 6.4: Escenarios tarifarios versus porcentaje de fugados	101
Figura 6.5: Regresión exponencial tiempo de viaje flujo libre-tiempo de viaje real.....	102
Figura 6.6: Escenario original y con nuevos usuarios con auto chofer disponible versus porcentaje de fugados.....	103

Índice de tablas

Tabla 3.1: Características generales de la muestra y comparación con EOD 2006	44
Tabla 4.1: Atributos considerados para evaluación de servicio	69
Tabla 4.2: Resumen Evasión-ICS.....	80
Tabla 5.1: Partición modal en las olas “antes” y “después”.....	87
Tabla 5.2: Resultados de la calibración.....	91
Tabla 6.1: Resumen de alzas de tarifa por modo y categoría de usuario	101

1 Introducción

Mantener (o aumentar) el uso del transporte público es una preocupación habitual de las autoridades del transporte, particularmente en los países en desarrollo, donde el natural (y deseable) aumento en el ingreso trae consigo el aumento en la tasa de motorización. En el caso de Santiago un evidente efecto espejo se puede observar entre las curvas de tasa de motorización y uso del transporte público: mientras la primera aumenta sostenidamente la otra disminuye al mismo ritmo (DICTUC, 2003). Por lo tanto, identificar qué clientes son los riesgosos de abandonar el sistema de transporte público puede ser valioso para tomar medidas anticipadas que permitan realizar mejoras para los usuarios propensos a migrar.

En este contexto, un usuario de transporte público puede ser definido como una persona que regularmente usa el transporte público para viajar a su actividad principal (estudio, trabajo, otra). Mirando la información personal desagregada, se puede aprender cómo cada viajero percibe el sistema y se adapta a las condiciones externas. En otras áreas, la estabilidad de la demanda ha sido usualmente analizada a través de minería de datos (*data mining*) y otros métodos estadísticos. En transporte, usualmente se tiene información valiosa y detallada proveniente de los modelos de elección discreta, donde alguna incluso viene de experimentos especialmente diseñados para estimar la importancia relativa de las variables de calidad de servicio (Hensher et al, 2003). Aunque el tema del abandono/retención del cliente o usuario es raramente estudiado en el área del transporte público, existen algunas experiencias como el trabajo de Brog y Kahn (2003), donde se analiza el aporte de variables de calidad de servicio por separado, con lo cual se construye un mapa de riesgo de abandono. Minser y Webb (2009) aplican un modelo estructural de ecuaciones para estudiar la relación entre lealtad, satisfacción, calidad de servicio, malas experiencias e imagen pública, que perciben los consumidores del sistema de transporte público de Chicago. Recientemente, Trepanier y Morency (2010) analizan la retención de usuarios en el sistema de transporte público de Gatineau (Quebec, Canadá) usando datos históricos de transacciones hechas con el sistema de tarjetas inteligentes, identificando conductas por tipo de usuario.

No obstante lo anterior, el sector del transporte donde más investigación sobre retención de clientes se ha hecho, es el sector del transporte aéreo, donde las firmas usualmente ofrecen incentivos y servicios adicionales a sus usuarios frecuentes (Rust et al, 2004).

En general, las firmas que operan en un mercado competitivo están muy interesadas en la retención de clientes, y han desarrollado métodos para investigar el tema, basados por ejemplo en minería de datos (Smith et al, 2000). En el sector del transporte público se tiende a ver el problema con una visión más bien macro, sólo considerando el porcentaje de usuarios de transporte público y su relación con medidas políticas. Por ejemplo Goodwin (2007) hace un análisis profundo del impacto de varias medidas enfocadas a reducir los viajes en automóvil (y por lo tanto, aumentar el uso del transporte público).

Sin embargo, los modelos de elección discreta que son tradicionalmente usados en la modelación en transporte, contienen información individual desagregada, que puede ser usada para detectar individuos con baja utilidad en el transporte público, quienes, por lo tanto, son riesgosos de migrar hacia otros modos, a menos que no tengan los recursos suficientes para adquirir un auto o acceder a otras alternativas. Un porcentaje de la reducción en el uso del transporte público, viene de la suma de varias decisiones individuales. Entender mejor estas decisiones, permite tomar mejores medidas en las políticas de transporte.

En esta tesis se quiere hacer una pequeña contribución en esta línea, analizando la estabilidad de la demanda como una función de las variables de calidad de servicio, usando modelos de elección discreta. El caso de estudio es Santiago de Chile, donde debido a una constante y significativa pérdida en la partición de mercado de transporte público en las últimas décadas, las autoridades chilenas decidieron modificar el transporte público, con lo que un nuevo sistema muy diferente al anterior se implementó en Santiago en febrero del 2007. Durante los primeros meses, el sistema tuvo grandes problemas y la calidad de servicio se vio deteriorada en la mayoría de las áreas, por lo que las autoridades reaccionaron y destinaron más recursos para mejorarlo.

Al mismo tiempo, un panel de datos fue recolectado por un grupo de investigadores de la Pontificia Universidad Católica de Chile, liderado por el profesor Juan de Dios Ortúzar, donde 300 personas fueron observadas antes, durante y después de la implementación del nuevo sistema en un panel de cuatro olas. Adicionalmente a éste, la Universidad de Chile desarrolló un estudio de calidad de servicio, con el fin de identificar los atributos más relevantes desde el punto de vista de los usuarios; usando esta información se propuso un modelo de elección discreta para predecir el nivel de servicio en que se encuentran los usuarios según las distintas características del mismo. Lo anterior se considera estrechamente relacionado con el abandono, ya que usuarios que perciben un servicio deficiente evidentemente tienen más riesgo de abandono.

1.1 Objetivos

El objetivo general de esta tesis es investigar el fenómeno de la migración de los usuarios de transporte público hacia otros modos, con el fin de conocer quiénes y por qué motivo abandonan el sistema público, pudiendo así, anticipadamente, tomar medidas que eviten la migración.

Los objetivos específicos que contribuyen a lograr el objetivo general se enumeran a continuación:

- Establecer hipótesis sobre quiénes y por qué abandonan el transporte público, a partir del análisis de la base de datos del panel de Santiago y otras bases de datos
- Proponer y calibrar un modelo econométrico que represente el abandono de usuarios desde el transporte público a otros modos.

1.2 Estructura

La tesis se encuentra organizada en nueve capítulos, de los cuales seis son del desarrollo propiamente tal (entre el capítulo dos y el siete). El capítulo dos corresponde a la revisión bibliográfica donde se estudia el estado del arte de la fuga de clientes tanto en el área del marketing como en el área de transporte, además se hace un resumen de los modelos usados comúnmente en transporte relacionados con el abandono.

En el capítulo tres se hace un análisis profundo de la base de datos principal de esta tesis, el panel de Santiago, donde se extraen algunas conclusiones importantes para establecer hipótesis de cuales usuarios son los que están migrando desde el transporte público, y qué características del servicio son las que más influyen en la fuga. Además, los datos del panel de Santiago se utilizan para calibrar modelos que predigan el abandono.

El capítulo cuatro abarca diversas bases de datos que se utilizan como complemento a los datos del panel de Santiago, para obtener nuevas, o reforzar, hipótesis y conclusiones extraídas de la base del panel.

En el capítulo cinco se propone un modelo para estudiar el abandono y se muestran los resultados de la calibración de este modelo y otros alternativos. En el capítulo seis se analizan los resultados de la calibración del modelo elegido y se hacen algunas simulaciones observando qué sucede con el abandono en distintos escenarios.

Por último, en el capítulo siete se exponen las conclusiones que se recogen de esta tesis así como también se proponen algunas líneas futuras de trabajo.

2 Revisión bibliográfica

El presente capítulo tiene como fin mostrar el estado del arte en lo referido al tema de fuga y retención de clientes. La revisión será dividida en cinco secciones. Las dos primeras tratarán sobre conceptos, casos y modelos relacionados con la literatura del abandono, comúnmente tratados en el área de marketing. Estas tienen como objetivo revisar el tema en el área donde se ha desarrollado mayormente y extraer conclusiones que sirvan para el posterior desarrollo de la tesis, la cual está relacionada con analizar las causas que provocan el abandono de los usuarios de transporte público hacia otros modos de transporte, especialmente el automóvil. Al hacer la revisión se constató que la literatura sobre fuga de clientes está relacionada con una gran cantidad de fuentes y ramas pertenecientes al área del marketing. Cabe señalar que la revisión realizada para esta tesis tiene como fin dar una visión general, centrándose en los temas que se relacionan con el fin de ésta y con potenciales líneas de investigación futuras, sin pretender dar una revisión detallada de cada uno de los aspectos del tema.

Con respecto a lo anterior es importante resaltar que dentro de la revisión del área de marketing, se revisan algunos temas con el objetivo de entender las bases teóricas y otros que tienen relación directa con potenciales desarrollos que no alcanzan a tratarse en esta tesis. El primero de estos es el CLV (*Customer Lifetime Value* o valor del cliente a largo plazo), el cual se relaciona con el valor que se le asigna a un cliente en el largo plazo y cuán importante es retenerlo; este tema tiene relación con una línea futura de investigación acerca de la importancia de fidelizar ciertos usuarios para las diversas empresas operadoras del transporte público, una mirada centrada en el bien privado, más que en el bien social en que se enfoca esta tesis. Otro tema que deja pendiente el desarrollo de esta tesis y que es abordado en la revisión del área de marketing, es la utilización de diversos modelos alternativos y complementarios al logit multinomial (familia de modelos principal en esta tesis), tales como *data mining*, *support vector machine*, entre otros.

Las secciones restantes están enfocadas en el área del transporte. En la primera de estas se hace una revisión de distintas materias que se relacionan con el abandono y retención de usuarios del sistema público. Entre estas se encuentran políticas para reducir el uso del automóvil, estudios sobre cómo afecta la calidad de servicio en el comportamiento de los usuarios y análisis de cómo se ven influenciados distintos segmentos de la población. El objetivo de esta sección es poder extraer algunas hipótesis que será de interés corroborar en el posterior desarrollo de la tesis. La siguiente sección, aborda la revisión de distintos modelos usados comúnmente en demanda de transporte. Entre estos se encuentran principalmente aquellos utilizados para estudios sobre partición modal, los cuales debido a sus características, se presentan como potencialmente útiles para modelar la fuga y retención.

La última sección trata sobre las distintas bases de datos que se cuentan, con las cuales se puede analizar empíricamente las causas que provocan la deserción por parte de los usuarios. Estas también serán útiles para la posterior calibración de modelos.

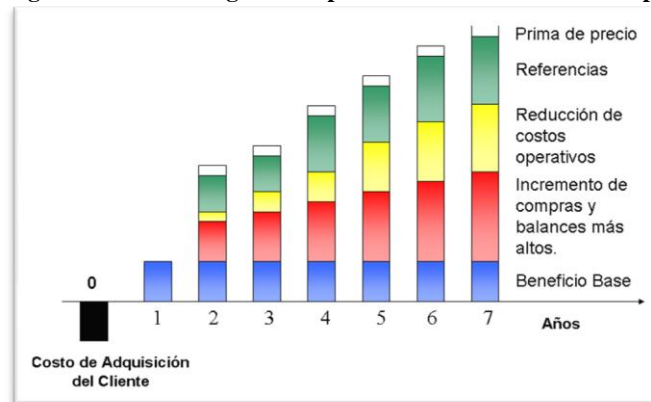
Entender el fenómeno de la fuga de clientes y sus causas posibilita saber cuáles son los atributos a mejorar en el servicio de transporte para evitar la fuga, o dicho de otra manera, que acciones se pueden tomar para retener a los usuarios. Se hace evidente que los conceptos de fuga y retención van siempre ligados. Conociendo las causas, es posible estimar cual es el estado global de los usuarios del sistema de transporte público y así saber cuan estable es la demanda por éste.

2.1 Estudios y conceptos relacionados con la fuga de clientes en el ámbito del marketing

En la actualidad una de las mayores preocupaciones de las empresas es como lograr que sus clientes las sigan prefiriendo en el tiempo. Diversos estudios han demostrado la gran importancia y el beneficio que reporta la retención de clientes, lo que ha provocado que la antigua premisa de sólo preocuparse de aumentar la participación en el mercado atrayendo nuevos clientes, ahora sea complementada por la preocupación de no perder los que ya se tiene, especialmente aquellos que producirán mayores beneficios a futuro.

Son varias las razones reportadas en la literatura que muestran los beneficios para las empresas o instituciones, por motivos de retención. Una muestra de aquello es el beneficio generado por un cliente a lo largo del tiempo (Reichheld y Sasser, 1990) mostrado en la Figura 2.1.

Figura 2.1: Beneficio generado por un cliente a través del tiempo



Fuente: Reichheld y Sasser (1990).

En la Figura 2.1, se muestra la evolución de un cliente en el tiempo. El patrón observado corresponde a la experiencia obtenida de diversas empresas y mercados. En el momento de la captación solo genera costos para la empresa, pero a medida de que pasa el tiempo éste va generando cada vez más beneficios debidos a incrementos de compras, reducción de costos operativos y referencias, entre las más importantes.

Además de lo anteriormente nombrado se ha expuesto un gran número de razones por las cuales es importante retener clientes, entre éstas se puede señalar las siguientes:

- Retener a un cliente es entre 5 y 6 veces menos costoso que adquirir uno nuevo (Bhattacharya, 1998; Rosenberg and Czepiel, 1984).
- En algunos casos reteniendo sólo el 5 % más de clientes las ganancias aumentan entre un 25% a 85% (Reichheld y Sasser, 1990).
- Clientes insatisfechos en general no se quejan con quien los sirve, sino que trasladan su descontento con las demás personas generando una reacción en cadena negativa para la empresa. De los clientes insatisfechos un porcentaje importante no consume más donde tuvo inconvenientes (Jay H. Baker Retailing Initiative at Wharton y Verde Group, 2006).
- Existe suficiente evidencia de que un 2% de mejora en la retención de clientes tiene el mismo impacto en las utilidades que una reducción del 10% en gastos generales (Isaksson y Suljanovic, 2007).
- Típicamente, cerca del 80% de los ingresos viene de sólo el 20% de los consumidores más valiosos (Dowling y Uncles, 1997)

Son varios los estudios relacionados con la retención de clientes reportados en la literatura. Entre los diversos tipos de estudio, se encuentran aquellos que ofrecen una visión más teórica del problema, como aquellos que se limitan a estudiar casos en forma empírica mostrando resultados concretos de los beneficios de la retención. Dentro de estos últimos, se puede mencionar los relacionados con la industria aérea, como el que estudia la relación entre la entrega de premios, servicios adicionales y ventas especiales para miembros de una organización que ofrece asesoría legal para pilotos y dueños de aviones, con la disminución de abandono de la membresía (Thomas, 1997 y 2001). También en esta misma línea se ha estudiado la renovación de la membresía para una organización sin fines de lucro como un museo de arte (Bhattacharya, 1998), la fuga de clientes de una institución financiera (Miranda, 2006), retención de clientes para el mercado chileno de AFPs (Hidalgo et al, 2008), renovación de pólizas de seguro para automóviles (Smith et al, 2000), retención de clientes en el mercado de la aviación comercial (Rust et al, 2004), estudio del valor del cliente en el mercado de las ventas por internet (Gupta et al, 2004).

El estudio de la retención ha ido ganando importancia en los últimos años. En el pasado las empresas e instituciones se preocupaban solamente de adquirir nuevos clientes, pero una vez sellada la venta no había mayor preocupación por lo que sucedía con ellos. Actualmente se ha cambiado el énfasis de las ventas a corto plazo, el cual solamente se centraba en la adquisición de nuevos consumidores, por las relaciones a largo plazo (Rust et al, 2004), de ahí nace la importancia de estudiar como retenerlos.

El concepto de retención de clientes -CR (*Customer Retention*)-, está dentro de los objetivos que persigue la estrategia llamada CRM (*Customer Relationship Management*), la cual a su vez tiene sus raíces en el marketing relacional RM (*Relationship Management*). RM es considerada una de las más importantes aéreas en el marketing moderno. El objetivo detrás de éste, es mejorar las utilidades a largo plazo cambiando del marketing basado en las transacciones de corto plazo, con énfasis en la adquisición de nuevos clientes, por la retención de consumidores a través de un manejo efectivo de las relaciones con estos (Isaksson y Suljanovic, 2007). CRM como se dijo anteriormente, está basado en los principios del RM, y se refiere a las estrategias e implementación de los principios del *relationship management*, con el propósito de aumentar eficiente y efectivamente la adquisición, expansión y retención de clientes rentables, a partir de un criterio selectivo, iniciando, construyendo y manteniendo una apropiada relación con ellos (Payne y Frow, 2006).

En el contexto de desarrollar un plan exitoso de retención, se pueden mencionar las siguientes características como las más importantes a tener en cuenta:

Las palancas de la retención de clientes (www.daemonquest.com).

- La Vinculación o nivel de compromiso económico del cliente. Se suele medir en términos de tenencia de productos y de gasto y uso de los productos o servicios de la empresa.
- La Fidelidad o lealtad la cual se refleja en el consumo exclusivo. No es fácil detectar y valorar el nivel de lealtad de los clientes. Pero es clave para poder gestionar correctamente de forma distinta los fieles de aquellos que no lo son tanto.
- El Riesgo de Abandono. Analizando y comprendiendo las causas y síntomas que presentaron los clientes que ya han abandonado, se puede predecir e identificar aquellos que seguramente están compartiendo su preferencia con otras empresas y/o abandonarán.
- El Valor de los Clientes. Es imposible retenerlos a todos y los presupuestos para hacerlo son limitados. Por eso es clave elegir bien sobre qué segmentos actuar, y sobre cuáles no. Hay que elegir.

Bajo las premisas anteriormente mencionadas, la idea es construir distintos perfiles de clientes y según estos, elegir dónde y cómo actuar.

Para esto se propone el plan de retención en 5 pasos (www.daemonquest.com), basándose en los puntos anteriormente expuestos:

1. Identificar y medir el nivel de vinculación, lealtad, riesgo de abandono y valor de los clientes.
2. Desarrollar un mapa de segmentos de vinculación y abandono de clientes.

3. Priorizar los clientes de valor y desarrollar planes específicos de vinculación.
4. Identificar los clientes en riesgo de abandono o proceso de desvinculación y establecer la gestión de la baja y la prevención del abandono.
5. Decidir qué canales y esfuerzo comercial se asignará a cada cliente

Se puede decir que en general los planes de retención se enfocan tanto en rescatar clientes valiosos que presentan síntomas de abandono, como en establecer planes de fidelidad para lograr que los de mayor valor no lleguen al punto de estar en riesgo de abandonar la empresa. En el caso de esta tesis, se ahondará mayormente en el estudio de aquellos que presentan síntomas de abandono. Basándose en el enfoque para clientes riesgosos, se propone el siguiente **plan de prevención de abandono de 5 pasos** (www.daemonquest.com):

1. Desarrollar un detallado mapa de abandono segmentando los *churners* (en proceso de abandono) en función de su valor y su perfil.
2. Identificar las causas fundamentales del abandono y relacionarlas con momentos concretos en la vida del cliente.
3. Predecir los clientes con mayor riesgo o con probabilidad de irse, definiendo reglas y algoritmos que permitan predecir aquellos que presentan síntomas de abandono.
4. Establecer alarmas y eventos de abandono, que permitan anticiparse adecuadamente el punto de no retorno.
5. Seleccionar el protocolo de actuación por segmento de abandono (plan de retención y prevención del abandono).

Es importante recalcar que los conceptos anteriormente nombrados no son siempre bien diferenciados y en algunos casos son rebatidos por especialistas y expertos en el área. Con respecto a lo anterior se pueden nombrar como son mal utilizados y confundidos entre sí, los conceptos de vinculación y fidelización (Daemon Quest, 2005). En esta misma línea también es mencionada la común creencia de que los clientes fieles necesariamente son los más valiosos. *“La relación existente entre fidelización y rentabilidad del cliente y de la acción comercial es crítica. Ni todos los clientes fieles son rentables, ni todos los clientes rentables son fieles”* (Daemon Quest, 2005). Además de críticas al manejo de los conceptos, en la literatura se exponen juicios directos sobre la legitimidad de establecer programas para estudiar la retención de usuarios, limitando su validez solo para algunos casos muy específicos. Con respecto a lo anterior, están los que critican específicamente los programas de lealtad del cliente (Dowling y Uncles, 1997; Reitznar y Kumar, 2002).

Valor del cliente en el largo plazo CLV

Para las empresas e instituciones, el objetivo final de realizar un programa de retención, es ver como se refleja éste en las utilidades de la empresa, especialmente en términos de largo plazo. La forma de poder medir la contribución de los programas de retención de clientes es a través del CLV (*Customer Lifetime Value* o valor del cliente a largo plazo) y el CE (*Customer Equity*). CLV es generalmente definido como el valor presente de todas las futuras utilidades obtenidas de un consumidor a través de la relación de éste con la firma o empresa. La definición de CLV es similar a la del valor actual neto salvo dos diferencias. La primera de ellas, es que el CLV está orientado a un consumidor o a un segmento de consumidores y la segunda es que incorpora explícitamente la posibilidad de que un consumidor abandone y se pase a la competencia (Gupta et al, 2006). CE se define como la suma de los CLV de actuales y futuros consumidores, este valor se refleja en el valor total de la firma.

La introducción del CLV, ha sido de gran relevancia para poder medir el impacto de campañas de marketing en el valor de la empresa. Anteriormente el cálculo del valor de las campañas de marketing y su reflejo en el valor de la firma era deficiente y poco uniforme, lo que hacía que no existiera consenso entre las distintas compañías. Según lo anterior el desarrollo de la teoría y la modelación del CLV, es pieza fundamental en el estudio de las campañas de retención de clientes. Entre los autores que han aportado con revisiones y desarrollo sobre CLV se encuentran Siddharta y Dipak (2002), Saharon et al (2002) y Gupta et al (2006).

2.2 Modelos relacionados con la fuga de clientes en marketing

En cuanto a la modelación matemática para poder medir el valor de los consumidores en el tiempo se puede decir que en forma general corresponde al modelo, representado en la ecuación 2.1 (Gupta et al, 2004).

$$CLV = \sum_{t=0}^T \frac{\overbrace{(p_t - c_t)}^{m_t} r_t}{(1+i)^t} - AC \quad (2.1)$$

En que:

p_t : precio pagado por el consumidor en el tiempo t

c_t : costo directo de servir al consumidor en el tiempo t

$m_t = p_t - c_t$: margen generado por el consumidor en el tiempo t

i: tasa de descuento de capital para la firma

r_t : probabilidad de que el consumidor repita la compra o que "sobreviva" en t

AC: costo de adquisición del consumidor para la firma

T: horizonte de tiempo para estimar el CLV

En el documento *Modeling Customer Lifetime Value* (Gupta et al, 2006), se hace una revisión de los distintos modelos y técnicas que involucran el CLV. Los autores dividen su investigación en seis grupos:

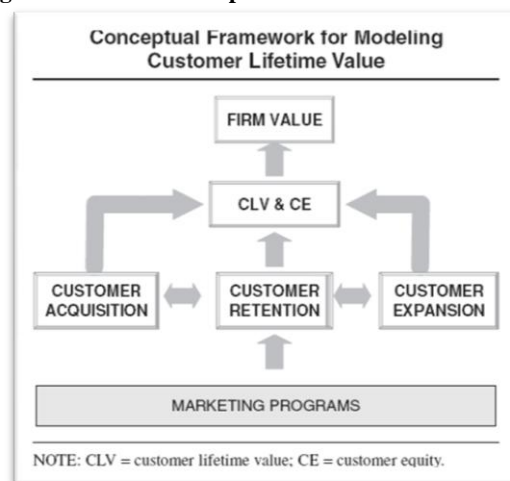
1. Modelos RFM
2. Modelos probabilísticos
3. Modelos econométricos
4. Modelos de persistencia
5. Modelos relacionados con la ciencia computacional
6. Modelos de difusión y crecimiento

En el contexto de esta revisión bibliográfica se considera importante ahondar en el tema de los modelos econométricos, ya que estos son utilizados comúnmente para los estudios de demanda de transporte, por lo cual es de interés conocerlos y poder encontrar similitudes que puedan ser aplicadas fácilmente en esta tesis.

Modelos econométricos

En la revisión hecha por Gupta et al (2006) de los modelos para el cálculo del CLV, los autores dividen el estudio de los modelos econométricos en tres componentes, lo cual se explica a continuación con la ayuda de la Figura 2.2.

Figura 2.2: Marco conceptual de la modelación del CLV



Fuente: Gupta et al (2006)

Como se puede observar en la Figura 2.2, son tres las entradas que influyen en el cálculo del CLV: adquisición de clientes (*customer acquisition*), retención de clientes (*customer retention*) y expansión del cliente (*customer expansion*). Se puede observar también que se reconoce una relación entre los distintos componentes, lo cual indica que en algunos casos se puede generar una interdependencia entre ellos, lo cual será visto más adelante.

Es importante destacar que en general, todos los modelos utilizados para el cálculo del CLV reconocen la existencia de las tres componentes anteriormente nombradas, pero en el caso de los modelos econométricos se hace más evidente cada una de ellas por separado, lo cual es producto de uno de los grandes beneficios de este tipo de modelos, la fácil interpretación.

En cuanto a la adquisición de clientes, se refiere a los costos en que incurre la empresa por adquirir uno nuevo. Los costos están relacionados principalmente con campañas de marketing para atraer clientela. Entre los estudios relacionados con modelos econométricos que aborden en detalle la adquisición, es interesante mencionar el hecho por Thomas (2001), en el cual estudia la relación entre la retención y adquisición. Esto propone una interacción entre estos dos componentes, a diferencia de la mayoría de los estudios donde se asumen independientes.

La expansión del cliente, se refiere principalmente a campañas relacionadas con el *cross selling* y *add-on selling*. Por *cross selling* o venta cruzada, se entiende la forma en que se puede aumentar el valor de un cliente ofreciéndole productos o servicios complementarios al producto original que consume. En cuanto al *add-on selling* o venta adicional, se refiere a las ventas adicionales de productos de una calidad más alta y de un precio mayor que el producto original. Con estas dos herramientas se puede expandir el valor de los clientes y por lo tanto de la firma, aumentando el nivel de ventas sin necesidad de reclutar nuevos. En la literatura hay ejemplos de distintas formas en que la expansión del cliente es incluida en la modelación. Uno es el caso de incluirla en la función de supervivencia, donde básicamente la expansión aumenta la “vida” o relación con la empresa (Thomas, 2001). Otro caso es el de incluirla en la función de utilidad del cliente por el producto (Rust et al, 2004).

La retención es el componente del CLV de mayor relevancia para el enfoque de esta tesis. Por esta razón, se hará a continuación un resumen con los distintos modelos econométricos de retención más utilizados.

Uno de los modelos más utilizados es el llamado, análisis de supervivencia. Este tipo de modelos tiene su origen en estudios relacionados con la medicina y su nombre se debe a que en un comienzo se utilizaban para ver la eficacia de algún tratamiento referido a la supervivencia o no del paciente. En general se pueden utilizar para analizar situaciones en que se mide el tiempo que transcurre entre el comienzo del seguimiento, hasta que sucede un evento de interés. La

“supervivencia”, en forma general, se mide como una probabilidad de permanecer vivo durante una determinada cantidad de tiempo.

Existen limitaciones en este tipo de modelos. Una de ellas es la llamada censura, en la cual el evento de interés, por ejemplo la “muerte” no se produce. Esto se debe a diversas razones como deserción del objeto de estudio (paciente), o fin del periodo de estudio sin que se haya presentado el evento (“muerte”). Otra limitación es el llamado truncamiento, la cual básicamente consiste en que el seguimiento comenzó después de iniciada la “enfermedad”.

La metodología utilizada para el análisis de supervivencia se puede dividir en dos tipos, métodos paramétricos y no paramétricos. La diferencia entre ellos consiste en que los paramétricos, suponen que los datos se ajustan a una distribución de probabilidades conocida, no así los no paramétricos. Entre las distribuciones más comunes utilizadas para los paramétricos, están la exponencial, la Weibull y la lognormal. En cuanto a los métodos no paramétricos los más comunes son los de Kaplan-Meier, logrank y regresión de Cox.

Otros modelos importantes de destacar son los basados en la teoría de la utilidad aleatoria. Este caso es de especial interés en el contexto de esta tesis, debido a que permite hacer un puente entre estudios relacionados con marketing con aquellos más ligados al área transporte.

Los modelos de utilidad aleatoria, a diferencia de otros, como por ejemplo los modelos de supervivencia, permite incluir explícitamente a la competencia, lo que se refleja en poder modelar reincorporaciones y también a los llamados clientes polígamos, los cuales consumen más de una marca a la vez.

Una de las ventajas que tienen los modelos basados en la teoría de la utilidad aleatoria comparándolos con otros como los de supervivencia, es la antes nombrada reincorporación. En los modelos de supervivencia cuando un cliente se marcha, sólo es posible que vuelva reconociéndolo en estricto rigor como uno nuevo lo cual tendría a su vez, un nuevo costo de adquisición. En el caso de permitir reincorporación se puede mejorar la modelación de la situación anteriormente mencionada.

Uno de los inconvenientes que se tiene al utilizar modelos que reconozcan a la competencia, especialmente en el caso del marketing, es la dificultad por obtener datos de las demás empresas competidoras. Hay casos fuera del marketing donde esto no es un inconveniente como es el caso del transporte, refiriéndose a la competencia entre automóvil y el transporte público.

En cuanto a la modelación matemática del enfoque correspondiente a modelos que se basan en la teoría de utilidad aleatoria, se hará una revisión de la modelación hecha por Rust et al (2004). En ésta, los autores se basan en un modelo logit para el cálculo de la probabilidad de compra de un individuo por una marca en un tiempo t y en un modelo de cadenas de Markov para modelar la transferencia de clientes entre las marcas a través del tiempo. A continuación se dará el detalle de lo anteriormente expuesto.

Se propone el siguiente modelo para la función de utilidad:

$$U_{ijk} = \beta_{0k}LAST_{ijk} + \beta_{1k}x_{ik} + \varepsilon_{ijk} \quad (2.2)$$

U_{ijk} , representa la utilidad de la marca k para un individuo i que anteriormente compró la marca j . $LAST_{ijk}$, reproduce el efecto de inercia de elegir la marca j en el periodo anterior, en el caso que $j=k$ es 1, de lo contrario es 0. En tanto x_{ik} corresponde a las componentes del vector de variables explicativas llamados *drivers*. En este estudio estas corresponden a variables de apreciación por parte de los consumidores hacia las distintas marcas.

Con U_{ijk} se calcula a través de un modelo logit P_{ijk} , que corresponde a la probabilidad de elegir la marca k por el individuo i dado que eligió anteriormente la marca j .

Para representar el fenómeno de cambio entre marcas se construye una matriz de cambio representada como una matriz de Markov. La matriz de cambio representada por M_i^t , contiene las P_{ijk} para todas las marcas dado un individuo i , fijo. Con esta matriz se puede obtener el vector de probabilidades de compra para cualquier t , dado por la ecuación 2.3.

$$B_{it} = A_i M_i^t \quad (2.3)$$

En que M_i^t es la matriz de cambio multiplicada t veces y A_i vector de porcentajes o probabilidades de compra en el periodo 0.

$$M_i^t = \begin{bmatrix} P_{i11} & \cdots & P_{i1J} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{iJ1} & \cdots & P_{iJJ} \end{bmatrix}^t \quad (2.4)$$

El CLV (como se explicó anteriormente) sirve como medida para que las empresas puedan calcular las utilidades generadas por sus clientes, así como también para observar los efectos de diversas campañas de marketing. Además de ver el impacto directo sobre el valor de la empresa, el CLV sirve como medida para poder diferenciar clientes valiosos de otros menos valiosos. Combinando la medida del CLV con otras importantes que se vieron anteriormente como la fidelidad y la vinculación, se puede tener una visión bastante acertada de cuán importante es ese cliente para una determinada empresa.

Anteriormente se explicaron las tres componentes que conforman el CLV: adquisición, expansión y retención. Es importante reconocer que cada una de estas corresponde a posibles directrices de campañas de marketing que puede seguir una empresa. En esta tesis como se ha dicho anteriormente, el enfoque estará dado en la retención.

Cuando se piensa en qué clientes retener se podría nombrar dos enfoques. El primero está más ligado a identificar aquellos clientes valiosos y ofrecerles diversos premios y regalías para así poder mejorar la fidelización de estos con la empresa y evitar posibles deserciones futuras. Un segundo enfoque está más ligado a identificar clientes que presentan síntomas de que pueden estar en proceso de fuga o abandono de la empresa y dado esto tomar medidas según las características de aquellos clientes identificados. En este caso el CLV cumple el rol de identificar los más valiosos entre los que presentan síntomas de abandono, ya que generalmente los recursos destinados por la empresa no dan abasto para poder retenerlos a todos.

Para identificar aquellos que presentan síntomas de abandono existen diversas técnicas de modelación las que permiten establecer segmentos de acuerdo a tipos de clientes con riesgo de abandono, lo cual es esquematizado en lo que comúnmente se llama un mapa de riesgo.

Segmentación en el contexto de marketing se refiere al concepto de segmentación de mercado. La definición de segmentación de mercado dada por la AMA (*American Marketing Association*) corresponde a lo siguiente:

“El proceso de subdividir un mercado en distintos subconjuntos de clientes que se comportan de la misma manera o tienen necesidades similares. Cada subconjunto puede concebirse como un objetivo de mercado a ser alcanzado con distintas estrategias de marketing”

Según Weinstein (1994), “los profesionales del marketing reconocen que la segmentación es tanto una ciencia como un arte”. Con respecto a lo anterior, el autor explica que se puede aprender mucho sobre segmentación de mercado saber muchas técnicas y formas para abordar el tema, pero también tiene mucho que ver la experiencia, el entrenamiento, la observación y el

pensamiento estratégico. Debido a esto, nombra algunos ejemplos de características más comunes a tener en cuenta cuando se trata de estudiar cómo segmentar un mercado, entre estas se encuentran factores demográficos, geográficos, nivel de uso, comportamiento, valor monetario y necesidades.

Considerando lo anterior al estudiar la información que se posee de los clientes, es posible encontrar aquellos que presentan características, comportamientos y necesidades similares que los hacen ser candidatos potenciales para abandonar.

Existen diversas técnicas y herramientas que permiten establecer la segmentación entre clientes que están en riesgo de abandono de los que no. Entre las más utilizadas están las relacionadas con la minería de datos y las redes neuronales. La razón de porqué son utilizadas es por la gran cantidad de datos que manejan las empresas que encargan los estudios. Entre la información se cuenta con una gran cantidad de observaciones de clientes, transacciones diarias y características de la venta. En casos de gran cantidad de datos las herramientas que se suelen utilizar son las anteriormente mencionadas.

Al analizar la metodología que permite identificar los clientes en proceso de abandono, surgen interrogantes asociadas a si existe o no un consenso de cómo proceder en este caso. Esta dificultad se debería a dos posibles razones. La primera de ellas es debido a la naturaleza privada de las instituciones que realizan los estudios de retención. Se advierte que las técnicas utilizadas son basadas en estudios científicos del área, pero el proceso final de cómo son identificados los usuarios, son parte de una batería de herramientas contenidas en software privados y cuya metodología cambia de empresa en empresa, además de ser confidencial. Por otro lado, la segunda razón que se advierte, es que no existe una regla o metodología general, para identificar a los clientes en proceso de abandono, lo que se debería principalmente a que cada metodología se adapta según los datos de que se disponga. Por lo anterior se hará una revisión de un caso particular de segmentación de clientes, donde se logra identificar aquellos en riesgo de abandono.

El caso que se analizará será el estudio hecho por Woo et al (2004). En este estudio se propone una segmentación basándose en una herramienta visual llamada mapa del cliente. El fin de este mapa es encontrar grupos homogéneos que presenten necesidades similares, cuya importancia para la empresa es medida a través de herramientas relacionadas con el valor del cliente, considerando su valor a corto y a largo plazo (CLV).

La metodología consiste principalmente en dividir los datos que se tienen de los clientes en tres grupos: valor, características y necesidades. A continuación se dará una breve descripción de cada una de ellas.

Valor de los clientes: éste corresponde al valor en el largo y corto plazo del cliente para la empresa. Esta corresponde al componente objetivo del mapa del cliente, ya que el fin de cualquier empresa privada es el de aumentar sus utilidades lo que está relacionado directamente con el valor de sus clientes.

Características de los clientes: Corresponden a las características elegidas, representativas de un grupo homogéneo de clientes. Debido a la cantidad de variables que permiten discriminar entre grupos, tales como: demográficas, geográficas, socioeconómicas, se deben utilizar herramientas relacionadas a la minería de datos y redes neuronales para poder encontrar las llamadas *key drivers*, o características claves de cada grupo. Las características claves son las que en definitiva diferencian un segmento de otro. Es importante destacar que el criterio para diferenciar un grupo de otro es a través de la satisfacción del cliente medida a través del índice de satisfacción del cliente (CSI).

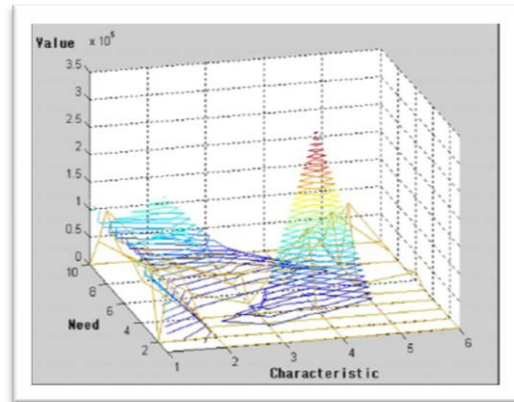
Necesidades de los clientes: Ésta representa las distintas carencias que presentan los clientes, las cuales son informadas a la empresa a través de diversos canales de comunicación. La forma de referirse a estas necesidades es mediante el término *voice of customer* o voz del cliente cuya sigla es VOC. La importancia del VOC es mediada a través de su correlación con la medida de la satisfacción de los usuarios.

Una vez descritas las tres categorías se procede a la construcción del mapa del cliente, el cual tiene como pieza clave la satisfacción del consumidor en su construcción. Esto se aprecia ya que las tres categorías contienen en alguna medida una relación con la satisfacción del cliente lo que permite que ésta sea el pivote para unir las tres características en el mapa.

En el documento en cuestión, el mapa del cliente no es solamente construido para poder apreciar cuales son los que presentan síntomas de abandono y que vale la pena “rescatar”, sino que además ofrece diversas soluciones como atraer potenciales clientes.

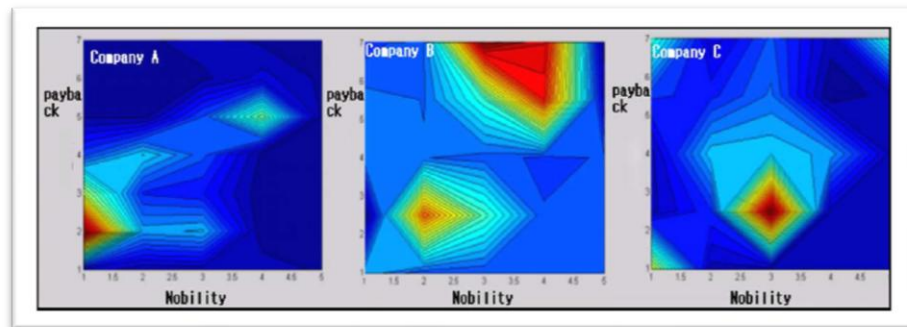
En la Figura 2.3 se puede ver la construcción del mapa del cliente donde hay dos compañías superpuestas. Basándose en este tipo de gráficos en tres dimensiones donde se aprecia mejor las diferencias entre los valores de los grupos de clientes y gráficos de tipo curvas de nivel como el que se puede observar en la Figura 2.4, se puede construir diversas estrategias comparando los valores de la empresa con la competencia, y así desarrollar técnicas referidas a evitar el abandono por parte de los clientes identificados como riesgosos.

Figura 2.3: Comparación de dos compañías en un mapa del cliente



Fuente: Woo et al (2004).

Figura 2.4: Mapa del cliente para tres empresas



Fuente: Woo et al (2004).

2.3 Estudios relacionados con el abandono y retención de usuarios del transporte público

A diferencia de lo visto anteriormente para el caso del marketing, el estudio de retención de usuarios no ha sido mayormente abordado en el caso del transporte. Se pueden nombrar algunos casos como el estudio relacionado a líneas aéreas comerciales hecho por Rust et al (2004), que tiene como fin calcular el impacto de diversas campañas de marketing en el valor de la firma de distintas aerolíneas que compiten entre sí. El enfoque descrito anteriormente se basa principalmente en mejorar el valor del cliente para la empresa y según esto es que se analizan las campañas de retención de clientes.

El caso anteriormente mencionado a pesar de estar relacionado con algún área del transporte, no presenta muchas similitudes con uno que involucre al transporte público, debido principalmente a la distinta naturaleza de ambos mercados.

Tanto el caso de las aerolíneas como otros mencionados con anterioridad, se basan en su mayoría en el cálculo del valor del cliente en el tiempo (CLV), tanto para ver la efectividad de las

campañas de retención como para poder discriminar entre los clientes que valdría la pena salvar de los que no. En el caso del transporte público discriminar según el valor monetario que tienen estos usuarios para la empresa proveedora del servicio, no pareciera tener mucho sentido o parece a lo menos discutible.

Un estudio que merece especial atención es el realizado por Brög y Kahn (2003). Éste presenta una metodología para conocer los impactos que tienen distintos atributos de calidad de servicio en la retención y captación de potenciales usuarios, para el caso del transporte público de pasajeros. A diferencia del caso mencionado anteriormente para la industria de la aviación comercial, el estudio hecho por Brög y Kahn no está enfocado en calcular las mejoras económicas e impactos en el valor de la empresa, sino que se enfoca exclusivamente en dar una metodología para saber cuáles son los atributos del servicio que deben ser mejorados, ya sea para retener o captar usuarios. Lo interesante de este estudio, es que según la revisión hecha para esta tesis, es el único que abordaría el tema de estudiar específicamente la retención de usuarios en el transporte público.

Una de las primeras cosas a tener presente cuando se estudia el comportamiento de los usuarios que abandonan el transporte público, es conocer a qué modo estos se cambian. Según lo anterior es de especial interés analizar los usuarios que cambian al automóvil, identificando a éste como la gran competencia del transporte público.

La tendencia mundial muestra qué año tras año el uso del automóvil aumenta en desmedro del uso del transporte público. Esta tendencia hace que las autoridades se preocupen constantemente de crear políticas, tanto para incentivar el uso del transporte público como para desincentivar el uso del automóvil, ya que es claro que éste aumenta la congestión además de generar un gran número de costos sociales y externalidades negativas.

Existe un gran número de políticas implementadas a lo largo de los años con el fin de reducir el uso del automóvil, las cuales en su mayoría se pueden interpretar como políticas para incentivar o por lo menos estabilizar la demanda por transporte público. Un estudio que recopila estas políticas es el realizado por Goodwin (2007), el cual trata principalmente sobre la efectividad de distintas políticas para reducir el uso del automóvil. Con respecto a esto muestra que los impactos derivados de estas políticas hay que analizarlos desde un punto de vista más desagregado de lo que se hace comúnmente en lo que respecta a la demanda, ya que muchas veces un análisis agregado conduce a supuestos erróneos sobre el comportamiento de los usuarios. Ejemplo de esto, es el caso cuando se produce un aumento global en los autos por hogar, este fenómeno esconde el hecho de que algunos hogares aumentan y otros disminuyen el número de automóviles, por lo que implementar políticas basadas sólo en el agregado sería desconocer el gran número de hogares que está comportándose en forma totalmente opuesta.

En el estudio se analiza el efecto producido tanto por factores exógenos al sistema de transporte, como son la evolución del ingreso y de los ciclos de vida de las personas, como el generado por políticas específicas dirigidas al transporte, tales como estacionamientos preferenciales para usuarios que combinan con transporte público (*park and ride*), reducción y aumento de la infraestructura vial, efecto de la tarifa de transporte público, el precio de la gasolina y los automóviles, además de los llamados “factores suaves”, los cuales son políticas más novedosas pero no menos importantes que se enfocan en la calidad de las alternativas al automóvil así como los canales de difusión e información de estos hacia la gente. Se puede decir que son políticas que se centran más en el tipo de usuario y sus necesidades.

Goodwin (2007) a través del estudio va dando distintas razones que resaltan la importancia de estudiar el efecto de las políticas de transporte enfocándose en la diversidad de comportamientos y características que se esconden detrás del usuario tipo o promedio. Por lo tanto es necesario estudiar no tan solo la media sino la variabilidad entre los usuarios, no hacerlo conduce a implementar políticas erróneas que no representan a la población.

Entre las razones que avalan lo anterior se pueden nombrar las siguientes:

- Un análisis agregado desconoce las distintas transacciones internas que se producen y por lo tanto regirse por la tendencia que indica el valor promedio, es desconocer todos aquellos usuarios que se comportan de una forma opuesta a lo que sugiere el promedio.
- Hay que reconocer el efecto del ciclo de vida de los usuarios, porque dependiendo del momento de su vida en que se encuentran, el comportamiento es distinto. Ejemplo de lo anterior es el número de automóviles por hogar. A medida que el jefe de hogar va adquiriendo edad y su ingreso aumenta, además del número de integrantes de la familia, el número de autos va en aumento. Después de llegar a un pick de ingreso y número de integrantes para un momento de la vida, el dueño de casa se va desprendiendo de los automóviles del hogar por diversas razones. Es importante destacar que la curva de ascenso de número de automóviles se muestra con mayor pendiente que el descenso, este fenómeno es llamado histéresis.
- Los datos de panel son la respuesta a las necesidades actuales de encontrar las causas por las que suceden los cambios en la demanda. Tales causas no pueden ser encontradas en datos que no evolucionan en el tiempo. Al seguir la evolución de un determinado usuario (panel verdadero), o de un tipo de usuarios (pseudopanel), se puede advertir el efecto específico de las políticas sobre cada unidad de observación.
- Los efectos en lo que respecta a tarifas y precio de los distintos modos, tienen distintas lecturas si se miden a corto o largo plazo. Desconocer el efecto a largo plazo en la implementación de una política, llevará incluso a resultados que no concuerdan con los fines para los que se implementó dicha política.

Las decisiones o políticas que influyen en los cambios de la partición modal y por lo tanto en cuantos usuarios mantienen su preferencia hacia el transporte público, a veces producen efectos inesperados. Ejemplos de lo anterior se pueden mencionar algunas de las referidas por Goodwin en el estudio anteriormente mencionado. Políticas como el *park and ride*, aumento o reducción de infraestructura, se ha demostrado que llevan consigo efectos de aumento de tráfico producto de mayor uso del automóvil debido a fenómenos como el tráfico inducido y la demanda latente (Noland, 2001).

El fenómeno de tráfico inducido se debe al aumento de tráfico que depende de cuan elástica es la demanda presente por usar la capacidad vial, la que al momento de haber un aumento de capacidad u oferta se ve materializada. La demanda latente es la expansión de la demanda debida a usuarios, por ejemplo de transporte público, que producto de las mejoras en la calidad de servicio del automóvil o empeoramientos en el transporte público producida por aumento de capacidad vial, son atraídos hacia el automóvil. Los efectos de tráfico inducido y demanda latente, no son siempre considerados en los estudios y tienen una gran relevancia en la partición modal, lo que influye a su vez en el análisis de los usuarios que siguen prefiriendo el transporte público.

Lo anteriormente mencionado corresponde en su mayoría a políticas que influyen en el porcentaje de usuarios que utiliza transporte público, pero de forma indirecta como consecuencia de soluciones buscadas para disminuir el uso del automóvil. Una forma directa es a través de cambios en la operación y calidad del servicio público. Entre estas se puede mencionar mejoras en el trato del chofer con los usuarios, puntualidad del servicio y planificación de la programación de salidas y llegadas a paraderos, información al usuario, seguridad, comodidad, accesibilidad entre muchas otras.

En resumen cuando se pretende analizar las causas por las cuales los usuarios podrían abandonar el transporte público, es importante reconocer de donde provienen los cambios. Como se vio anteriormente existen políticas globales sobre el sistema de transporte que tienen efectos directos e indirectos sobre el porcentaje de usuarios que decide abandonar el transporte público, así como también soluciones específicas y más localizadas en el sistema público, caracterizadas por cambios operacionales y en la calidad de servicio.

Debido al enfoque de esta tesis, es de especial importancia analizar la retención y abandono de usuarios debido a cambios en la calidad de servicio. En relación a esto, será importante revisar algunos estudios que muestran la relación entre la calidad de distintas características del servicio y la satisfacción por éste, lo que a su vez está altamente correlacionado con la permanencia o abandono de los usuarios en el sistema.

Entre los estudios se puede mencionar el realizado por Edvardsson (1998), donde presenta una metodología basada en el análisis de incidentes críticos. Estos se definen como aquellos incidentes o encuentros con servicio, que son particularmente satisfactorios o no satisfactorios, según sea el caso. Conociendo estos incidentes es posible analizarlos y clasificarlos, y con esto identificar la o las principales causas que provocan que los usuarios no estén satisfechos con el servicio. Otro estudio que apunta en la misma dirección es el hecho por Friman (2004). Éste aborda la relación entre distintas mejoras en la calidad de servicio de transporte público con la variación en la satisfacción del consumidor y la frecuencia de incidentes críticos negativos. En el estudio donde se utilizaron datos de distintas compañías y regiones de Suecia, mostró que no había una relación explícita entre mejoras de la calidad de servicio y aumento de la satisfacción del consumidor, a su vez tampoco se encontró relación con una posible disminución en el número de incidentes críticos negativos percibidos por los usuarios. Para explicar este fenómeno se sugieren tres posibles explicaciones:

- El periodo de implementación de las mejoras, produce interrupciones y alteraciones en el servicio que aumentan el número de incidentes críticos negativos. Debido a esto cuando las mejoras están en plena marcha, estas se ven opacadas por las malas experiencias del periodo de implementación.
- Al saber que habrá mejoras en la calidad de servicio, las expectativas de los usuarios pueden aumentar, lo que trae consigo un aumento del número de incidentes críticos negativos debido a que las expectativas no son plenamente satisfechas.
- La planificación y la operación de los entes relacionados con el transporte público pueden tener dificultades de cooperación y comunicación, que se traducen en que estas mejoras no son bien informadas a los usuarios y los empleados tampoco son bien capacitados para poder ejercerlas de una manera correcta.

Cuando se analizan las tres causas mencionadas anteriormente, es inevitable relacionarlas a opiniones de los usuarios y expertos sobre la implementación de Transantiago, lo cual es de gran relevancia en el marco de esta tesis.

Hasta acá se han mencionado estudios que tienen relación con estudiar cuales son las causas que influyen en el abandono de los usuarios de transporte público. Se ha mencionado la influencia de políticas generales sobre el sistema de transporte, efectos de cambios en la operación y calidad de servicio, además de reconocer que los efectos dependen de diversas características de la demanda, reconociendo la heterogeneidad de ésta y la importancia de involucrar el efecto temporal, para así hacer mejores estimaciones. Todo lo anterior si se analiza en forma conjunta, permitiría ver la evolución de diversos segmentos de la demanda en el tiempo y así reconocer las razones por las cuales los individuos cambian de modo. Las causas pueden ser atribuidas tanto al efecto propio de las políticas o cambios en el nivel de servicio, como de las propias

características de la demanda. Generalmente se podría considerar que los cambios en la partición obedecen a una combinación de ambos factores.

Con respecto a la demanda con lo mencionado hasta acá, se puede decir que las siguientes características son importantes a considerar para analizar cuáles son las razones que llevarían a cambiar de modo y específicamente el cambio de usuarios desde el transporte público hacia el automóvil:

- Reconocer que las causas del cambio son distintas para distintos grupos de la población, de ahí la importancia de hacer un análisis desagregado.
- La forma de reconocer a cada grupo depende de ver relaciones en cuanto a comportamientos, características y momentos en la vida de los usuarios.
- Para conocer las causas es de vital importancia contar con datos de los usuarios en el tiempo.

Una característica particularmente relevante es la estructura de actividades del individuo. Los estudios de demanda de transporte anteriormente solo se enfocaban en analizar un viaje en particular dentro de algún periodo de la jornada. Actualmente los modelos *activity based* (Bowman et al, 1998), (Bowman y Ben-Akiva, 2000) incluyen el patrón diario de actividades del individuo en la elección modal, lo que da una visión más amplia del problema de elección.

Cuando se incluye el patrón de actividades en el análisis, al ver la evolución temporal de los usuarios se puede extraer algunas conclusiones que conectan variaciones en las actividades con causas por la que los individuos cambian de modo.

Como se dijo anteriormente, existe una nueva tendencia para estimar la demanda por transporte, la cual cambia la unidad básica de un viaje particular, por la de un tour diario. En resumen este tipo de modelos analiza el tour de viaje diario de una persona, identificando una actividad principal (estudio, trabajo), además de las actividades secundarias que se realizan en el día. Por definición un tour es el que se inicia y termina en el mismo punto, por lo que a la actividad principal y las secundarias, están ligados tours principal y secundarios también.

Los modelos basados en actividades, abren un abanico de nuevas posibilidades para los estudios de demanda, pero en el marco de esta tesis su importancia radica en algunas conclusiones posibles de extraer, las cuales darían algunas pautas e indicios de cómo influye el patrón de actividades diarios en la elección de uno u otro modo. Esto a la larga servirá como hipótesis para el estudio de posibles causas de abandono del sistema público.

En esta línea se puede mencionar el estudio hecho por Cirillo y Axhausen (2002), en el cual analizan los datos recopilados en la encuesta Mobidrive (Axhausen et al, 2002). Un ejemplo de la relación cambio de modo con patrón de actividades mencionada en el estudio, es que los usuarios que realizan tours complejos, los cuales contienen actividades fuera de la actividad principal e involucran muchas paradas, eligen principalmente automóvil. Basándose en lo anterior, se podría decir que un usuario de transporte público que cambia su patrón de actividades añadiendo más actividades secundarias a la actividad principal durante la jornada, es más propenso a elegir automóvil en el futuro. Conclusiones de este tipo corresponden a hipótesis a corroborar como causales de abandono del transporte público.

Otras causas importantes que ayudan o evitan que los usuarios de transporte público emigren al automóvil son el cambio de localización o la decisión de adquirir o no un ticket diario, semanal o por la temporada para viajar en transporte público.

Los estudios anteriormente mencionados en resumen muestran la variada gama de variables que se debe tomar en cuenta para comprender los motivos por los cuales un usuario de transporte público decide abandonar o cambiar hacia otro modo, principalmente al automóvil. Este análisis permite reconocer la necesidad de considerar distintos tipos de usuario que existen, así como también la naturaleza dinámica de la toma de sus decisiones, y saber que existe una dinámica en estas elecciones que hace que en el tiempo sean afectadas por fenómenos como la resistencia al cambio, modificaciones en las actividades diarias y percepciones sobre la calidad de servicio. La relación entre lo anteriormente mencionado y la elección de modo debe ser incorporada a la modelación. Cabe destacar que últimamente han surgido algunos estudios relacionados con el tema de la retención de usuarios en el transporte público, entre estos destaca el trabajo de Minser y Webb (2009) donde se analiza la relación estructural entre lealtad, satisfacción, calidad de servicio, experiencias problemáticas e imagen. Otro ejemplo es el trabajo de Trepanier y Morency (2010), donde se analizan patrones que caracterizan la retención a partir de transacciones del sistema de cobro *smartcard* en Gatineau, Canada.

2.4 Modelos utilizados en demanda de transporte

En esta sección se revisan los modelos más importantes utilizados para estudiar la partición modal en transporte. En general se trata de modelos de elección discreta, los cuales utilizan datos desagregados a nivel de usuario.

Dentro de los modelos de elección discreta existen familias derivadas según la regla de decisión que se adopte de acuerdo a la naturaleza de la aleatoriedad. Cuando se asume que la aleatoriedad es por la incapacidad del modelador de saber o incorporar en la modelación todas las dimensiones en que el individuo se basa para tomar la decisión, corresponde a la familia de la utilidad aleatoria (McFadden, 1968), la que se detalla a continuación.

Sea q un individuo que pertenece a una población homogénea Q . Se considera que q es racional, por lo que en la toma de decisiones maximiza su utilidad individual, la cual está sujeta a diversas restricciones. Considerando que q se enfrenta a la decisión de elegir una alternativa, la cual pertenece a un set de alternativas discretas representado por $A(q)$ tal que:

$$A(q) = \{A_1, A_1, \dots, A_i, \dots, A_n\} \text{ tq. } \#A(q) = n \quad (2.5)$$

La utilidad de la alternativa $i \in A(q)$, para el individuo q está dada por:

$$U_{iq} = V_{iq} + \varepsilon_{iq} \quad (2.6)$$

Donde V_{iq} , es la parte determinística que refleja la componente observada de los gustos representativos del individuo, también llamada componente sistemática. Es función de los atributos de las alternativas y de las características de los individuos ($V_{iq} = V(x_i, s_q)$). ε_{iq} , es la parte estocástica de la función de utilidad que recoge todo aquello que no está representado en V_{iq} . Ésta puede incluir el efecto de la idiosincrasia individual en gustos o atributos no observados de las alternativas (i.e. ($\varepsilon_{iq} = \varepsilon(x_i, s_q)$)). Toma en cuenta las posibles fuentes de aleatoriedad como son: variaciones en los gustos (para ciertas especificaciones), atributos no observados, errores de medición, entre otros. Tiene media independiente de x , la cual se supone nula, varianza σ^2 y una cierta distribución a especificar.

De acuerdo al principio de maximización de utilidad, el individuo q elige la alternativa i si:

$$U_{iq} \geq U_{jq}, \forall j \in A(q) \quad (2.7)$$

Dado que el modelador sólo tiene información parcial, se estima la probabilidad de elección, la cual está dada por:

$$P_{iq} \left(U_{iq} \geq U_{jq}, \forall j \in A(q) \right) \quad (2.8)$$

Según la distribución que se asuma para el término del error se puede obtener distintas expresiones para el cálculo de P_{iq} . Entre las más utilizadas se encuentran la distribución normal,

a partir de la cual se deriva el modelo probit y la IID Gumbel de parámetro μ , la cual implica el modelo logit multinomial. Ambos modelos presentan ventajas y desventajas. En el caso de los modelos probit estos tienen la ventaja de permitir capturar la correlación entre alternativas, pero su gran inconveniente es la complejidad de su formulación. En el caso de los modelos logit, en general estos no permiten capturar el efecto de correlación entre alternativas pero se destacan por su sencilla formulación lo que los hace muy manejables y es la razón de su popularidad. Las deficiencias de los modelos logit como el problema de la correlación entre alternativas, es resuelto mediante modificaciones al modelo logit original, lo cual da pie a un conjunto de modelos llamado “familia logit”.

Ben-Akiva y Bierlaire (1999), resumen los modelos pertenecientes a la llamada “familia logit”. Dentro de los modelos nombrados dentro de esta familia se encuentran:

Modelo logit multinomial (MNL): El más utilizado de todos. Su formulación está dada por:

$$P_{iq} = \frac{e^{\mu V_{iq}}}{\sum_{j \in A(q)} e^{\mu V_{jq}}} \quad (2.9)$$

Una de las propiedades del MNL es la llamada independencia de alternativas irrelevantes IIA. Esta propiedad muestra que el ratio entre la probabilidad de elección de dos alternativas es independiente del conjunto de elección. En algunos casos esto presenta una limitación ya que cuando existe correlación entre alternativas esto no se debería cumplir (paradoja de los buses de colores). Para permitir correlación entre alternativas, es que se crearon variaciones al MNL, ejemplos de esto son el modelo logit anidado y el modelo logit anidado cruzado.

Modelo logit anidado: Propuesto por primera vez por Williams (1977), es una extensión del MNL diseñado para capturar algún tipo de correlación entre las alternativas. Está basado en particionar el conjunto de elección $A(q)$, en M nidos tales que:

$$A(q) = \bigcup_{m=1}^M A_m(q) \quad (2.10)$$

Tal que:

$$A_m(q) \cap A_{m'}(q) = \emptyset \quad \forall m \neq m' \quad (2.11)$$

La función de utilidad de cada alternativa está compuesta de un término específico a la alternativa y un término asociado con el nido. Sea i una alternativa del nido $A_m(q)$, se tiene que:

$$U_{iq} = \tilde{V}_{iq} + \tilde{\varepsilon}_{iq} + \tilde{V}_{A_m(q)} + \tilde{\varepsilon}_{A_m(q)} \quad (2.12)$$

Tal que:

$\tilde{\varepsilon}_{iq} \rightarrow$ Gumbel IID de parámetro μ_m

$\tilde{\varepsilon}_{A_m(q)} \rightarrow$ Gumbel IID de parámetro μ asociado a la v.a $\max_{j \in A_m(q)} U_{jq}$

Cada nido dentro del conjunto de elección está asociado con una utilidad compuesta $V_{A_m(q)}$, dada por:

$$V_{A_m(q)} = \tilde{V}_{A_m(q)} + \underbrace{\frac{1}{\mu_m} \ln \left(\sum_{j \in A_m(q)} e^{\mu_m \tilde{V}_{jq}} \right)}_{LOGSUM} \quad (2.13)$$

La probabilidad para el individuo q de elegir la alternativa i dentro del nido $A_m(q)$, está dada por:

$$P_q(i/A(q)) = P_q(A_m(q)/A(q)) \cdot P_q(i/A_m(q)) \quad (2.14)$$

Tal que:

$$P_q(A_m(q)/A(q)) = \frac{e^{\mu V_{A_m(q)}}}{\sum_{l=1}^M e^{\mu V_{A_l(q)}}} \quad (2.15)$$

$$P_q(i/A_m(q)) = \frac{e^{\mu \tilde{V}_{iq}}}{\sum_{j \in A_m(q)} e^{\mu_m \tilde{V}_{jq}}} \quad (2.16)$$

Cabe destacar que el radio entre μ y μ_m indica el grado de correlación entre las alternativas dentro del nido $A_m(q)$.

El modelo logit anidado o logit jerárquico, tiene como principal función levantar el supuesto del MNL, el cual supone que las alternativas no están correlacionadas entre sí. Este modelo aunque mejora algunas deficiencias del MNL, presenta inconvenientes como no poder capturar la correlación entre alternativas que pertenecen a distintos nidos. Debido a esto cuando la forma de agrupar las alternativas en nidos no es muy clara, el modelo sería deficiente.

Modelo logit anidado cruzado: Fue presentado por primera vez por McFadden (1978) como un caso particular del modelo de valor extremo generalizado (GEV). Éste es una extensión del modelo anidado, donde cada alternativa puede pertenecer a más de un nido. La formulación del modelo es similar al modelo anidado primitivo salvo la inclusión de un nuevo parámetro dado por α_{im} , el cual representa el grado de “membresía” de la alternativa i en el nido m . La utilidad de la alternativa i está dada por:

$$U_{imq} = \tilde{V}_{iq} + \tilde{\varepsilon}_{iq} + \tilde{V}_{A_m(q)} + \tilde{\varepsilon}_{A_m(q)} + \ln(\alpha_{im}) \quad (2.17)$$

Tal que:

$\tilde{\varepsilon}_{iq} \rightarrow$ Gumbel IID de parámetro unitario (se asume por simplicidad)

$\tilde{\varepsilon}_{A_m(q)} \rightarrow$ Gumbel IID de parámetro μ asociado a la v.a $\max_{j \in A_m(q)} U_{jm}$

Cada nido dentro del conjunto de elección está asociado con una utilidad compuesta $V_{A_m(q)}$, dada por:

$$V_{A_m(q)} = \tilde{V}_{A_m(q)} + \underbrace{\ln \left(\sum_{j \in A_m(q)} \alpha_{jm} e^{\tilde{V}_{jq}} \right)}_{LOGSUM} \quad (2.18)$$

La probabilidad para el individuo q de elegir la alternativa i está dada por:

$$P_q(i/A_m(q)) = \sum_{m=1}^M P_q(A_m(q)/A(q)) \cdot P_q(i/A_m(q)) \quad (2.19)$$

Tal que:

$$P_q(A_m(q)/A(q)) = \frac{e^{\mu V_{A_m(q)}}}{\sum_{l=1}^M e^{\mu V_{A_l(q)}}} \quad (2.20)$$

$$P_q(i/A_m(q)) = \frac{e^{\tilde{v}_{iq}}}{\sum_{j \in A_m(q)} \alpha_{im} e^{\tilde{v}_{jq}}} \quad (2.21)$$

Este modelo permite una amplia gama de estructuras de correlación, debido a que se incluyen todos los posibles nidos, lo que es de gran utilidad cuando la correlación entre alternativas no está clara a priori. La gran desventaja de este modelo es su dificultad para ser estimado.

Los modelos anidados anteriormente mencionados son de especial interés en el contexto de esta tesis, pues permiten modelar la elección entre automóvil y transporte público, pensando que estas son estructuras de nidos de las alternativas finalmente escogidas.

Los modelos anteriores, los cuales están basados en la teoría de la utilidad aleatoria, suponen que la elección hecha por los individuos es parte de un proceso compensatorio. Por un proceso compensatorio se entiende cuando al producirse cambios en uno o más atributos pueden ser compensados por cambios en otros. Esta forma de elección no siempre es la que se observa, a veces cambios en algunos atributos no son posibles de compensar con el aumento o disminución en otros, en este caso se trata de procesos de elección no compensatoria.

Siguiendo la línea de modelación de procesos complejos de comportamiento, tratada en el caso de los modelos anidados, se puede mencionar la formulación hecha por Manski (1977), que presenta un modelo de dos etapas. La primera consiste en la generación del conjunto de elección, donde los individuos eliminan las alternativas que no se ajustan a distintas restricciones o requerimientos. La eliminación de las alternativas del conjunto de elección, forma parte de un proceso no compensatorio en el cual influyen factores exógenos al proceso mismo de elección, entre los que se pueden nombrar factores psicológicos, físicos, culturales, socioeconómicos,

demográficos, entre otros. La segunda parte consiste en la elección de una alternativa dentro del conjunto de elección del individuo dado en la primera etapa, la cual se modela generalmente como parte de un proceso compensatorio de elección.

La formulación matemática que representa este proceso será mostrada a continuación:

Sea un individuo q , el cual tiene un conjunto M_q de alternativas factibles determinadas exógenamente, tal que $M_q \subseteq M$, donde M es el conjunto de todas las alternativas potencialmente disponibles para la población. Sea G_q , el conjunto de todos los subconjuntos posibles de formar con M_q , menos el conjunto vacío. Definiendo como C_q un elemento de G_q , se tiene a continuación la probabilidad de que el individuo q elija la alternativa i dados los conjuntos anteriormente mencionados, tal que:

$$P_{qi} = \sum_{C_q \in G_q} \underbrace{P_q(i/C_q)}_{\text{Etapa 2}} \cdot \underbrace{P_q(C_q/G_q)}_{\text{Etapa 1}} \quad (2.22)$$

Donde $P_q(C_q/G_q)$ representa la probabilidad del conjunto de elección, primera etapa-proceso no compensatorio y $P_q(i/C_q)$ la probabilidad de elegir la alternativa i dentro del conjunto de elección C_q .

Trabajos relacionados con el de Manski son los realizados por Swait y Ben-Akiva (1987) y por Cantillo y Ortuzar (2005). En ambos se aborda el tratamiento de la generación del conjunto de alternativas a través de la inclusión de umbrales aleatorios para ciertos atributos, además de la calibración de modelos.

El modelo de dos etapas propuesto por Manski, tiene la particularidad de que los conjuntos de elección no están determinados por el modelador, sino que tienen una probabilidad de ocurrencia según las características de los individuos o los servicios que desean ocupar estos. El hecho que distintos tipos de individuo presenten distintas probabilidades en la conformación de los conjuntos de elección, permite modelar la heterogeneidad presente en la población.

Un caso particular de modelación de heterogeneidad entre la población, es el modelo dogit presentado por Gaudry y Dagenais (1979). Éste trata específicamente, la diferencia entre usuarios de libre elección y usuarios cautivos de un modo de transporte. En el trabajo hecho por Swait y Ben-Akiva (1987a), derivan del modelo tradicional de Manski el modelo dogit. Muestran que el dogit es un caso restringido en el número de conjuntos de elección, del modelo general de

Manski. Además del dogit, muestran distintas formas de reducir los conjuntos de elección lo que permite modelar distintas heterogeneidades en cuanto al conjunto de elección de los usuarios.

En una sección anterior de esta revisión se mostraron distintas causas por las cuales los usuarios de transporte público podrían abandonarlo y elegir el automóvil. Entre las causas expuestas se mencionaron cambios en las características de los usuarios, de las actividades que realizan, del nivel de servicio del transporte público como de la competencia, fenómenos de resistencia al cambio, entre otras. Una de las causas expuestas fue la de incidentes críticos relacionados con la calidad de servicio del sistema público, percibidos antes y después de la puesta en marcha de un paquete de mejoras. Este fenómeno puede ser directamente relacionado con la presencia de umbrales de percepción en el nivel de los atributos a través del tiempo. Comportamientos como el anterior, así como también otros como la presencia de inercia o resistencia al cambio son abordados por Cantillo et al (2006 y 2007). En el trabajo del año 2007 se aborda el tema de la resistencia al cambio o inercia y la inclusión de correlación serial. En este estudio se modela una función-umbral representativa de la inercia la cual dificulta el cambio de modo entre dos periodos. Un resumen de la formulación matemática se presenta a continuación:

Sea el individuo q que en el periodo t elige regularmente la alternativa r . Producto de alguna política que provoca cambios en los atributos de las alternativas se estudia la probabilidad de que q cambie a la alternativa i o se mantenga en r . Se define la utilidad del individuo q por la alternativa j en t como:

$$U_{jq}^t = V_{jq}^t(X_{jq}^t, \theta_q) + \varepsilon_{jq}^t, \quad (2.23)$$

Tal que:

$V_{jq}^t \rightarrow$ utilidad determinística

$X_{jq}^t \rightarrow$ vector de $(K \times 1)$ atributos

$\theta_q \rightarrow$ vector de $(1 \times K)$ de parámetros asociados al vector X_{jq}^t

$\varepsilon_{jq}^t \rightarrow$ componente aleatoria de la utilidad

De acuerdo a lo anterior se tiene que la probabilidad de que q elija r en t está dada por:

$$P_{rq}^t = P(U_{rq}^t - U_{jq}^t \geq 0, \forall j \in A_{(q)}^t) \quad (2.24)$$

Tal que:

$A_{(q)}^t \rightarrow$ alternativas disponibles para q en t

Ahora en t+1 se calculan las probabilidades de cambiar a i o permanecer en r. tal que la probabilidad de cambiar a i está dada por:

$$P_{iq}^{t+1} = \begin{cases} P(U_{iq}^{t+1} - U_{rq}^{t+1} \geq I_{irq}^{t+1}) \\ \wedge \\ P(U_{iq}^{t+1} - U_{jq}^{t+1} \geq I_{irq}^{t+1} - I_{jrq}^{t+1}), \forall A_j \in (A_{(q)}^{t+1}), \text{ tal que } j \neq r \end{cases} \quad (2.25)$$

Tal que:

$A_{(q)}^{t+1} \rightarrow$ alternativas disponibles para q en t+1

$I_{irq}^{t+1} \rightarrow$ función umbral de resistencia al cambio de r a i entre t y t+1

La probabilidad de permanecer en r está dada por:

$$P_{rq}^{t+1} = \{P(U_{rq}^{t+1} - U_{jq}^{t+1} + I_{jrq}^{t+1} \geq 0), \forall A_j \in (A_{(q)}^{t+1})\} \quad (2.26)$$

Tal que:

$I_{jrq}^{t+1} \rightarrow$ función umbral de resistencia al cambio de r a i entre t y t+1

Se propone una función para la inercia dada por:

$$I_{irq}^{t+1} = \beta_q (\gamma \Psi_{rq}^t + (V_{rq}^t - V_{iq}^t)) = \beta_q (\gamma \Psi_{rq}^t + \Delta V_{irq}^t) \quad (2.27)$$

Tal que:

$\beta_q \rightarrow$ coeficiente que puede variar aleatoriamente entre los individuos

$\gamma \rightarrow$ vector de parámetros de $(1 \times L)$

$\Psi_{rq}^t \rightarrow$ vector de $(L \times 1)$ condiciones o motivos de elección de r por q en t

$\Delta V_{irq}^t \rightarrow$ variación de la utilidad observable entre r e i en t

El cálculo final de la elección de la alternativa en t+1 condicionada a la elección de la alternativa r en t, se expresa como la multiplicación de las probabilidades en ambos periodos, suponiendo independencia entre estas.

El motivo de interés de este modelo en el contexto de esta tesis está dado, entre otros elementos, por la inclusión de la resistencia al cambio, la cual es una hipótesis importante a considerar si se desea modelar las causas por la que los usuarios podrían seguir eligiendo transporte público. Otra cosa importante de considerar es la inclusión de la componente tiempo en la modelación, la cual es de suma importancia para poder capturar las causas que influyen en el abandono de los usuarios del sistema público.

En el estudio de Cantillo et al (2006), se aborda el concepto de umbrales como cambio mínimo perceptible en los atributos. Este modelo presenta algunas similitudes con respecto al que anteriormente se trató. Entre estas, está la inclusión de la variable temporal en la modelación, así como también el suponer que el individuo elige regularmente una alternativa r en t. A continuación se presenta la contribución medular de este modelo en forma de resumen:

Sea q el individuo que elige r en t. Se construye el vector de atributos X para todas las alternativas en t, referenciadas a la alternativa regularmente elegida ya conocida en t, según se muestra en la ecuación 2.28.

$$\hat{X}_{kjq}^t = X_{kjq}^t - X_{krq}^t \quad (2.28)$$

Tal que:

$X_{kjq}^t \rightarrow$ atributo k del modo j en t

Debido a una política se producen cambios en los atributos, entonces se tiene el valor de cada atributo “referenciado” a r en t+1 dado por la siguiente expresión:

$$\hat{X}_{kjq}^{t+1} = \hat{X}_{kjq}^t + \Delta\hat{X}_{kjq}^{t+1} \quad (2.29)$$

Tal que:

$\Delta\hat{X}_{kjq}^{t+1} \rightarrow$ variación del atributo k de j en t+1 debido a la política

La hipótesis detrás de este modelo es que si el cambio es de una magnitud despreciable o no perceptible para el individuo no debe influir en el cálculo de la utilidad de las distintas alternativas disponibles. Esto se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$Si \rightarrow \begin{cases} \Delta\hat{X}_{kjq}^{t+1} \geq \delta_{kq} \rightarrow |\Delta\hat{V}_{jq}^{t+1}| \geq 0 \\ \Delta\hat{X}_{kjq}^{t+1} < \delta_{kq} \rightarrow |\Delta\hat{V}_{jq}^{t+1}| = 0 \end{cases} \quad (2.30)$$

Tal que:

$\delta_{kq} \rightarrow$ umbral de percepción aleatorio no negativo del atributo k

Este modelo podría dar una respuesta a la hipótesis de incidentes críticos en cambios de la calidad de servicio que provocan el abandono del transporte público por parte de sus usuarios.

Otra de las hipótesis importantes de mencionar es la que liga a usuarios de transporte público con baja utilidad, con los que posteriormente abandonan el servicio público. Los modelos que permiten clasificar la utilidad en rangos según su mayor o menor nivel, están los llamados modelos ordinales. Entre estos se encuentran los modelos ordinales tipo logit. En general estos modelos permiten clasificar una variable aleatoria latente, como es el caso de la utilidad, en rangos también a estimar.

Un caso que merece especial atención, es el que presenta un modelo que permite en forma conjunta, clasificar la utilidad como una variable ordinal latente además de la elección modal. La formulación matemática que permite modelar lo anteriormente expuesto se muestra a continuación:

Sean $U_i = V_i + \varepsilon_i$ y $a, b \in \mathbb{R}$ tq. $a \leq b$, donde a y b son parámetros a estimar. Se calcula la probabilidad de que se elija la alternativa i y que la utilidad esté entre los umbrales a y b tal que:

$$P\left(U_i = \max_j U_j, a \leq U_i \leq b\right) = P(V_i + \varepsilon_i \geq V_j + \varepsilon_j \forall j \neq i \wedge a \leq V_i + \varepsilon_i \leq b) \quad (2.31)$$

Asumiendo que los errores se distribuyen IID se obtiene la siguiente expresión para el cálculo de la probabilidad la cual está dada por:

$$P\left(U_i = \max_j U_j, a \leq U_i \leq b\right) = \frac{e^{\mu V_i}}{\sum_j e^{\mu V_j}} P\left(a - \frac{1}{\mu} \ln \sum_j e^{\mu V_j} \leq \varepsilon_i \leq a - \frac{1}{\mu} \ln \sum_j e^{\mu V_j}\right) \quad (2.32)$$

En síntesis, los modelos anteriormente descritos permiten modelar correlación entre alternativas, heterogeneidad entre los individuos, procesos compensatorios como no compensatorios, así como también fenómenos inter-temporales como es el caso de la inercia. También se abordó el tema de modelar el nivel de utilidad en que se encuentran los individuos que eligen una alternativa, caso de especial interés en el contexto de comprender las posibles razones por las cuales los usuarios de transporte público abandonan el sistema.

2.5 Bases de datos

Para el estudio de las causas que explican el abandono del transporte público por parte de los usuarios, se dispone de dos bases de datos. La primera corresponde a un panel de datos el cual fue realizado en forma conjunta por Mansilla y Yáñez (2008), el cual fue hecho con el fin de captar los cambios producidos por la implementación del plan Transantiago en el sistema público de transporte de la ciudad de Santiago. La segunda base de datos corresponde a una del tipo sección cruzada, realizada para el estudio de índices de calidad de servicio y grado de satisfacción de servicios correspondientes a Transantiago (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2008). El panel de datos originalmente fue diseñado para captar cambios en la demanda producidos por la inclusión de un plan completamente nuevo en la ciudad, el cual produjo un cambio radical al sistema de transporte público anterior a éste. Para esto originalmente fue contemplada la toma de tres olas de datos, antes de Transantiago, durante la puesta en marcha y unos meses después de implementado. Posteriormente se agregó una cuarta ola.

La muestra elegida para la construcción del panel, está conformada por usuarios que viajan en el periodo punta mañana con propósito trabajo. Los datos recolectados para cada usuario constan de una gran variedad de información, entre la que se encuentra datos del hogar, del dueño de casa, modos disponibles, modos utilizados, frecuencia de utilización, percepción del Transantiago, información sobre las actividades que realiza y mediciones sobre calidad de servicio de los distintos modos disponibles.

En el contexto de esta tesis la gran importancia de este panel de datos está dada tanto por su riqueza en cuanto a la variedad de datos por usuario, lo que combinado con la naturaleza dinámica del panel y la situación particular donde fueron tomados los datos, el cual se produjo una gran cantidad de cambios de modo, permitirá extraer algunas conclusiones por las cuales los usuarios deciden abandonar el sistema público por el privado, específicamente el automóvil.

En cuanto a la base de datos de sección cruzada, ésta fue hecha con el propósito de medir distintos índices relacionados con la operación del Transantiago. Entre los datos recolectados para cada individuo de la muestra, se encuentran características personales y del hogar, valoración respecto de diez atributos del servicio, evaluación numérica y ordinal, tanto del servicio que ocupan como de otros alternativos. Al conocer la valoración de los servicios como distintos atributos relacionados a éste, es posible establecer cuáles son los atributos que influyen más en una mala valoración, lo que a su vez influye en una posible deserción del transporte público.

Ambas bases de datos, que se abordaran con mayor detalle en capítulos posteriores de la tesis, poseen distintas características de las cuales será posible extraer distintas conclusiones, además de poder posteriormente calibrar modelos para comprobar o refutar distintas hipótesis relacionadas con el fenómeno del abandono de usuarios del transporte público.

3 Análisis de una base de datos de panel para captar cambios debidos a la introducción de Transantiago

En el presente capítulo se analiza una base de datos de panel de distintos usuarios de transporte, con el fin de identificar y descubrir razones que provocarían la fuga de usuarios de transporte público hacia otros modos.

La base de datos de panel mencionada anteriormente fue construida en dos etapas. La primera consistió en el diseño y toma de la primera ola de datos, ésta fue realizada por Mansilla (2008). La segunda etapa, hecha por Yáñez (2008), se enfocó en mejorar aspectos del diseño original, así como también en la toma de las olas 2, 3 y 4.

Antes de proceder a mostrar los resultados del análisis, es importante destacar algunos aspectos relacionados con el diseño y recolección del panel.

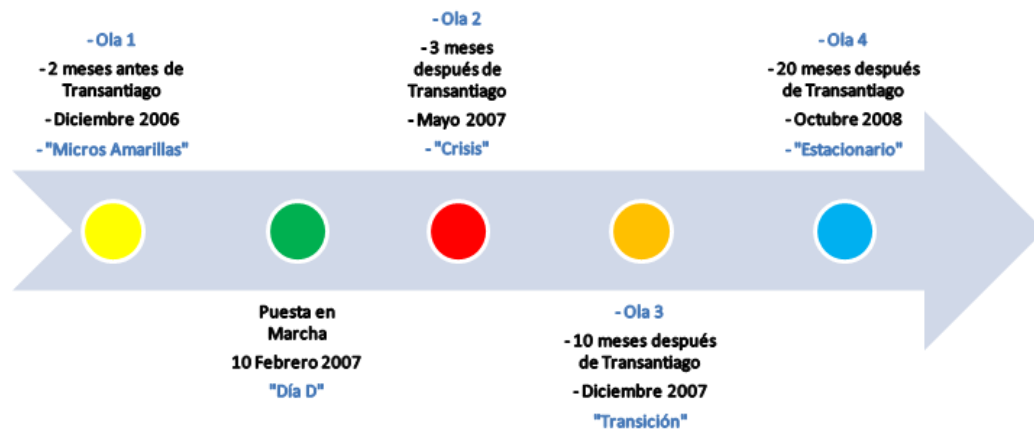
La motivación para diseñar y confeccionar el panel de datos, fue principalmente captar los cambios producidos por la introducción del sistema de transporte público Transantiago en la ciudad de Santiago. La primera de las cuatro olas fue tomada en diciembre de 2006, aproximadamente dos meses antes de la introducción de Transantiago (10 de febrero del 2007). La segunda fue tomada en mayo de 2007, sólo tres meses después de la puesta en marcha; para esta fecha los cambios introducidos por el nuevo sistema estaban en etapa de ajuste y existía un gran revuelo mediático por usuarios que se sintieron perjudicados por el cambio. Por estas razones la segunda ola será denominada “crisis”, no sólo limitando su significado a algo negativo, que es con lo que se asocia regularmente, sino que en el sentido más amplio de cambio.

La siguiente toma de datos se hizo en diciembre de 2007, diez meses después del inicio de Transantiago. Para esta fecha la mayoría de los ajustes más importantes se habían realizado, aunque estos tampoco eran menores. Por lo anterior, esta ola será denominada como “transición”, por su característica de transición hacia un periodo estacionario.

La cuarta y última toma de datos fue realizada en octubre de 2008, más de un año y medio después de la puesta en marcha. En esta fecha el sistema ya había alcanzado una condición más estable, aunque siguen existiendo ajustes y cambios propios de un proyecto de la magnitud de Transantiago. La ola cuatro se denominó como “estacionario”.

Un resumen de lo anterior se muestra en la Figura 3.1:

Figura 3.1: Olas en la línea del tiempo



La muestra originalmente considera trescientos tres individuos que viajan en el periodo punta mañana, con propósito trabajo. Debido al fenómeno llamado de “desgaste” la muestra original sufrió algunas ausencias en las olas siguientes (303 ola 1, 286 ola 2, 279 ola 3 y 258 ola 4).

Los modos de transporte considerados son:

- Auto Chofer
- Auto Acompañante
- Taxi Colectivo
- Metro
- Bus
- Caminata
- Bicicleta
- Auto Chofer-Metro
- Auto Acompañante-Metro
- Taxi Colectivo-Metro
- Bus-Metro
- Taxi Colectivo-Bus

Cabe destacar que los individuos que utilizan modos alternativos (combinaciones de tres modos distintos) a los considerados dentro del espacio de modos disponibles son descartados en el análisis.

En lo que respecta a la recolección de datos, ésta se puede dividir en dos grandes grupos: uno de encuestas y otro de mediciones de nivel de servicio.

En cuanto a las encuestas, las preguntas están agrupadas en cinco secciones, las cuales se detallan a continuación:

1. Datos del encuestado
 - 1.1. Datos del hogar
 - 1.2. Datos de la persona
2. Modos disponibles
3. Viaje al trabajo realizado en la punta mañana
4. Percepción del Transantiago
5. Actividades

Al referirse a las mediciones de nivel de servicio, éstas se limitan a:

- Disponibilidad de los distintos modos
- Tiempos de viaje
- Tiempos de espera
- Número de transbordos
- Tiempos de acceso o caminata
- Tarifas o costos monetarios de los distintos modos según el caso

Lo mencionado anteriormente sólo es un resumen de los datos que se consideran más relevantes en la elaboración de la encuesta. A medida que se desarrolla el análisis se van incorporando más detalles. El desglose de la encuesta y de las preguntas realizadas se puede ver en los trabajos de Mansilla (2008) y Yáñez (2008).

El análisis se divide en tres secciones. El objetivo es ir desde lo más general a lo más particular, viendo como varía la lectura de los datos en el proceso. Las tres secciones a considerar son las siguientes:

- Análisis general de la muestra: En este ítem se hace un análisis general por ola y promedio de los datos recopilados. Además se reconocen los cambios de modo por ola, con lo que se puede identificar tanto a los usuarios que abandonan el transporte público como a aquellos que permanecen.
- Análisis comparativo entre los que abandonan y permanecen en el transporte público: Acá se hace una comparación porcentual entre las distintas características y niveles de servicio de los usuarios que abandonan el transporte público y los que permanecen. Este análisis

sirve para ver cuáles son las características más relevantes y niveles de servicio que más se contrastan entre los que abandonan y los que permanecen.

- Análisis comparativo de las variaciones en el tiempo entre los que abandonan y permanecen en el transporte público: Esta parte se enfoca en analizar las variaciones de las características de los usuarios y los niveles de servicio entre olas. El objetivo es ver si hay cambios, entre olas, propios de los fugados que los diferencian con aquellos que permanecen.

3.1 Análisis General de la Muestra

Como se vio anteriormente, los datos del encuestado se dividen entre sus datos personales y los datos de su hogar.

Entre los datos del hogar tomados en cuenta para el análisis se encuentran: comuna, área de Transantiago a la cual pertenece la comuna y Vehículos en el hogar (autos, motos, camionetas o 4WD, vanes o furgones, camiones, otros, bicicleta adulto, bicicleta niño).

Los datos considerados del encuestado son los siguientes: destino del viaje al trabajo en la punta mañana, posesión de licencia, sexo, nivel de estudios, edad e ingreso (pesos chilenos).

Tabla 3.1: Características generales de la muestra y comparación con EOD 2006

Característica	Panel de Santiago (promedio olas)	EOD (Actualización 2006) Trabajadores punta mañana,
Sector de origen EOD (%)	O(26), SO(25), P(23) y Otros(26)	O(15), SO(22), P(23) y Otros(40)
Origen por área de Transantiago (%)	D(18), I(16), C(15), E(12) y Otras(39)	-
Destino por comuna (%)	Santiago(60), Macul(35) y Providencia(5)	-
Vehículos motorizados por hogar (%)	0(38), 1(47) y ≥ 2 (15)	0(65), 1(27) y ≥ 2 (8)
Bicicletas adulto por hogar (%)	0(42), 1(28) y ≥ 2 (30)	-
Genero (% de mujeres)	60	54
Edad por rango etario (%)	19-30(20), 31-50(62) y > 50 (18)	19-30(29), 31-50(43) y > 50 (27)
Posee licencia de conducir (%)	62	34
ILM ^a por estrato (%)	bajo(48), medio(40) y alto(12)	-
Nivel de estudio (%)	U.com.(37), tec(35), sec (20%) y otros(8)	U.com.(12), tec(15), sec (48%) y otros(25)
HTS ^b rango 40-50 (%)	87	-

^a: Ingreso líquido mensual del encuestado; donde el rango bajo es menos de 350 mil pesos, el medio entre 350 mil y un millón y alto mayor que un millón de pesos.

^b: Horas de trabajo semanal efectivas que declaran los encuestados.

La Tabla 3.1 muestra un resumen de las principales características de los encuestados según el panel de Santiago y se comparan con la muestra representativa de Santiago EOD 2006 (actualización de EOD 2001).

Se observa que el origen de los encuestados del panel es principalmente el sector oriente, suroriente y poniente lo que, al compararlo con los resultados de la EOD, desprende que en el panel hay más individuos del sector oriente que en la muestra representativa de Santiago. En cuanto a los destinos se observa que es mayoritariamente Santiago, la comparación con EOD no tiene mucho sentido ya que, los destinos del panel son fijos.

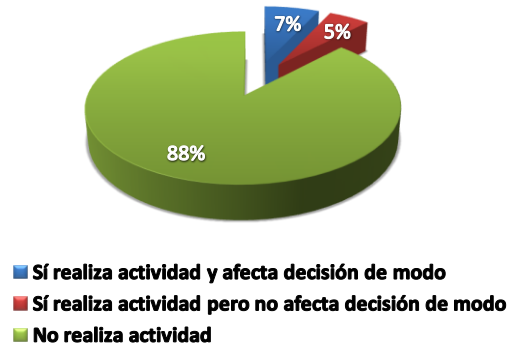
Los hogares con al menos un vehículo motorizado son muchos más que lo que representa a Santiago, lo que se refleja también en el número de encuestados con licencia de conducir. En cuanto a género, las mujeres son mayoría al igual que en la EOD pero de forma más marcada. En lo que respecta a las edades el panel de Santiago las concentra mucho más en el rango etario entre los 31 y 50 años, a diferencia de la EOD, donde se reparte entre los dos rangos extremos. El nivel de educación de la muestra del panel es superior al representativo de Santiago destacándose el 37% universitario completo de la muestra contra el 12 % de la EOD.

En cuanto al ingreso líquido mensual la muestra del panel de Santiago contiene datos de los ingresos del encuestado mientras la EOD presenta valores de ingreso por hogar. Otra diferencia son los límites de los distintos rangos (alto, medio y bajo).

Debido a lo anterior, los resultados no son comparables por lo que sólo se puede destacar que en el panel de Santiago los de ingreso bajo (< \$350 mil) son la mayoría. Por último, se observa que un 42% no posee bicicleta y en cuanto a las horas de trabajo semanal efectivas, casi la totalidad (87%) trabaja entre 40 y 50 horas a la semana.

La Figura 3.2 muestra los resultados del análisis de actividades extras al trabajo declaradas por los encuestados. Se observa que la gran mayoría de los encuestados no realiza actividad extra, del resto que sí realiza, solo un 7% declara que estas actividades influyen en su decisión de modo, lo que revelaría que en el mejor de los casos solo una pequeña porción de la muestra podría migrar del transporte público debido a las actividades extras al trabajo que realiza

Figura 3.2: Actividad extra al trabajo, ¿influye en la decisión de modo?



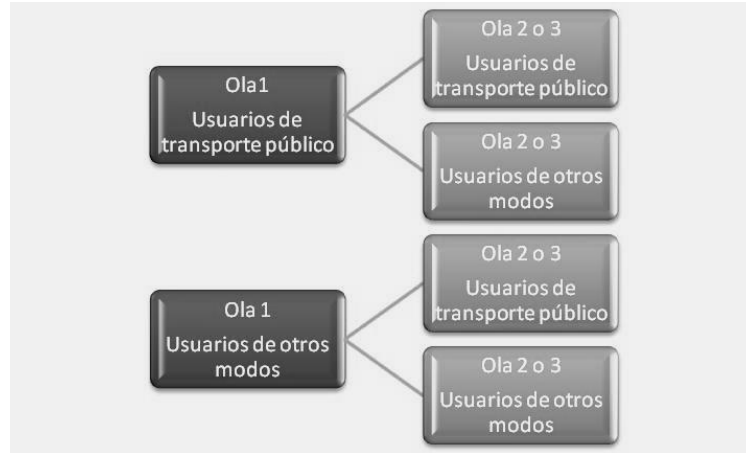
Después de revisar los datos de hogares y encuestados, se analiza el resultado de las distintas preguntas de percepción relacionadas con la implementación de Transantiago. Además de las preguntas socioeconómicas y de viaje, la encuesta incluye tres preguntas de percepción en las olas 2 (“crisis”) y 3 (“transición”). Las preguntas son: 1) En comparación a antes de Transantiago, hoy su viaje al trabajo es: (mucho mejor, mejor, igual, peor, mucho peor), 2) ¿Cuál es el atributo que más ha mejorado en su viaje al trabajo con la introducción de Transantiago? (costo, tiempo de viaje, tiempo de espera, tiempo de caminata, trato chofer, seguridad, comodidad, nada) y 3) ¿Cuál es el atributo que más ha empeorado en su viaje al trabajo con la introducción de Transantiago? (ídem a pregunta 2),

Se observa que las tres preguntas anteriores tienen en común que comparan la situación actual con la de antes de Transantiago. Recordando las fechas de cada ola, la ola 1 fue tomada antes de Transantiago, mientras que la 2 y 3 (donde se recopilaron los datos de percepción) después de implementado el nuevo sistema. Para un mejor análisis es importante separar las observaciones en dos grupos distintos: usuarios de Transantiago y usuarios de otros modos.

En la Figura 3.3 se muestra un esquema que resume todas las combinaciones posibles que se pueden dar entre olas, segmentando por tipo de usuario (Transantiago u otros). La primera rama corresponde a usuarios que utilizan Transantiago en ambas olas (1 y 2 ó 3). De estos usuarios se puede extraer un análisis claro de cómo ha variado la percepción sobre el sistema con la introducción de Transantiago, además de establecer cuáles son los atributos que más han mejorado o empeorado.

En cuanto a las otras ramas las respuestas pueden tener cierto grado de ambigüedad ya que existe la duda de si el usuario está respondiendo por el modo actual, una experiencia pasada, una experiencia esporádica o tal vez por una percepción basada no en la experiencia sino influenciada por otras personas.

Figura 3.3: Esquema de combinaciones por tipo de usuario según percepción



De acuerdo a lo anterior, se analiza y compara tanto el caso de los usuarios que sólo han utilizado Transantiago, como el que agrupa a los usuarios de todos los modos. Esto para así ver si existen diferencias entre ambos grupos.

La Figura 3.4 muestra los resultados para la pregunta sobre cómo perciben los encuestados su viaje actual comparándolo con antes de Transantiago. Es importante destacar que para este análisis las respuestas “mucho mejor” y “mejor” fueron agrupadas en la categoría “mejor” (*), lo mismo se hizo para “peor” y “mucho peor”.

Se observa que para todos los usuarios y para los usuarios de Transantiago la respuesta que predomina es “peor” (*). Para el caso de los usuarios de Transantiago la percepción negativa es más pronunciada con un 56% de respuestas en contra de un 53% de toda la muestra.

Figura 3.4: En comparación a antes de Transantiago, ¿hoy su viaje al trabajo es?
Todos los Usuarios **Usuarios Transantiago**

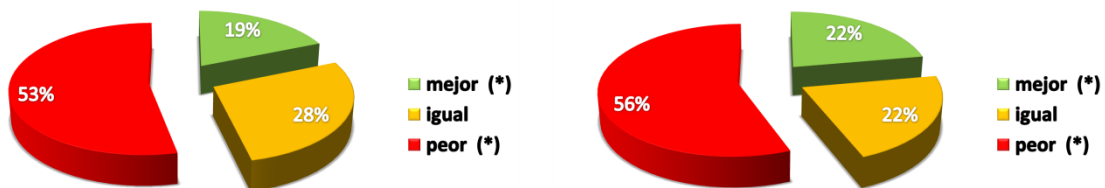
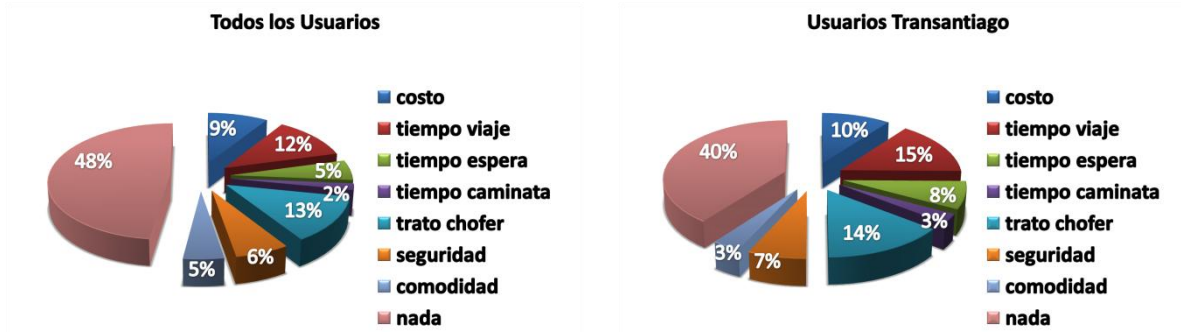
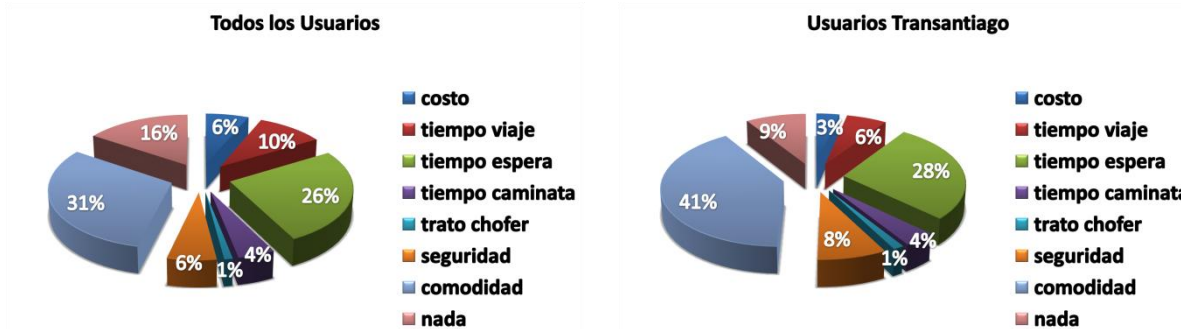


Figura 3.5: ¿Cuál es el atributo que más ha mejorado en su viaje al trabajo con la introducción de Transantiago?



Para la pregunta relacionada con el atributo del viaje que más ha mejorado con la introducción de Transantiago (Figura 3.5), se observa que la respuesta que predomina para ambos casos es “nada” (48% para todos los usuarios y 40% para usuarios de Transantiago). Esta respuesta se puede asociar más bien a algo negativo que a algo indiferente. Esta afirmación se basa en que al anunciar un plan de mejoras a la situación actual, como fue el caso de Transantiago, las expectativas provocan que la gente espere encontrar cambios positivos a la hora de viajar. En una segunda línea destacan las respuestas “tiempo de viaje” (12% todo usuario, 15% usuario Transantiago) y “trato chofer” (13% todo usuario, 14% usuario Transantiago).

Figura 3.6: ¿Cuál es el atributo que más ha empeorado en su viaje al trabajo con la introducción de Transantiago?



Para el caso del atributo que más ha empeorado (Figura 3.6), destacan “comodidad” y “tiempo de espera” por sobre los otros. Para el caso de “comodidad” se produce una diferencia significativa entre el porcentaje de respuestas en la muestra general (31%) y los usuarios de Transantiago (41%). Para el caso de “tiempo de espera” (26% todo usuario, 28% usuario Transantiago) no existe gran diferencia entre los porcentajes por lo que se deduce que la percepción de los usuarios de Transantiago es similar al Global de los usuarios del sistema.

Las siguientes figuras refieren al análisis de los datos relacionados con los modos de transporte y sus variables de servicio. El análisis se enfoca en la evolución de los niveles de servicio en el tiempo, que es justamente lo que se busca observar con el tipo de encuestas de panel.

Figura 3.7: Disponibilidad por grupos en el tiempo

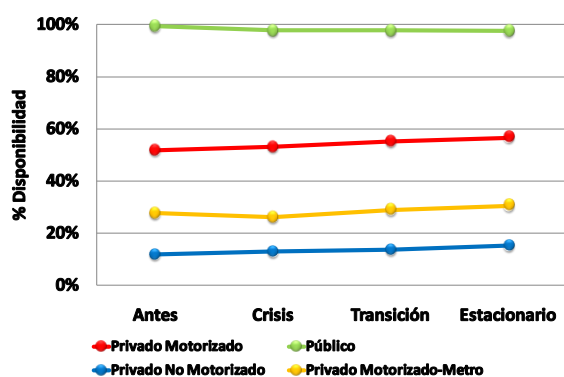
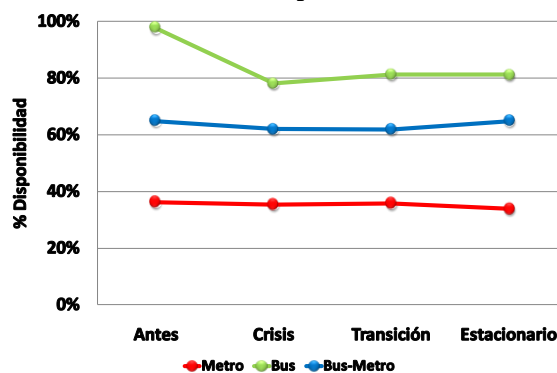


Figura 3.8: Disponibilidad por modos Transantiago en el tiempo



En la Figura 3.7 se presenta la disponibilidad entre olas para distintos grupos de modos, esto se hizo para simplificar la interpretación de los datos. Los grupos considerados fueron los siguientes: **Privado Motorizado** (auto chofer y auto acompañante) **Público** (Público Transantiago: bus, metro y bus-metro y Otros Público: Taxi colectivo, taxi colectivo-metro y taxi colectivo-bus) **Privado No Motorizado** (caminata y bicicleta) y **Privado Motorizado-Metro** (auto chofer-metro y auto acompañante-metro).

Entre lo más relevante se encuentra que casi la totalidad de la muestra tiene acceso al transporte público (no menor al 98% en todas las olas, no se alcanza el 100% debido a errores en la toma de datos). También destaca que en todas las olas hay una disponibilidad entre el 50% y 60% de los modos privados motorizados, así como de la existencia de una disponibilidad no mayor al 20% en los modos privados no motorizados (modo caminata y bicicleta no disponibles para grandes distancias).

La Figura 3.8 muestra la disponibilidad de los modos asociados al grupo Público, específicamente los llamados Transantiago puros (bus, metro y bus-metro). Lo que más destaca es la baja considerable entre antes y después de la puesta en marcha de Transantiago del modo bus. Esto es producto del cambio estructural que se produjo en el sistema reemplazando la gran cantidad de buses y recorridos directos por combinaciones bus-metro. El modo bus-metro no aumenta en disponibilidad ya que los usuarios que ahora no tienen bus directo antes ya contaban con la posibilidad de combinación.

Figura 3.9: Partición modal por grupos en el tiempo

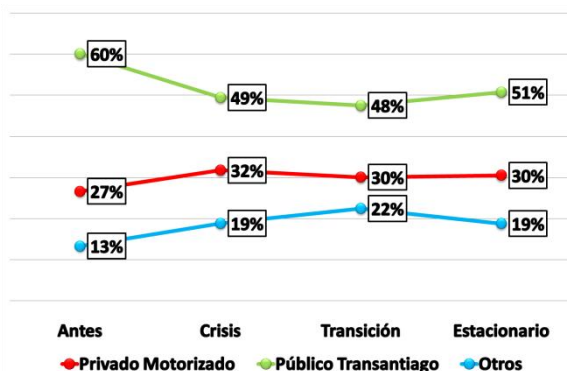
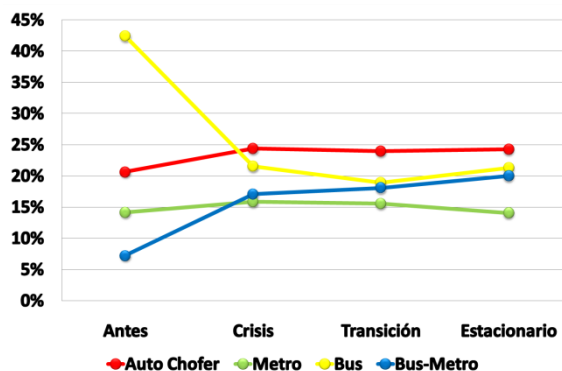


Figura 3.10: Partición modal en el tiempo

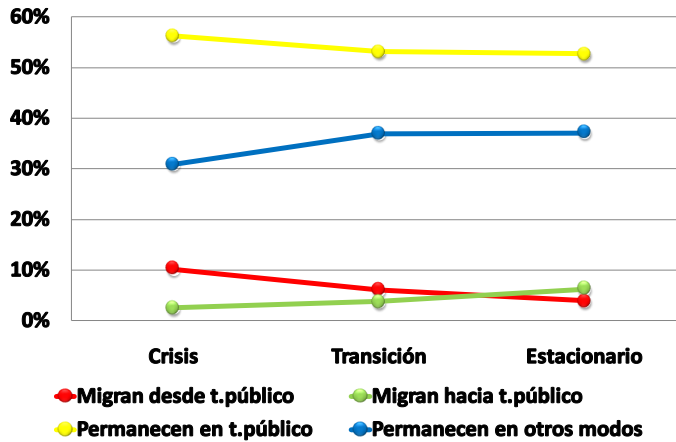


En la Figura 3.9 se observa la partición modal según los grupos definidos anteriormente. Entre los más importantes están “Público Transantiago” y “Privado Motorizado”. Se puede ver que, entre “antes” y la “crisis” de Transantiago, existe una baja importante para el grupo que involucra los modos de Transantiago (60% a 49%), mientras que para el “Privado Motorizado” se observa un alza (27% a 32%). En las olas siguientes ambos grupos permanecen más o menos estables, aunque el “Público Transantiago” evidencia una leve recuperación hacia la ola 4 (48% a 51%). Todo lo anterior es una fuerte evidencia de la fuga de usuarios desde Transantiago a otros modos, especialmente a los privados motorizados (auto chofer y acompañante).

En la Figura 3.10 se muestra el desglose de los modos asociados a Transantiago además del modo auto chofer. Se destaca una baja del 50% (40% a 20%) del bus entre antes e inmediatamente después de la puesta en marcha del nuevo sistema, esto contrasta con el aumento del bus-metro de más de un 100% (7% a 15%). El resto de los que abandonan o cambian del bus se distribuyen entre los otros modos, entre éstos el auto chofer con un aumento desde el 19% al 22% en la partición modal. La tendencia al descenso del modo bus y al aumento del bus-metro se sostiene hasta el periodo “estacionario”, para dar paso después a una tendencia ascendente de ambos.

Conocidas las particiones modales, es interesante saber el detalle de cómo se transfirieron los usuarios hacia otros modos desde el transporte público y viceversa. La Figura 3.11 muestra el resumen de estas transferencias para cada ola disponible en el panel.

Figura 3.11: Resumen de transferencias



Se puede ver que el porcentaje de abandono del transporte público va disminuyendo en el tiempo. Lo contrario ocurre con el abandono de usuarios desde otros modos hacia el modo público. Este resultado muestra que a medida que fue pasando la crisis, el número de abandonos se fue compensando con el número de llegadas desde otros modos. Esto influyó a su vez que la curva de permanencia se fuera estabilizando.

En cuanto a los modos de origen (transporte público) y destino (privado motorizado, no motorizado y combinación privado motorizado-público) de los usuarios que abandonan el sistema público, se ve que predominan los modos de origen metro (43%), bus (33%) y bus-metro (10%) y los de destino auto chofer (31%), auto acompañante (21%) y caminata junto con auto acompañante-metro (ambos con 18%). Lo anterior se ve en la Figura 3.12 y la Figura 3.13.

Figura 3.12: Modo origen migración desde t. público

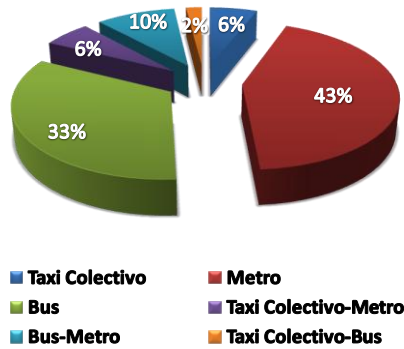
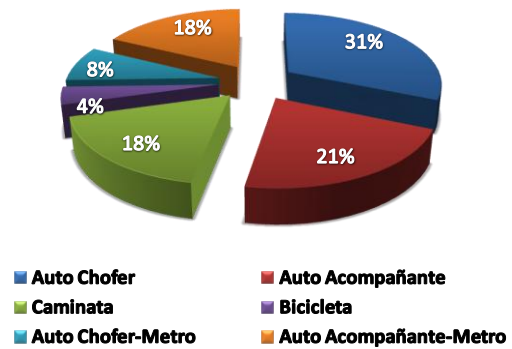


Figura 3.13: Modo destino migración desde t. público



En la Figura 3.11 se pudo ver que a través del tiempo el porcentaje de fuga fue disminuyendo mientras el de captación fue aumentando. Una hipótesis detrás de esto es que los niveles de servicio de los distintos modos de transporte público fueron mejorando después de la crisis de Transantiago. Para analizar lo anterior será importante tomar en cuenta los tiempos y otras variables de servicio, tales como costos y número de transbordos. En las Figura 3.14, Figura 3.15,

Figura 3.16 y Figura 3.17 se presenta la evolución de los tiempos promedio para los tres modos básicos que involucran a Transantiago: metro, bus y bus-metro, además del grupo otros público, que contiene los modos que tienen alguna etapa en taxi colectivo (taxi colectivo, taxi colectivo-automóvil). Como común denominador se observa que en la ola llamada crisis, momento en que la implementación del nuevo sistema es reciente, existe un deterioro en las variables de servicio asociadas a los tiempos. Para el caso del bus el alza se atribuye principalmente al aumento del tiempo de viaje (39 a 49 minutos) y del tiempo de espera (6 a 11 minutos), en cuanto al modo bus-metro, el principal deterioro es atribuible al tiempo de espera (6 a 12 minutos) algo similar sucede con los modos que contienen taxi colectivo en una etapa (4 a 12 minutos). En el caso del metro sólo se observa un deterioro leve de algunas variables de servicio.

Figura 3.14: Tiempos metro

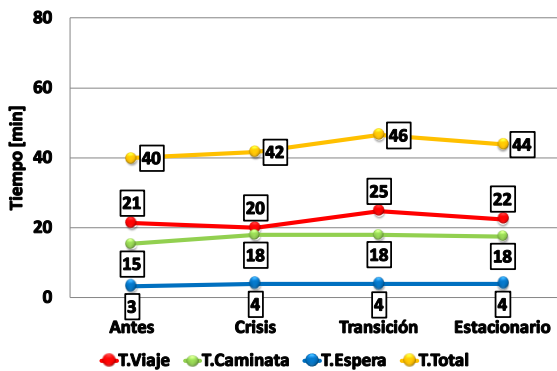


Figura 3.15: Tiempos bus

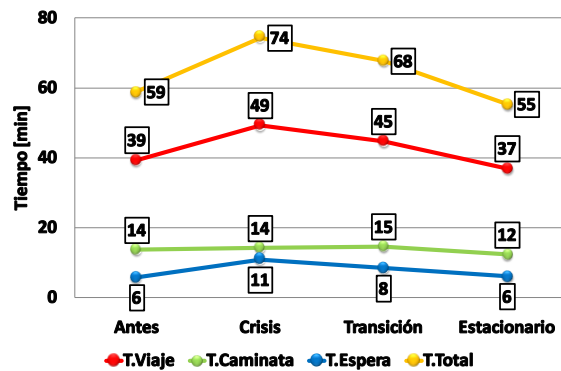


Figura 3.16: Tiempos bus-metro

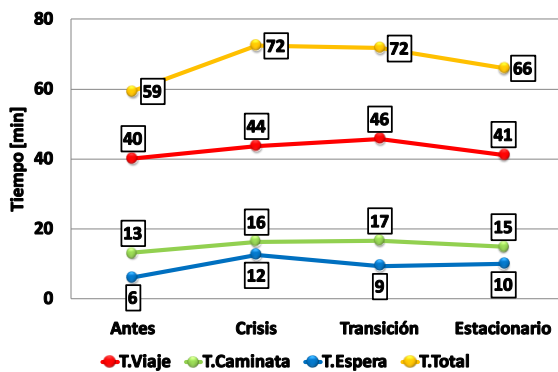
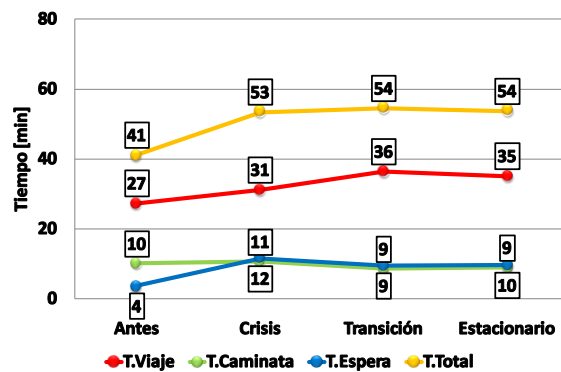
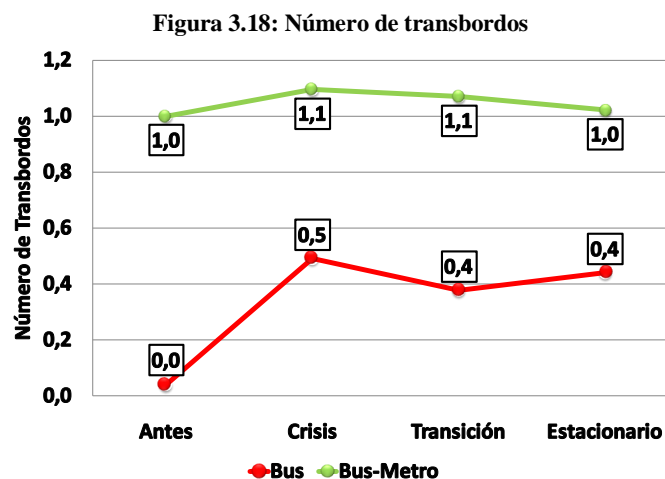


Figura 3.17: Tiempos otros público



En la Figura 3.18 se muestra el promedio de transbordos por ola para el caso del bus y el bus-metro (cabe destacar que no se consideran los transbordos que se producen al interior del metro). Se ve que para ambos casos el promedio de transbordos aumenta, sobre todo para el caso del bus que pasa de casi no tener transbordos a que uno de cada dos usuarios haga transbordo.



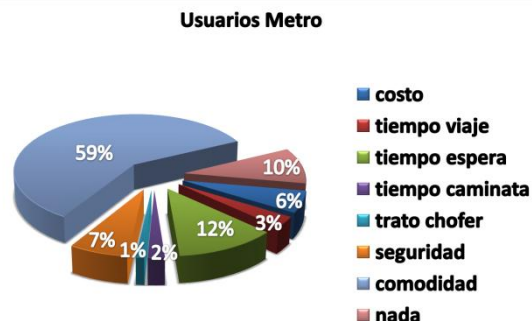
En síntesis, se tiene que los usuarios de bus vieron afectado principalmente su tiempo de viaje y espera, además del número de transbordos. Para el caso del bus-metro el deterioro se ve en el tiempo de espera y número de transbordos principalmente. Con respecto a los usuarios que usan taxi colectivo en alguna etapa, lo más afectado es el tiempo de espera. El caso del metro no muestra un deterioro marcado en ninguna de las variables de servicio, asociadas a tiempo y transbordos.

Anteriormente en la Figura 3.12 se vio que los modos más afectados por la fuga son metro (43%) y bus (33%). En el caso del bus la explicación sería evidente ya que como se mostró anteriormente, tiene deterioros importantes en distintas variables de servicio. Para el caso del metro, esto no sucede y hace buscar otras razones para explicar el porcentaje mayoritario que tiene entre los fugados. El paso lógico sería encontrar la razón dentro de otro tipo de variables de servicio como son seguridad, comodidad, trato del chofer, entre otras, las cuales fueron presentadas en la Figura 3.6.

Los resultados muestran que la comodidad y el tiempo de espera son los atributos más deteriorados. Esto hace pensar que la fuga de usuarios de metro sería por razones ligadas a la comodidad (fenómeno de hacinamiento).

En la Figura 3.19 se observa que los usuarios de metro declaran en un 59% que el atributo que más ha empeorado es la comodidad, lo que es superior que cuando se considera a todos los usuarios de Transantiago (41%, Figura 3.6) esto evidencia que la comodidad sería una variable de peso a la hora de emigrar del metro.

Figura 3.19: ¿Cuál es el atributo que más ha empeorado en su viaje al trabajo con la introducción de Transantiago?



3.2 Análisis comparativo entre los que abandonan y los que permanecen en el transporte público

En la sección anterior se hizo un análisis detallado de la muestra con el fin de entender mejor el contexto de los datos que se utilizan. Por otra parte se obtuvieron las primeras conclusiones acerca del perfil de los usuarios que abandonan el transporte público, así como también se esbozaron algunas razones de por qué esto se produce.

En esta sección se analiza con más detalle los datos con el fin de identificar las diferencias entre los usuarios que permanecen en transporte público y los que migran hacia transporte privado, comparando principalmente características y niveles de servicio de ambos tipos de usuario.

Cuando se habla de usuarios de transporte público, estos se pueden dividir en dos grandes grupos, dependiendo de la libertad que tengan para migrar hacia otros modos, estos son cautivos y no cautivos. En los estudios de demanda de Transporte, usualmente se ocupan datos de sección cruzada donde la componente tiempo no está presente, debido a esto los usuarios cautivos son definidos simplemente como aquellos que no tienen otras alternativas disponibles en el momento de la encuesta. Al introducir datos de panel existe una componente temporal que hace revisar los criterios de cautividad, ya que existe la posibilidad de que los usuarios ajusten su disponibilidad en el tiempo. Lo anterior se traduce en que los criterios de cautividad no sean absolutamente determinísticos, sino que son función de las distintas características de los individuos, como el ingreso, acceso al crédito, número de autos en el hogar, entre otros.

Reconocer la posibilidad de que los individuos ajusten su disponibilidad en el tiempo es algo absolutamente sensato, pero a la vez una tarea muy difícil de abordar ya que predecir cuáles usuarios ajustan su disponibilidad y cuáles no, se transforma en un problema igual sino más complejo que saber qué modo ocuparán en el futuro. De acuerdo a lo anterior se considera para el análisis que un usuario que en la ola t es cautivo del transporte público, en la ola $t+1$ también lo

es, ya que el interés es poder predecir la fuga en $t+1$ dadas las características del individuo, hogar, disponibilidad, modo y variables de servicio en t .

De ahora en adelante se compara a los usuarios fugados con los que permanecen dentro del grupo de los no cautivos, ya que considerar a los cautivos provoca distorsiones en el análisis de por qué algunos usuarios “deciden” permanecer y otros no. El análisis consiste en comparar siempre entre la ola donde se constata la fuga o la permanencia y la anterior en que se tiene datos del encuestado.

Para ver qué atributos son más relevantes en identificar la migración desde el sistema público, se definen indicadores que permiten ver de la forma más clara posible este hecho. Una forma de pensar esto es viendo la relación que existe entre los usuarios que permanecen y migran para un atributo o característica dada. Un ejemplo para entender la metodología empleada, es considerar una muestra de 100 usuarios de transporte público (todos no cautivos) de los cuáles 20 migran hacia el transporte privado, con la muestra anterior se estudia el efecto del género en la migración hacia el transporte privado. Se tiene que de los 20 que migran 8 son mujeres, por lo tanto el porcentaje de mujeres que abandona dentro del total de usuarios que abandonan es $8/20$ lo que es igual al 40%. Por otro lado 40 de los usuarios que permanecen son del género femenino, por lo que el porcentaje de mujeres que permanecen dentro del total de usuarios que permanecen es $40/80$ o el 50%. Al comparar ambos porcentajes 40%/50% se obtiene un valor de 0.8, al obtener un valor significativamente cercano a 1 se podría decir que el género no sería una característica determinante que distingue a los usuarios que abandonan de los que permanecen en el transporte público. El análisis anterior sirve de forma exploratoria para sentar hipótesis relacionadas con el abandono, la prueba estadística de sí o no es una característica que influye en el abandono, se hace posteriormente en la calibración de modelos de fuga o migración.

A continuación se define el caso general del ejemplo anterior, el cual se usa para analizar la muestra del panel de Santiago y captar patrones de fuga.

Sea A el total de abandonos del transporte público observados y P^{nc} el total de permanencias en el transporte público de usuarios no cautivos, además sea i la categoría que se desea analizar (por ejemplo género) y j las sub-categorías de ésta (por ejemplo femenino), se tiene que:

$$\%A_{ij} = \frac{A_{ij}}{A} \quad (3.1)$$

$$\%P^{nc}_{ij} = \frac{P^{nc}_{ij}}{P^{nc}} \quad (3.2)$$

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

$$R_{ij} = \frac{\%A_{ij}}{\%P^{nc}_{ij}} = \frac{A_{ij}/A}{P^{nc}_{ij}/p^{nc}} \quad (3.3)$$

Donde R_{ij} es la razón (radio) abandono-permanencia para la categoría i, segmento j, tal que:

$$R_{ij} = \begin{cases} < 1, & \text{característica de propensión a permanecer} \\ 1, & \text{no muestra propensión} \\ > 1, & \text{característica de propensión a abandonar} \end{cases} \quad (3.4)$$

Lo que se muestra en la ecuación (3.4) sirve para establecer criterios que ayudan a identificar qué categorías (i) y dentro de éstas, qué segmentos (j) están siendo más propensos al abandono. Cabe notar que entre más lejano el valor de 1 más fuerte es la propensión a abandonar o a permanecer, según lo mostrado en (3.4). Una de las primeras características a analizar será la relación origen de viaje-ingreso-abandono. Según la EOD 2006, Santiago tiene la siguiente distribución de ingreso por hogar por zona como se observa en la Figura 3.20 y la Figura 3.21.

En la Figura 3.20 se ve el porcentaje de hogares por nivel de ingreso para cada zona EOD (las mismas que se usaron para el análisis de origen en la Sección 3.1-Tabla 3.1). Se aprecia que las zonas con mayor número de hogares con ingreso bajo son la sur (59%), norte (53%), poniente (49%) y sur-oriente (44%) mientras que la oriente (22%) y centro (6%) presentan un menor número de hogares con bajo ingreso. La Figura 3.21 muestra el resumen de agrupar las zonas con mayor número de hogares de ingreso bajo (norte, poniente, sur y sur-oriente) de las que no (oriente y centro). Se puede ver que, de acuerdo a la agrupación establecida anteriormente, existen dos sectores altamente diferenciados nivel de ingreso en la ciudad de Santiago.

Figura 3.20: Zona y nivel de ingreso por hogar EOD 2006

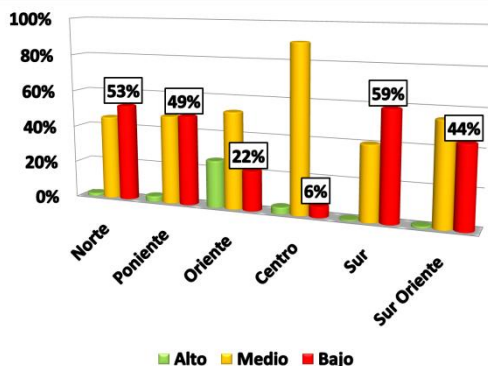
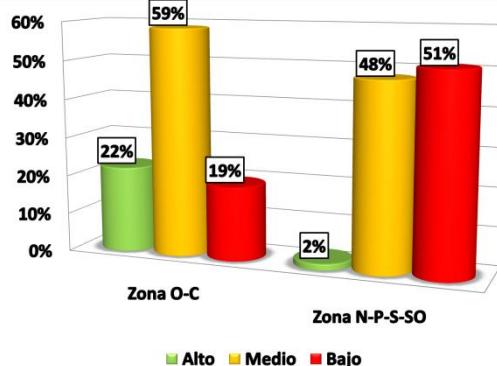
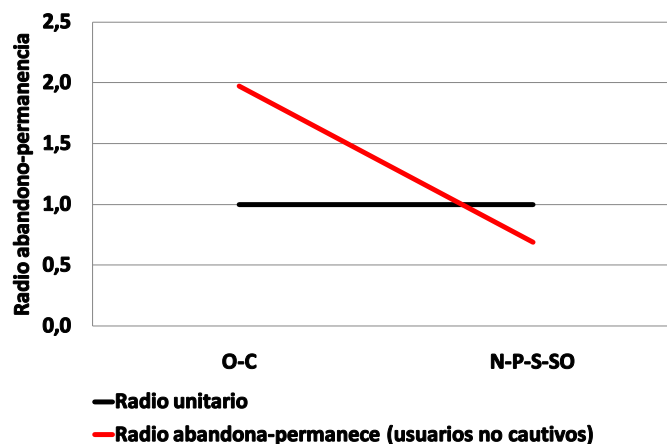


Figura 3.21: Zonas agrupadas y nivel de ingreso por hogar EOD 2006



La Figura 3.22 muestra el radio abandono-permanencia para la categoría zona de origen. Se puede ver que los usuarios de la zona agregada O-C (oriente-centro) la cual tiene un mayor ingreso presentan gran propensión a la fuga respecto de los usuarios de la zona de menor ingreso N-P-S-SO que son propensos a permanecer.

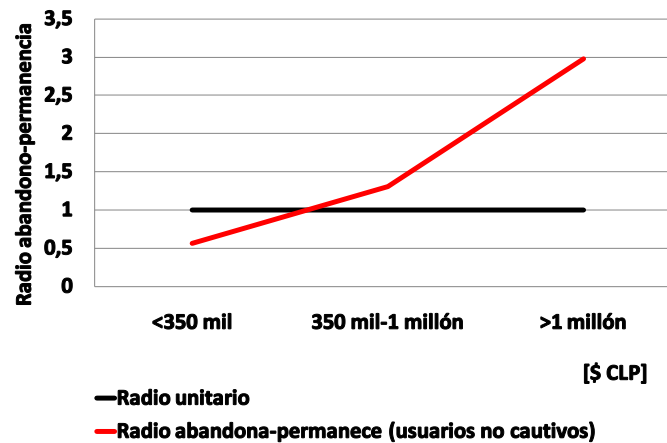
Figura 3.22: Radio abandono-permanencia según zona de origen



El análisis anterior muestra la relación entre zonas, su ingreso por hogar y su comportamiento respecto al abandono. A diferencia de la EOD, en el panel se cuenta con datos de ingreso personal del encuestado, éste podría inducir a errores, ya que es posible que individuos con ingreso bajo pertenezcan a hogares de ingreso alto, por el contrario individuos de ingreso mayor podrían ser la única fuente de ingreso de una familia. A pesar de estas limitaciones se analiza igualmente la relación abandono con ingreso personal de los usuarios, la cual se ilustra en la Figura 3.23. Se puede ver que los usuarios con mayor ingreso personal tienden a abandonar el transporte público más que los de menores ingresos. Las conclusiones anteriores en que se analizó por ingreso por hogar, se repiten para el caso de ingreso personal. En resumen, se concluye que el ingreso es una variable relevante a la hora de identificar usuarios potenciales de

abandonar el transporte público y que en la estructura de la ciudad de Santiago existen zonas donde hay más tendencia al abandono, debido al nivel de ingreso de éstas.

Figura 3.23: Radio abandono-permanencia según ingreso personal



Otro elemento a analizar es la relación entre el destino del viaje de los usuarios y el posible abandono del transporte público. En la base de datos con que se trabajó los destinos corresponden a seis lugares distintos, los que se agrupan en cuatro campus de la Pontificia Universidad Católica (PUC), ubicados en tres comunas de la ciudad de Santiago. Tal como se mostró en la Tabla 3.1 la distribución por destino de viaje es: Santiago (Casa Central, 60%), Macul (Campus San Joaquín, 35%), los que suman el 95%, y Providencia (5%). Para el análisis posterior sólo se tomará en cuenta Santiago y Macul, ya que la escasez de datos para Providencia no garantiza la confiabilidad de resultados.

Al considerar qué variables importan a la hora de elegir el modo de transporte a utilizar para acceder a un destino, sobre todo para ir al trabajo, una de las más importantes es el estacionamiento. Características relevantes del estacionamiento son: cercanía de éstos a los accesos del destino, capacidad y tarifa, en el caso de que no sean gratuitos.

Los usuarios de transporte público al considerar la opción de emigrar hacia el automóvil, ven aumentada la probabilidad de fuga al tener estacionamientos cercanos al acceso, de gran capacidad y gratuitos.

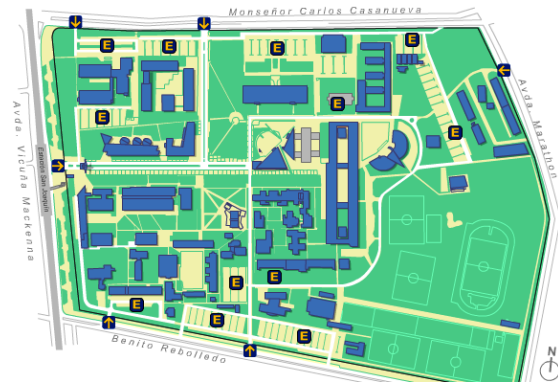
En la Figura 3.24 se muestra los estacionamientos y accesos de la Casa Central de la PUC. Se observa que hay cuatro complejos de estacionamientos cercanos a los accesos, todos con plantas subterráneas y con cobro de tarifa. En cuanto al campus San Joaquín (Figura 3.25), se ve un gran número de estacionamientos de superficie al interior del campus, los que se encuentran cercanos a las distintas facultades y el centro médico. A diferencia del caso de la Casa Central los estacionamientos eran gratis para la fecha de análisis.

Figura 3.24: Estacionamientos y accesos Casa Central



Fuente: http://www.uc.cl/campus/cc/casa_central.html

Figura 3.25: Estacionamientos y accesos San Joaquín

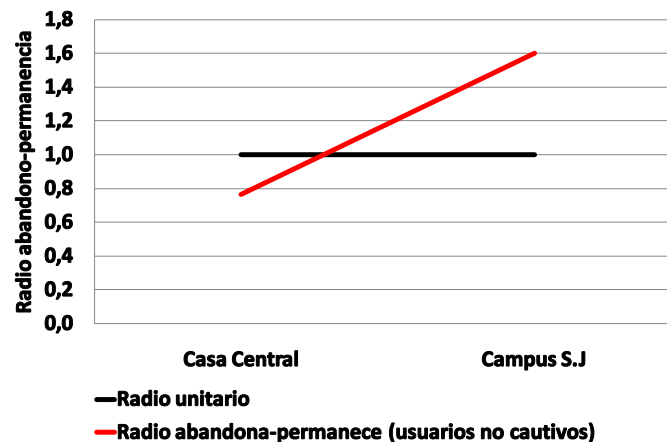


Fuente: http://www.uc.cl/campus/sj/san_joaquin.html

Además de las características propias de los estacionamientos es importante establecer características del entorno y accesibilidad. Ambos destinos tienen sus principales accesos en avenidas importantes dentro de la ciudad (Alameda-Casa Central y Vicuña Mackenna-Campus San Joaquín), además estos tienen una estación de metro en las cercanías (Universidad Católica-Casa Central y San Joaquín- Campus San Joaquín). Las diferencias tienen más relación con el entorno, uno está en el sector céntrico de la ciudad rodeado de comercio y servicios (Casa Central), mientras que el otro se encuentra en una zona con características de residencial-industrial (Campus San Joaquín).

En la Figura 3.26 se muestra el radio abandono-permanencia para la categoría destino de viaje. Se puede ver que la tasa fuga-permanencia indica que los usuarios que tienen como destino el Campus San Joaquín son más propensos a la fuga en comparación con los usuarios que tienen destino Santiago. Al unir esto con el análisis de las instalaciones de estacionamientos que se hizo anteriormente, es posible establecer una correlación entre el no pago por estacionamiento y una tendencia al abandono de los usuarios de transporte público.

Figura 3.26: Radio abandono-permanencia según destino (estacionamiento)



En Figura 3.27 se muestra la tendencia a abandonar el transporte público según tramo de edad. Se puede ver que hasta los 34 años el porcentaje de usuarios dentro del grupo de los que abandonan es mayor al de los que permanecen (radio mayor que uno), esto cambia para el rango de edad entre los 35 a 50 años donde el radio pasa a ser menor que uno, por último para los mayores de 50 años se recupera la tendencia inicial. Una posible explicación a esto, es lo que relaciona la edad de los usuarios con las etapas de la vida o también llamado ciclo de vida (Goodwin, 2007) y el número de personas en el hogar. Anteriormente en la Figura 3.13 se mostró que la mayoría de los usuarios que abandonan el transporte público lo hacen a modos que tienen al automóvil incluido, debido a esto se simplificará el análisis enfocándolo a este tipo de transporte.

Figura 3.27: Radio abandono permanencia por grupo etario

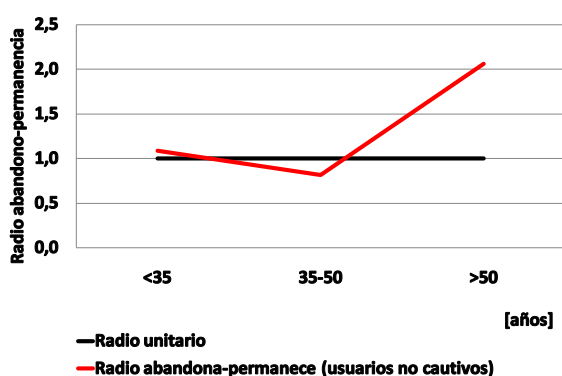


Figura 3.28: Porcentaje de abandonos y permanencias (cautivos y no cautivos) por grupo etario

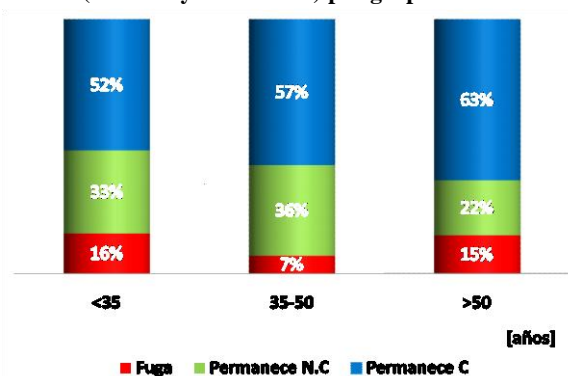


Figura 3.29: Caracterización de grupos etarios EOD 2001

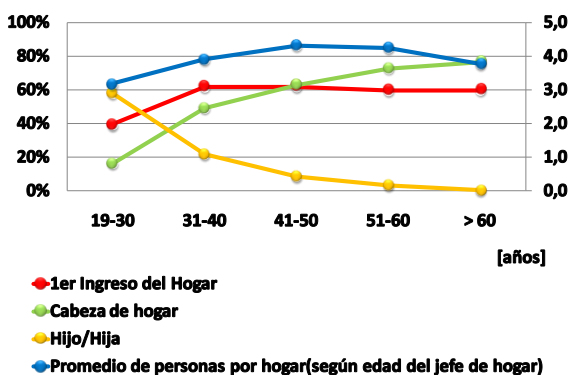
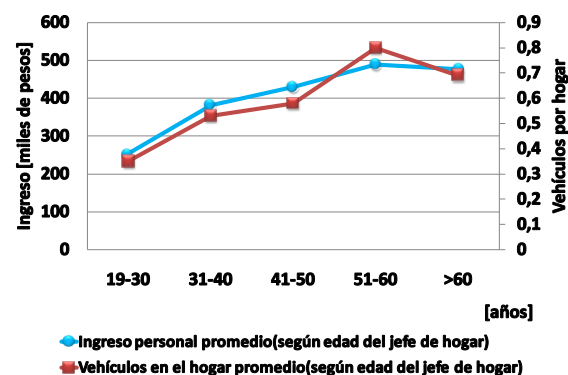


Figura 3.30: Estadísticas por edad del jefe de hogar EOD 2001



Para explorar esta hipótesis, se realiza un análisis de las principales características demográficas de los distintos grupos etarios. Al no tener la data necesaria para realizar este análisis, se optó por utilizar un procesamiento de datos basados en la EOD 2001 (Olguín, 2008) lo cual no presentaría un inconveniente para extraer algunas relaciones y conclusiones. La Figura 3.29 muestra para distintos tramos de edad el porcentaje de personas que son el primer ingreso del hogar, cabeza de hogar, hijo o hija, así como también el número promedio de personas por hogar según la edad del

jefe de familia. Se observa que hasta los 30 años el porcentaje de personas que son cabeza de hogar y primer ingreso del hogar, es el más bajo dentro de las distintas fases de la vida, a su vez en esta etapa un gran porcentaje (cerca del 60%) se clasifica como hijo(a) del jefe de familia. En resumen, las personas de hasta 30 años tienen menos responsabilidades en cuanto a carga familiar lo que se traduce en que su ingreso disponible muchas veces sea utilizado solo en su propio beneficio. Debido a esto tienen más posibilidades de comprar un automóvil o en su defecto hacerse cargo de los gastos operacionales de uno que ya esté en el hogar, lo que deriva en que sean más propensos a abandonar el transporte público que en otras etapas de la vida.

En el segmento que va de los 31 hasta 50 años, se produce un aumento y posterior estabilización tanto del número de personas por hogar como del porcentaje de personas que son primer ingreso del hogar. Como es de esperar, el porcentaje de hijos(as) según los tramos de edad va disminuyendo. Lo anterior se traduce en que las personas en el rango 31 a 50 años ya tienen más responsabilidades y familias más numerosas. Como se observa en la Figura 3.30, entre los 31 y 50 años también existe un aumento paulatino del número de autos por hogar y del ingreso del jefe de hogar. Se desprende de este análisis que este aumento no es suficiente para absorber la mayor carga familiar, lo que derivaría en un menor abandono de los usuarios en este tramo de edad.

Después de los 60 años el número de personas por hogar disminuye, mientras que el porcentaje de primer ingreso familiar se mantiene. A su vez en la Figura 3.30 se observa que a partir de los 60, después de lograr el pick en ingreso y número de vehículos, éstos comienzan a decaer hasta un nivel similar al del tramo 41-50 años. Lo anterior establece que la disminución de personas en el hogar es suficiente para que, a pesar de la baja en vehículos e ingreso, exista una mayor disponibilidad y vehículos para hacer más propensa la fuga.

Por último, en la Figura 3.28 se puede ver los porcentajes de fuga y permanencia para cada grupo etario. Es interesante notar que a medida que pasan los años existe un mayor número de usuarios cautivos, lo que no se traduce en un menor número de fugas.

La Figura 3.31 muestra la relación porcentual entre los usuarios que abandonan y los que permanecen en el transporte público, según la respuesta para cada respuesta declarada por los usuarios de Transantiago a la pregunta: En comparación a antes de Transantiago, ¿hoy su viaje al trabajo es?: mucho peor, peor, igual, mejor o mucho mejor. Para efectos del análisis las respuestas mucho peor y peor se agrupan en peor (*), lo mismo para el caso de mejor y mucho mejor que se agrupan en mejor (*). Se observa que para la alternativa “peor”, la tendencia es marcada hacia el abandono, mientras que para aquellos que declararon “mejor” la tendencia es hacia la permanencia. En el caso de la respuesta “igual” se puede decir que no hay claridad (radio cercano a uno). La Figura 3.32 muestra el porcentaje de fuga y permanencia según la respuesta declarada por el usuario, donde se destaca que a medida que empeora la respuesta hay un mayor porcentaje de cautivos y de fugados. De las dos figuras anteriores, se puede extraer que la

percepción del viaje actual que declaran los usuarios sería un buen indicador de un posterior abandono del transporte público.

Figura 3.31: Radio abandono permanencia según percepción del viaje

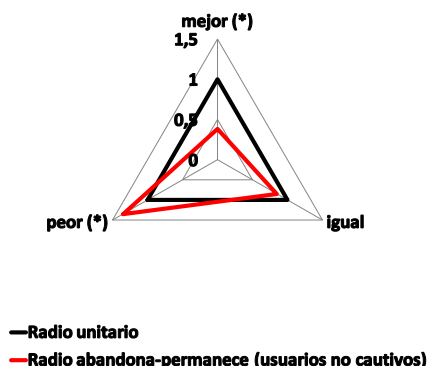
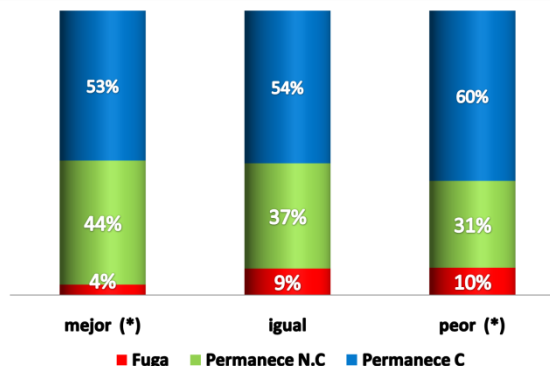


Figura 3.32: Porcentaje de abandonos y permanencias (cautivos y no cautivos) según Percepción del Viaje



En esta sección se vio en mayor detalle algunas causas y características que diferencian a los usuarios que abandonan de los que permanecen en el transporte público. Entre lo que se pudo concluir está que el ingreso (del hogar y personal) condicionan el abandono. Esto era de esperar, ya que el modo por excelencia donde llegan los usuarios que abandonan es el automóvil el cual presenta un costo monetario mayor que el transporte público en la mayoría de los casos. Además del ingreso se pudo verificar que características asociadas al destino, tales como cuán accesible es el estacionamiento, influyen en la decisión de migrar del transporte público. Se rescata también que el grupo etario en que se encuentra el usuario también cobra importancia a la hora de clasificarlo como uno propenso al abandono. Un hecho importante de destacar es lo analizado a partir de la Figura 3.31, donde se vio que la forma en que perciben los usuarios el sistema de transporte sería un buen predictor de una posterior fuga hacia otros modos. Es importante destacar que éstas son solo algunas características que se relacionan con el abandono, las cuales fueron analizadas en detalle como consecuencia de corroborar algunas hipótesis encontradas en la literatura.

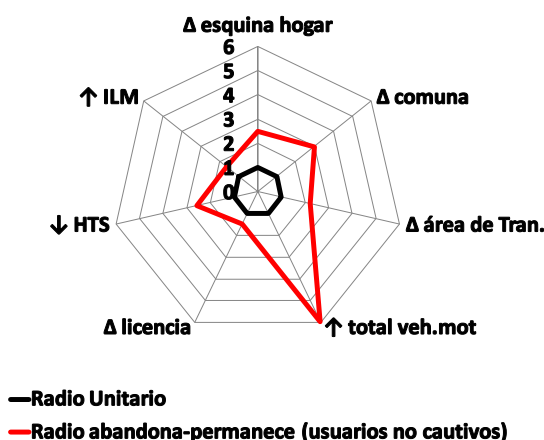
3.3 Análisis comparativo de las variaciones en el tiempo entre los que abandonan y permanecen en el transporte público

En la sección 3.2 se analizaron las características más relevantes de los usuarios que abandonan el transporte público. Esto fue hecho analizando los datos de la ola anterior a la fuga o permanencia, de modo de identificar el perfil de usuarios que presentan síntomas de abandono. Además de lo anterior, es importante analizar los cambios tanto de las características como de las variables de servicio que afectaron a los usuarios, de modo de identificar cuáles fueron las variaciones más relevantes que afectaron a los usuarios que decidieron abandonar.

Lo primero es analizar los cambios en las características de los usuarios y sus hogares, comparando al igual que la sección anterior, el porcentaje de cada categoría dentro del grupo de fugados con el del grupo de aquellos que permanecen en el transporte público.

La Figura 3.33 muestra los resultados de este análisis. El símbolo Δ se refiere a cambio, mientras que \uparrow y \downarrow significan aumento y disminución respectivamente. Cabe destacar que para el análisis de esta sección solo se analiza el aumento o disminución como variable binaria. No se verá cuanto o en qué porcentaje aumentó y disminuyó cada característica, tanto por razones de escasez de datos para tener resultados confiables a ese nivel de detalle, como por la dificultad de exponerlos en forma sintética y comprensible. Se reconoce eso sí la importancia de llegar a ese nivel de detalle en posibles investigaciones futuras.

Figura 3.33: Cambios en Características de Encuestados y sus Hogares



Se ve que los usuarios que abandonan presentan, ordenado de la más a la menos relevante, mayor porcentaje de cambios en aumento de vehículos motorizados, cambio de comuna, disminución de horas de trabajo semanal, cambio de domicilio (esquina hogar), cambio de área de servicio alimentador (área Transantiago) y obtención de licencia.

Una de las cosas más importantes a analizar, es la relación entre la variación en los niveles de servicio y el abandono, ya que permite ver el efecto en la mejora o empeoramiento de un servicio en el abandono del transporte público. La Figura 3.34 muestra los cambios en las variables de servicio entre el modo de transporte público original y el mismo modo en la ola siguiente, donde se verifica la permanencia o el abandono. Cabe destacar que debido al gran cambio estructural que provoco la implementación de Transantiago, muchos usuarios ya no tienen disponible el modo de transporte que utilizaban anteriormente, esto sucede también en algunos casos para aquellos que se cambian de domicilio, por eso no es posible comparar los niveles de servicio del mismo modo entre las dos olas de análisis para todos los usuarios.

Figura 3.34: Cambios en Variables de Servicio de Modo de Transporte Público Original

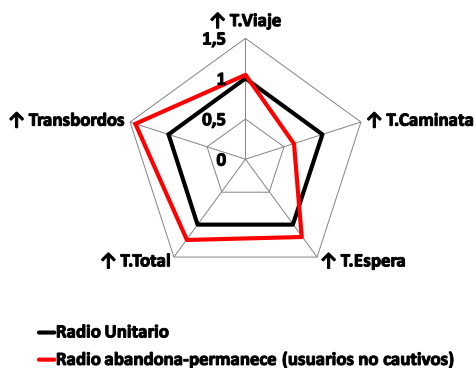
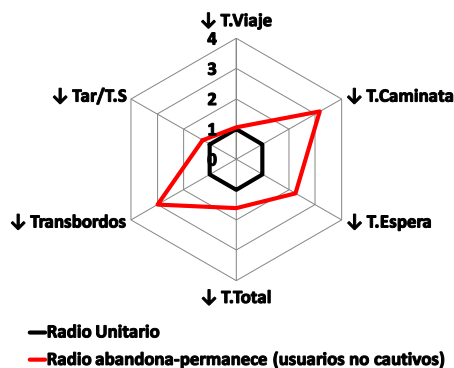


Figura 3.35: Cambios en Variables de Servicio Entre Modo y Transporte Público Anterior



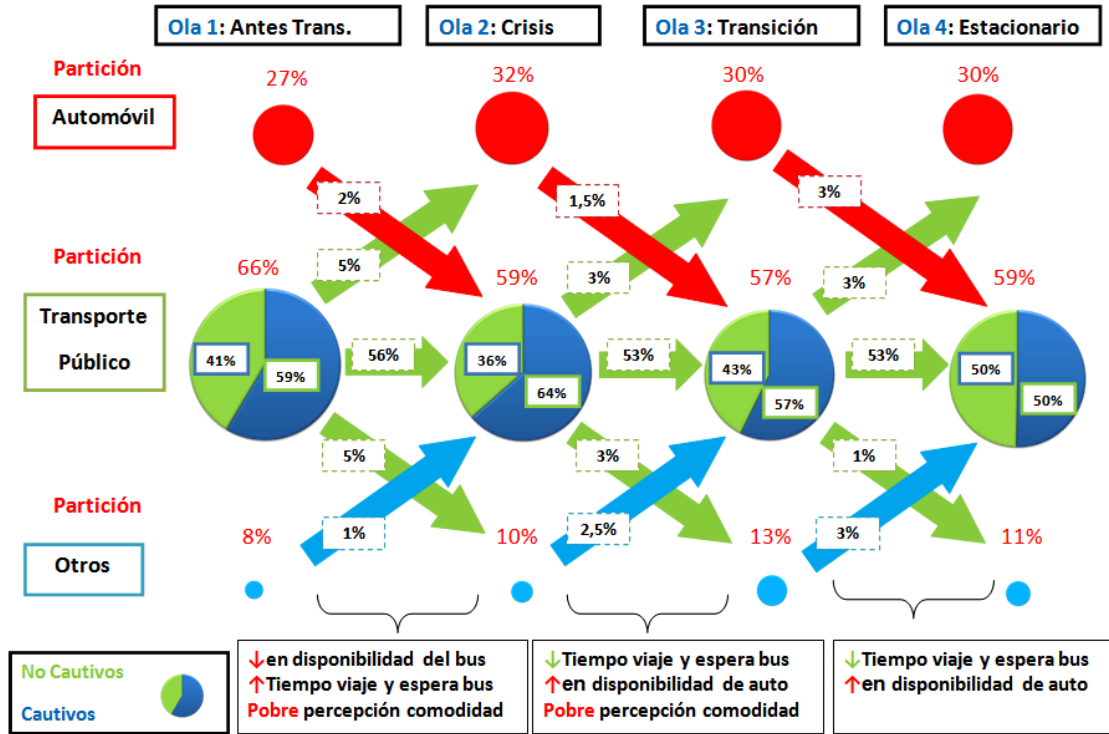
Se observa que el grupo de fugados tuvo un mayor porcentaje de aumento en tiempo de espera y transbordos. Destaca que en el tiempo de viaje no hay mayor diferencia entre los que abandonan y los que permanecen. Es importante mencionar que el caso de la tarifa no será analizado ya que ésta es igual para todos los usuarios.

La Figura 3.35 muestra la diferencia en las variables de servicio entre el modo de transporte público original y el modo por el que abandona (o el mismo modo, en el caso que permanezca) en la ola siguiente en la cual se verifica la permanencia o el abandono.

Se observa que en general los que abandonan el transporte público porcentualmente tienen mejoras en casi todos los ítems comparándolos con los que permanecen. Esto es de esperar ya que al cambiar de modo generalmente se obtiene una mejora en los niveles de servicio. Destaca que para los casos de la tarifa/tasa salarial y del tiempo de viaje no se percibe mayor diferencia entre los que abandonan y aquellos que permanecen.

La Figura 3.36 muestra un resumen de las transferencias de partición modal entre olas para los usuarios de transporte público, automóvil y de otros modos, además de mostrar los cambios más relevantes desde el punto de vista de los niveles de servicio.

Figura 3.36: Resumen Cambios y Transiciones por Ola



En resumen, en este capítulo se analizó la base de datos de panel, partiendo de lo más general y terminando en lo más particular. El análisis se enfocó en conocer el perfil de los usuarios que abandonan el transporte público, comparándolos principalmente con aquellos que permanecen. Entre lo más importante que se logró identificar, fue que la fuga está muy relacionada con el ingreso tanto del hogar como personal del usuario. Por otro lado, se pudo comprobar que la edad del individuo y su rol dentro del hogar es importante para establecer el riesgo de fuga asociado a cada usuario. Otro de los factores que influirían fuertemente en la fuga, especialmente hacia el automóvil, sería la de tener estacionamientos gratuitos en el destino. Se observó que la percepción que tienen los usuarios del viaje actual sirve en alguna medida como termómetro para establecer posibles abandonos futuros.

Analizando el nivel de servicio que experimenta cada usuario, se vio que los usuarios de bus y bus-metro, en promedio, sufrieron deterioros en los niveles de servicio, principalmente en lo que respecta a tiempo de espera, transbordos y tiempo de viaje, este último más evidente en los usuarios de bus. Para el caso de los usuarios de metro no hubo un deterioro ostensible de las variables de servicio asociadas al tiempo y transbordos. En cuanto a la percepción de los usuarios en general estos percibieron que lo que más empeoró con la introducción de Transantiago, fueron el tiempo de espera y la comodidad. Para el caso específico de los usuarios de Metro la mala percepción de la comodidad fue aún más evidente.

Lo anterior fue desde el punto de vista de analizar a los usuarios una ola de datos antes de constatar el abandono o permanencia, algo que complementa lo anterior es saber qué cosas cambiaron entre ambas olas y si existe una correlación entre las variaciones y el abandono. Se pudo constatar, como era de esperarse, que efectivamente los que abandonan experimentaron cambios en un mayor porcentaje que aquellos que permanecen, destacándose por ejemplo, más cambios de domicilio, mayor número de aumentos de ingreso, disminuciones de horas de trabajo semanal, así como también mayor aumento en tiempo de espera y transbordos.

Este capítulo se enfocó en identificar cuáles son los usuarios de transporte público que abandonan y qué características tienen, además de analizar los cambios que experimentaron en las variables de servicio para establecer cuáles fueron las que provocaron mayor impacto en los usuarios, todo desde un punto de vista de la demanda. En un capítulo posterior se analizará la calidad de servicio analizando a la oferta así como también el nivel de satisfacción de los usuarios con respecto a ésta.

4 Análisis de datos sobre satisfacción, índices de calidad de servicio y evasión

Con lo visto en los capítulos anteriores de esta tesis, se puede tener una idea general sobre los usuarios de transporte público más susceptibles a abandonar. En el proceso de entender mejor el fenómeno del abandono, se ha estudiado algunas hipótesis extraídas de la literatura relacionada con el tema, explorando y analizando la base de datos del panel de Santiago.

A pesar de la gran variedad de datos que se tiene en la muestra de panel, es importante complementarlos con otras fuentes que permitan entender mejor el tema. Los datos que complementan el análisis se pueden dividir principalmente en tres grupos: satisfacción, índices de calidad de servicio y evasión. La satisfacción que percibe un usuario por el servicio entregado, agrega una dimensión más al entendimiento de por qué éste podría abandonar el sistema público, siendo importante para respaldar conclusiones que se extraen al analizar variables típicamente medidas (tiempo de viaje) y al medir aquellas que difícilmente pueden ser extraídas directamente (hacinamiento).

La percepción que tienen los usuarios sobre el servicio es consecuencia directa de cuan bueno o malo es éste, por lo tanto es de gran importancia tener una medida cuantitativa que indique el rendimiento del servicio. Esto se analiza mediante diversos indicadores que miden el rendimiento de los operadores de Transantiago.

El último grupo de datos que se analiza en este capítulo es el que mide la evasión del pago de la tarifa por parte de los usuarios. Este fenómeno ha cobrado gran relevancia en los últimos tiempos en la ciudad de Santiago, ya que no ha sido posible bajar la alta tasa de evasión que se ha observado. Una de las hipótesis interesantes de corroborar, es si el no pago de la tarifa está relacionado con bajos niveles de servicio.

En resumen se postula, inicialmente que podría existir una relación entre percepción, calidad de servicio y evasión. Una hipótesis interesante es si la evasión puede ser considerada como una forma de abandonar el transporte público por parte de usuarios que no pueden migrar hacia otros modos (usuarios cautivos).

Antes de seguir con el análisis detallado es importante recordar que estas nuevas bases de datos son externas al panel de Santiago, por lo que no están relacionadas necesariamente con los encuestados en el panel; eso sí, existen ciertas conexiones como el contexto temporal en que se hicieron las encuestas, así como también que en todos los casos las encuestas fueron dirigidas a usuarios del transporte público, en especial usuarios de Transantiago.

4.1 Satisfacción

La primera fuente de datos a analizar es la que sirvió de base para el estudio de calidad de servicio realizado para Transantiago (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, MTT 2008). En el informe de este estudio uno de los capítulos tiene relación con el grado de satisfacción de los usuarios del servicio, donde una muestra de usuarios de bus fue encuestada con diversas preguntas sobre la calificación que asignaban (de 1 a 7) y nivel de calidad que otorgaban (muy malo, malo, regular, bueno y muy bueno) al servicio de bus, así como también que calificaran con nota (1 a 7) distintos atributos del servicio. En este informe fueron utilizados datos de una muestra tomada en noviembre de 2007, pero además de éstos, se cuenta con información de mayo del mismo año de un pre informe del mismo estudio. El contexto temporal basándose en la Figura 3.1 mostrada al inicio del capítulo 3, muestra que las fechas con que se cuenta están entre los períodos de “crisis” y “transición” del sistema.

Como se dijo anteriormente, el estudio de calidad de servicio tiene una gran cantidad de información por lo que es importante mostrar solo la que tenga relación con conclusiones e hipótesis ya vistas, de modo de ir construyendo la base que permita entender el abandono. Una cosa interesante de analizar es la relación, tanto de la edad como del ingreso, con el nivel de satisfacción por el servicio, ya que como se vio antes ambas variables estarían relacionadas con el abandono.

Figura 4.1: Satisfacción por el servicio (nota) por grupo etario

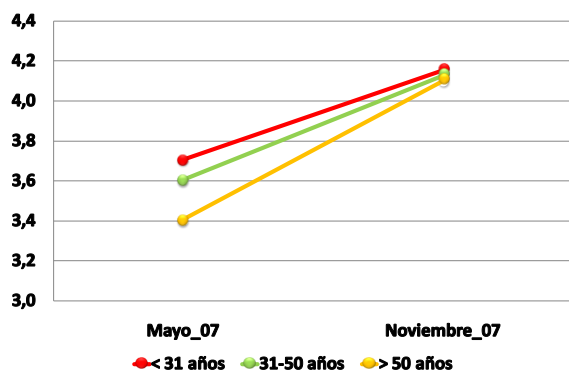
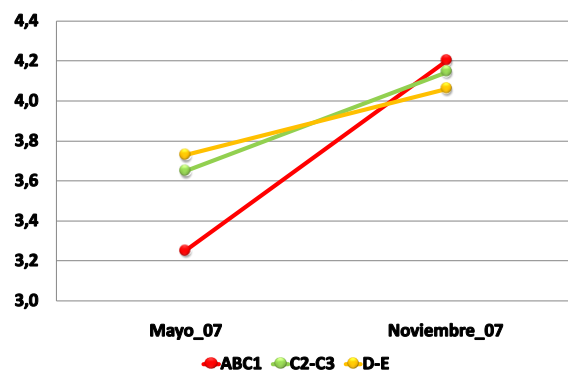


Figura 4.2: Satisfacción por el servicio (nota) por grupo socioeconómico (GSE)



Al analizar la Figura 4.1 se ve que en una fecha más cercana a la “crisis” de Transantiago existía en general bajo nivel de satisfacción por parte de todos los grupos etarios ya que todos calificaban con nota roja el servicio, destacándose especialmente el grupo de personas mayores de 50 años con la peor calificación (3,4). Al pasar el tiempo, en la fecha que corresponde a un periodo más de transición, la nota por el servicio mejoró (superior a 4,0) y se hizo más homogénea para todos los grupos, no distinguiendo a priori diferencias significativas entre ellos.

La Figura 4.2 muestra que en el periodo cercano a la “crisis” todos los grupos socioeconómicos calificaban con nota menor a cuatro (límite de lo que se entiende como aprobación) el servicio, destacando por sobre el resto la baja nota del grupo ABC1 (el de mayor ingreso) la cuál era cercana a 3,2. Al transcurrir el tiempo se observa que la nota de los grupos socioeconómicos se homogenizaron y superaron el 4,0.

Ya analizada la relación de grupos etarios y socioeconómicos con la satisfacción general con el servicio, es importante ver el vínculo de ésta con el grado de satisfacción que se tiene por diversas características específicas del servicio.

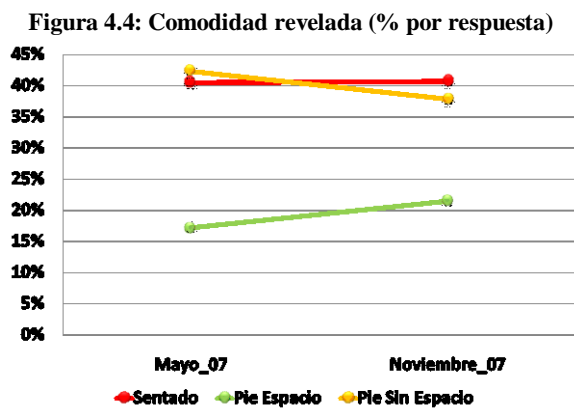
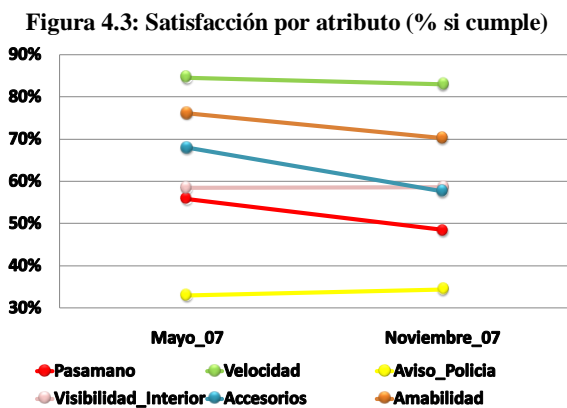
La Tabla 4.1 resume los atributos que influyen en la satisfacción de los usuarios, agrupados según cinco aspectos (seguridad, viaje y tiempo de espera, precio o tarifa, confort y trato del conductor), los que a su vez se dividen en distintos subgrupos. En general se ve que la mayoría de los atributos son evaluados a través del cumplimiento de un estándar de servicio (1 si cumple 0 si no), salvo las variables relacionadas con el tiempo y tarifa (tramos de tiempo y tarifa) y la relacionada con la comodidad que consta de tres categorías. Es importante destacar que las variables tarifa y tiempo, son sólo variables de contexto que no entregan directamente resultados que miden la satisfacción, por lo cual no son consideradas en el análisis siguiente.

Tabla 4.1: Atributos considerados para evaluación de servicio

Aspecto	Subgrupo de aspectos	Atributos(abreviación)	Respuestas
Seguridad	Prevención de accidentes	Pasamanos al interior del bus (Pas)	1 Pilares y pasamanos adecuados 0 Caso contrario
		Velocidad del bus y cerradura de puertas (Vel)	1 Bus viaja a velocidad adecuada y con puertas cerradas 0 Caso contrario
	Delincuencia	Actitud del conductor ante ilícitos (Avi)	1 Conductor informa si hay delito al interior del bus 0 Caso contrario
		Visibilidad interior (Vis)	1 Conductor tiene buena visibilidad de día y noche 0 Caso contrario
Viaje y tiempo de espera		Tiempo de espera en paraderos (T_E)	Valor numérico [0,120] minutos
		Tiempo de viaje (T_V)	Valor numérico [0,120] minutos
Precio o tarifa		Valor del pasaje (Tar)	Valor numérico \$
Confort	Mantenimiento del bus	Estado de los accesorios del bus (Acc)	1 Accesorios en buenas condiciones 0 Caso contrario
	Nivel de ocupación del bus	Disponibilidad de asientos y aglomeración de pasajeros (1 Sen,2 PieE)	1 Pasajeros viajan sentados 0 Caso contrario
Trato del chofer		Actitud del conductor (Ama)	1 Chofer amigable y respetuoso 0 Caso contrario

Fuente: MTT (2008)

La Figura 4.3 muestra el porcentaje de aprobación de cada atributo (excepto comodidad) para los meses de mayo y noviembre del 2007. Entre lo que más destaca son los atributos “velocidad” y “amabilidad” con porcentaje sobre el 80% y sobre el 70% respectivamente, mientras que por otro lado el atributo “aviso policía”, asociado a la seguridad, es el que menos aprobación posee (bajo un 40%). En cuanto a cómo varían en el tiempo, se observa que ningún atributo sube en su aprobación en forma importante, incluso algunos bajan como el caso de “amabilidad”, “accesorios” y “pasamano” lo que reflejaría un deterioro en el trato a los usuarios y un deficiente mantenimiento de los buses.

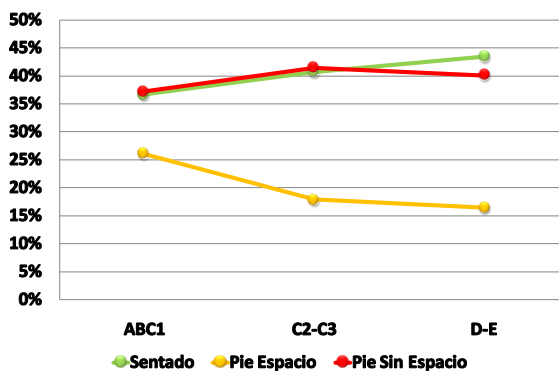


Para el caso de la comodidad se tiene un gráfico aparte, debido a su importancia a priori, además que a diferencia de los otros atributos posee tres posibles respuestas. La Figura 4.4 muestra el resultado que se obtuvo para ambos cortes temporales. Se observa que para ambas fechas la respuesta que tiene menor porcentaje es de “pie con espacio” lo que desprende que existiría alto grado de hacinamiento en los buses. También se ve que existe una leve alza de la variable “de pie con espacio” lo que refleja una mejora en el nivel de hacinamiento del sistema.

Como ya se vio anteriormente (Figura 4.2) es posible identificar vínculos entre los grupos socioeconómicos y la satisfacción por un atributo en particular. El atributo considerado es confort ya que éste mide de forma indirecta el grado de hacinamiento al interior de los buses, atributo de gran relevancia en la contingencia asociada a Transantiago y el sistema de transporte público en general.

En la Figura 4.5 se ve que en promedio (agregando las observaciones de ambos meses), a mayor ingreso más usuarios viajan de pie con espacio, destacándose una diferencia significativa entre el grupo de mayor ingreso (ABC1) y los demás, lo que indica que los usuarios con mayor ingreso, realizan sus viajes con un nivel de hacinamiento menor.

Figura 4.5: Comodidad revelada (% por respuesta) según grupo socioeconómico



A modo de resumen, los datos sobre la satisfacción en buses de Transantiago, revela que la satisfacción general ha mejorado entre los periodos de “crisis” y “transición” pasando de una nota promedio de reprobación a la aprobación mínima (nota 4,0). Se vio además que en un comienzo las diferencias entre grupos etarios y socioeconómicos eran mayores, destacando la baja aprobación de los usuarios mayores de 50 años y aquellos pertenecientes al grupo de mayores ingresos, las cuales fueron desapareciendo en el tiempo.

En cuanto a los atributos, se destaca un alto porcentaje de aprobación (sobre el 70% para ambos cortes temporales) de la variable “velocidad” y “amabilidad”. El atributo confort revela la existencia de un considerable grado de hacinamiento dentro de los buses aunque la tendencia revela que esto ha mejorado entre los periodos de “crisis” y “transición”.

Además de las conclusiones extraídas directamente de los datos, se puede analizar los resultados de la calibración de distintos modelos que miden la importancia de cada atributo en la satisfacción hacia el servicio. Tanto en el pre-informe como el informe definitivo del estudio de calidad de servicio (MTT, 2008), fueron calibrados modelos, por lo que se pueden comparar los resultados de los dos cortes temporales considerados. De acuerdo a los resultados de la modelación, la variables más importantes en explicar la satisfacción por el servicio resultaron ser la tarifa y viajar de pie con espacio, tanto en Mayo como Noviembre 2002. El resultado anterior ayuda a comprender la importancia de comodidad, a veces incluso sobre variables relacionadas con los distintos tiempos involucrados en el viaje.

Los datos utilizados anteriormente para analizar la satisfacción tienen la desventaja de que sólo incluyen usuarios de buses, lo que deja de lado a los usuarios de metro. Sin embargo, para el caso de los usuarios de metro se cuenta con datos de satisfacción facilitados por la propia empresa (Metro S.A) para los años comprendidos entre el 2005 y el 2009.

Los resultados de estas encuestas de satisfacción presentan para cada ítem y sub-ítem, agrupando porcentualmente los usuarios que calificaron el atributo del servicio entre los rangos 1 a 4, 5 y 6 a

7. Los atributos considerados son: atención al usuario, comodidad durante el viaje, comodidad en la estación, arte y cultura, fiabilidad y tiempo de viaje, imagen, medio de pago, seguridad, tarifa y satisfacción general.

Las figuras, Figura 4.5, Figura 4.7, Figura 4.8 y Figura 4.9, muestran algunos de los atributos considerados en la encuesta de satisfacción de Metro S.A entre los años 2005 al 2009. Se destaca que en todos los atributos el porcentaje de usuarios que calificaron con nota de 6 a 7 sufrió una ostensible caída entre el año 2006 y 2007 lo que coincide con la puesta en marcha de Transantiago, luego se observa una lenta recuperación la cual no alcanza el nivel que se tenía antes de la puesta en marcha del nuevo sistema. Cabe notar que la baja entre el porcentaje que evalúa con nota de 6 a 7 se repartió en forma equitativa entre los usuarios que califican con nota 5 y con nota de 1 a 4.

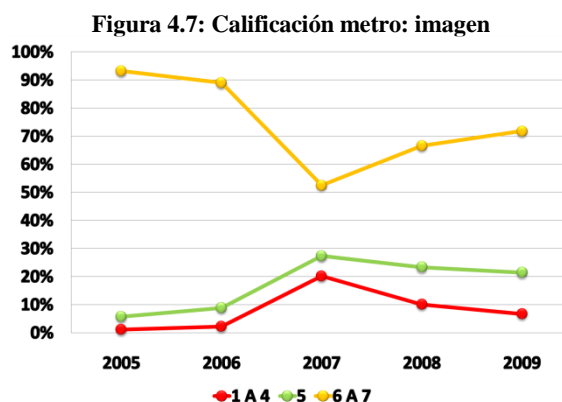
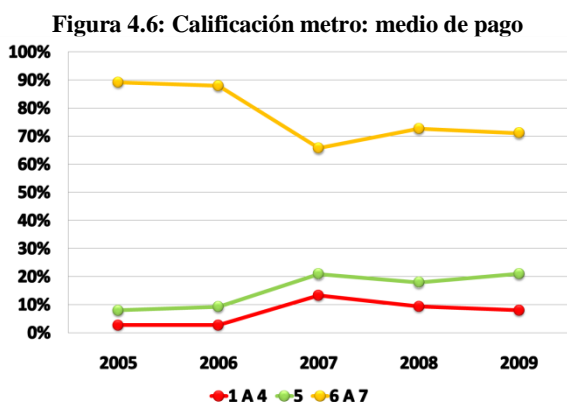


Figura 4.8: Calificación metro: fiabilidad y tiempo de viaje

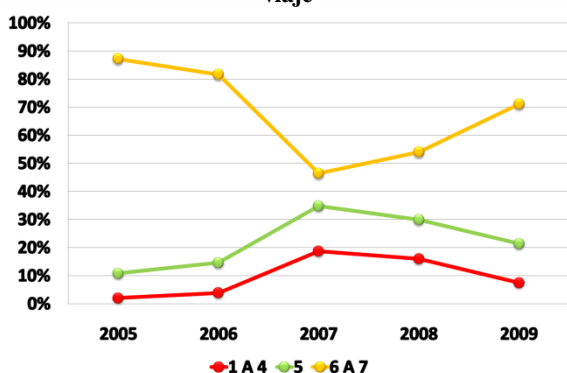
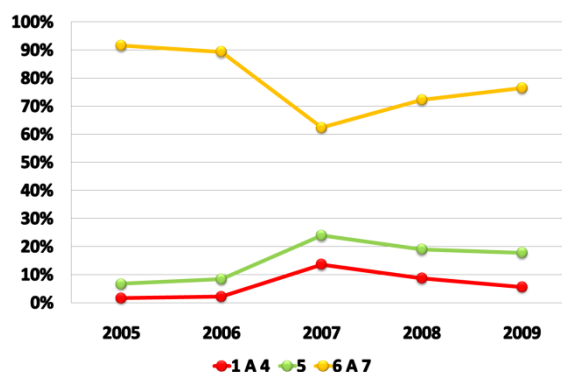


Figura 4.9: Calificación metro: comodidad en la estación



La Figura 4.10 muestra la calificación otorgada al atributo comodidad durante el viaje. Se ve a simple vista que, a diferencia de los anteriores, la situación cambia dramáticamente después de Transantiago, pasando de niveles donde 60% de los usuarios lo calificaba con nota de 6 a 7 a solo un 10%; y de un 10% que lo calificaba con nota entre 1 a 4 a un 60% que califican en el intervalo de nota mínima.

Además de comparar con las figuras anteriores, es interesante establecer la diferencia con la satisfacción general (Figura 4.11), con esto se reafirma que el atributo “comodidad durante el viaje” sufrió un impacto mayor a todos los otros, incluso mayor al impacto sobre la variable “satisfacción general”.

Figura 4.10: Calificación metro: comodidad durante el viaje

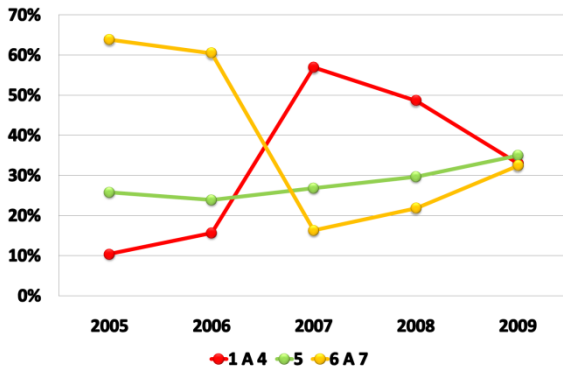
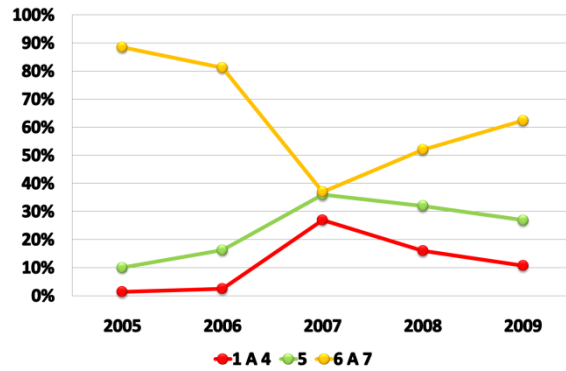


Figura 4.11: Calificación metro: satisfacción general



La mayor conclusión de los datos de satisfacción de metro es que la implementación de Transantiago afectó negativamente la percepción de los usuarios de todos los atributos del servicio, siendo el atributo más afectado la comodidad durante el viaje. Se observa también que a pesar de no llegar a los niveles de satisfacción que se tenía antes de Transantiago, existe una recuperación desde el año 2007 al 2009. Una de las desventajas de estos datos es que no permiten cruzarlos con características de los usuarios como grupo etario e ingreso, entre otros. No obstante, sirve para reafirmar que la comodidad durante el viaje es un atributo que se vio seriamente comprometido desde la puesta en marcha de Transantiago tanto en buses como en metro y que por lo tanto podría jugar un rol importante en la migración de usuarios desde el transporte público hacia otros modos.

4.2 Índices de calidad de servicio

Los índices de calidad de servicio permiten una medida cuantitativa del rendimiento del sistema de transporte público. En esta sección se muestra distintos índices de calidad de servicio, tales como, el número de asientos servidos por hora, la frecuencia y la regularidad de éste.

El primero de los índices analizados es el que mide el número de plazas (asientos) por hora que entrega un determinado servicio, éste se denomina ICPH. Este índice comenzó a ser medido desde agosto del 2007 por lo que se cuenta con datos para distintos cortes temporales considerados en el panel. Uno de los inconvenientes que tiene esta forma de medir el rendimiento es que no se hace cargo de medir ni la frecuencia ni regularidad del servicio, tanto en la salida de los buses como en paraderos, sólo se hace cargo de ver que el volumen de la demanda sea satisfecha. Según el manual ICPH (Coordinación Transantiago, 2009) el índice de cumplimiento plazas-hora final ($ICPH_t$), corresponde a la división de la suma del producto entre $ICPH_{i,t}$ por

media hora y plazas-horas programadas para cada media hora de la quincena ($PH_{plan\ op\ i,t}$), tal como se expresa en la ecuaciones (4.1) y (4.2).

$$ICPH_t = \frac{\sum_i^{Horario} ICPH_{i,t} \cdot PH_{plan\ op\ i,t}}{\sum_i^{Horario} PH_{plan\ op\ i,t}} \quad (4.1)$$

Tal que:

$$ICPH_{i,t} = \begin{cases} 1 & , \quad \frac{PH_{i,t}}{PH_{plan\ op\ i,t}} \geq 0.94\% \\ \frac{PH_{i,t}}{PH_{plan\ op\ i,t}} & , \quad \frac{PH_{i,t}}{PH_{plan\ op\ i,t}} < 0.94\% \end{cases} \quad (4.2)$$

Donde:

$PH_{i,t}$: Número de plazas-kilómetro-horas entregadas en la media hora i en el periodo de pago t . Sólo se consideran las plazas-horas entregadas en los horarios y con el número de plazas establecidas en el programa operativo durante el periodo de pago t .

$PH_{plan\ op\ i,t}$: Número de plazas-kilómetro-horas establecidos para la media-hora i en el horario respectivo en el Programa operativo vigente para el periodo t .

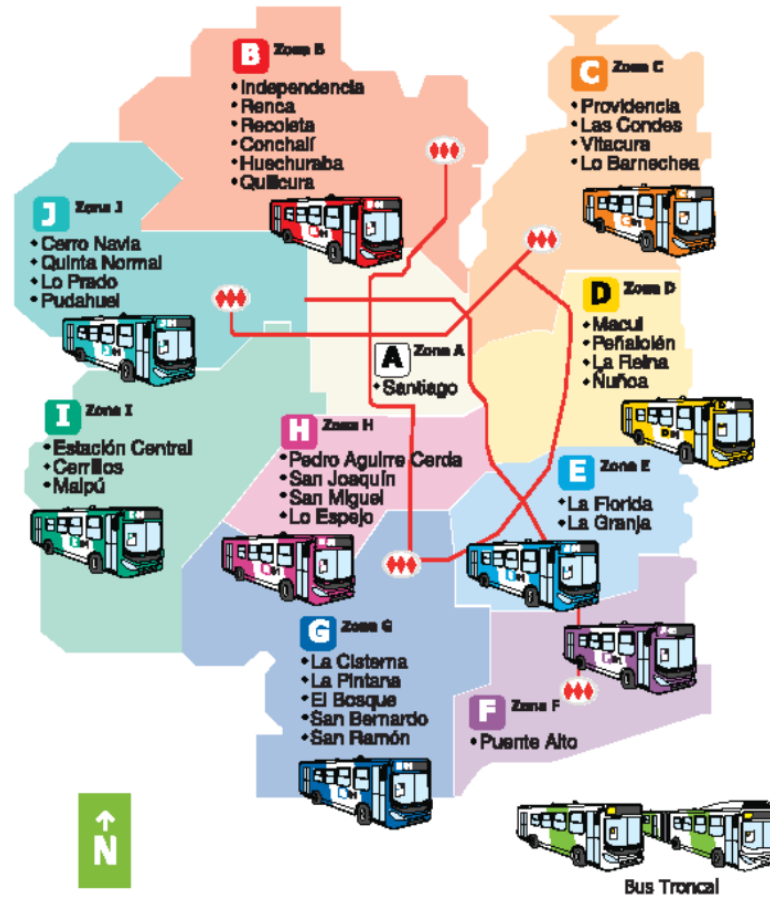
Horario: Son todos los períodos de medias-horas i (48 medias-horas al día), durante todos los días del período de pago t .

Es importante notar que el índice de servicio dado en la ecuación (4.2), muestra que si el operador cumple con al menos del 94% de lo estipulado en el contrato se considera que opera en forma perfecta (se aproxima a 1), esto se debe a un acuerdo establecido entre los operadores y el planificador.

El ICPH es medido por servicio, por lo que los datos tuvieron que ser agregados por operador para así posteriormente, mediante diversas hipótesis, poder relacionarlos con los usuarios. Es importante destacar que Transantiago considera un operador por comuna en el caso de los servicios alimentadores, esto hace que sea posible relacionar el ICPH con el usuario dependiendo del origen del viaje de éste. En el caso de los troncales, éstos atraviesan varias comunas de la ciudad, por lo que si no se cuenta con el servicio exacto en que viaja el usuario, se hace difícil relacionar el servicio con el usuario.

La Figura 4.12 muestra el mapa de los servicios alimentadores y las comunas que éstos sirven. Como se ha visto anteriormente, las comunas son agregadas en zonas, con lo cual se permite establecer el vínculo del operador (área Transantiago) con la zona de la ciudad. La zona norte es servida por B, la oriente por C y D, la poniente por I y J, la sur por G y H y la suroriente por E y F, la zona céntrica no tiene servicios alimentadores ya que sólo es servida por troncales.

Figura 4.12: Mapa de servicios alimentadores y comunas



Fuente: <http://www.transantiagoinforma.cl/planos.do>

La Figura 4.13 muestra la evolución en el tiempo del índice ICPH para las fechas comprendidas entre agosto 2007 y marzo 2009. Se observa un sostenido crecimiento hasta el año 2008 donde se obtiene un estándar promedio cercano al 0,96 lo que logra mantenerse en el 2009. En la Figura 4.14 se observa el índice ICPH, promediado en el tiempo, agregado por zonas y troncal (T), se ve que los peores niveles son para las zonas norte y sur.

Figura 4.13: ICPH en el tiempo

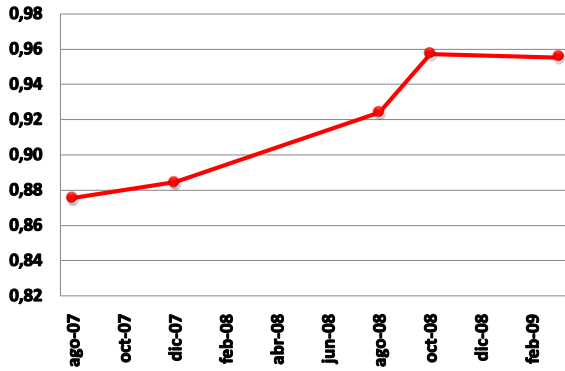
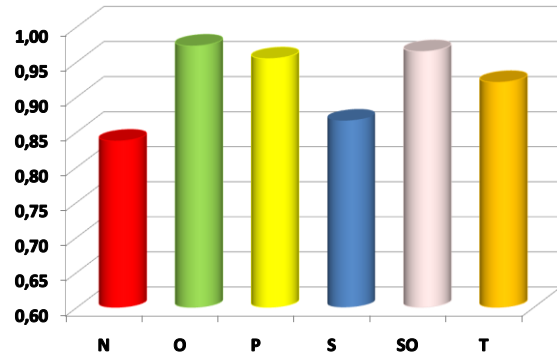


Figura 4.14: ICPH por zonas y troncales



El segundo índice a considerar en el análisis es el que establece el cumplimiento de la regularidad del servicio. El ICR (índice de cumplimiento de regularidad) mide si el intervalo de salida del paradero entre dos buses del mismo servicio, es el estipulado en el contrato de acuerdo a la ecuación (4.3), donde $MRE_{i,t}$ es el número de veces en que el intervalo medido es el correcto (observación exitosa) y $MRT_{i,t}$ es el número de observaciones realizadas. Cuando todas las observaciones realizadas son correctas o exitosas ICR_t toma el valor 1.

$$ICR_t = PROM(ICR_{i,t}) = PROM\left(\frac{MRE_{i,t}}{MRT_{i,t}}\right) \quad (4.3)$$

Para definir si una observación es exitosa o no, se aplicará la siguiente metodología:

A partir del programa de operaciones se determinará el intervalo programado $I_{p,i}$ (entre dos buses del mismo servicio) para cada horario i .

Se considerará como una observación exitosa, en horario punta (PM o PT) cuando un intervalo entre buses sea inferior al siguiente valor:

$$Max(4, I_{p,i} + 2 \cdot \sqrt{I_{p,i}}) \quad (4.4)$$

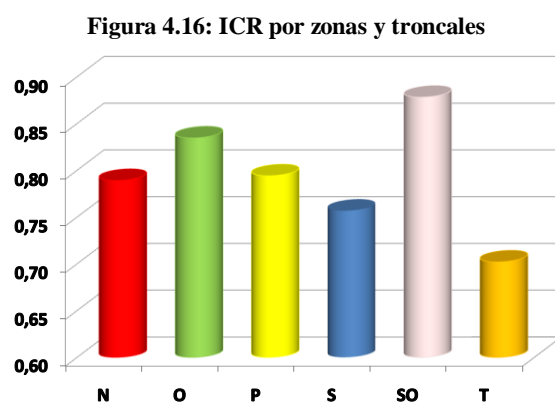
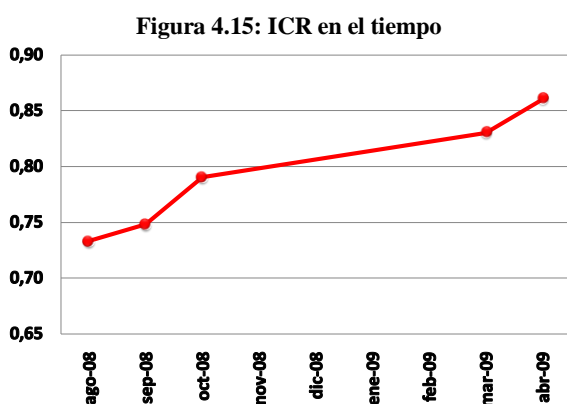
En horarios fuera de punta se considerará como un éxito a aquel intervalo entre buses que no tenga un error de más de: $2 \cdot \sqrt{I_{p,i}}$ sobre el intervalo programado $I_{p,i}$.

En resumen, dependiendo del periodo en que se esté midiendo, se observa el número de mediciones exitosas, y se compara con el número de observaciones realizadas. En el caso de que todas sean exitosas el ICR toma el valor 1, mientras que si ninguna es exitosa, el valor es 0.

El índice de regularidad intenta medir que los usuarios sean servidos de acuerdo a su llegada a los paraderos, superando de alguna manera las limitaciones del ICPH. El supuesto detrás del ICPH sería que los buses no sufrieran demoras no programadas lo que hace que los buses no lleguen a los paraderos a intervalos convenientes para satisfacer la demanda, esta hipótesis en la mayoría de los casos no es válida.

Una de las limitantes mayores de este índice, en el contexto de esta tesis, es la fecha en que se comenzó a medir (agosto del 2008), ya que esa fecha solo es cercana a la última ola del panel de Santiago por lo que limita la posibilidad de relacionar el abandono con el cumplimiento del ICR.

La Figura 4.15 muestra la evolución del ICR desde agosto 2008 hasta abril 2009. Se ve que la tendencia es al alza partiendo desde un valor inferior al 0,75 llegando a superar levemente el 0,85. Por otro lado, la Figura 4.16 muestra el ICR agregado temporalmente según zonas y troncal. Se observa que al igual que ICPH las zonas norte y sur son las con menor ICR. En cambio para los troncales el ICR es notablemente más bajo que el ICPH; de hecho, el menor de todos.



Como se vio anteriormente se tienen dos índices de calidad de servicio que miden cosas distintas. El ICPH mide que se cumpla el número de plazas por hora establecido en el contrato de operación (lo que está relacionado al volumen de carga de pasajeros), por otro lado está el ICR que mide que los buses salgan en un intervalo de tiempo convenido.

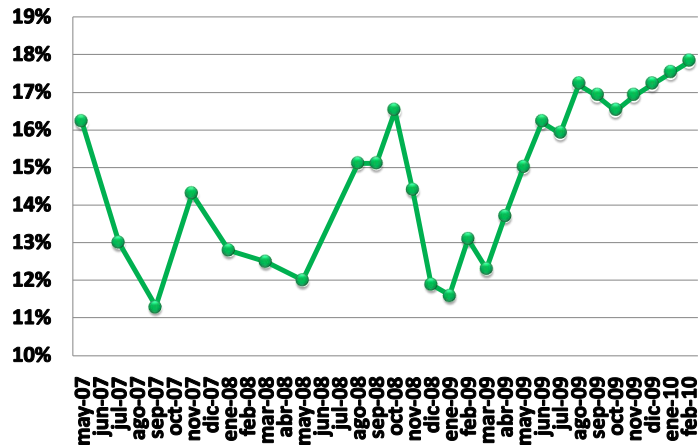
4.3 Evasión

Como se dijo al comienzo de este capítulo, la evasión del pago de la tarifa es un factor que ha cobrado importancia en los últimos tiempos. En esta sección se analizan datos que miden la evasión.

La Figura 4.17 muestra el porcentaje de evasión mensual del sistema entre los meses de mayo de 2007 y febrero de 2010. Se observa que no existe una tendencia clara entre los años 2007 y 2008,

con un *peak* de 16,5% en octubre de 2008 y nunca baja el 11%. Para el 2009 y lo que va del 2010 se ve una clara tendencia al alza, con un *peak* de 17,8% en febrero de 2010.

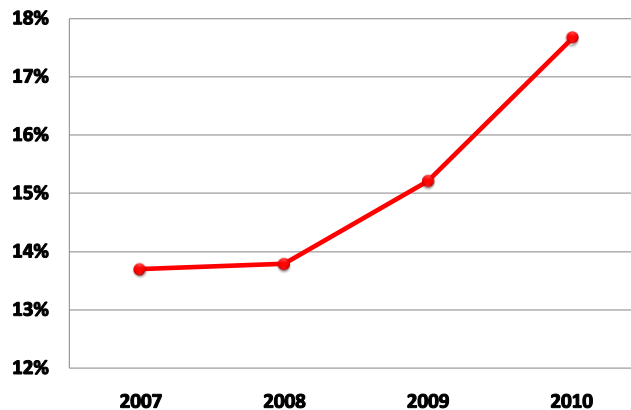
Figura 4.17: Porcentaje de evasión mensual (mayo 2007-febrero 2010)



Fuente: MTT, 2010

En la Figura 4.18 se ve el porcentaje promedio anual de evasión en el pago de la tarifa desde el 2007 hasta el 2010 (este último año sólo los meses de enero y febrero). Se observa que, en promedio, la evasión ha ido aumentando monótonamente año tras año.

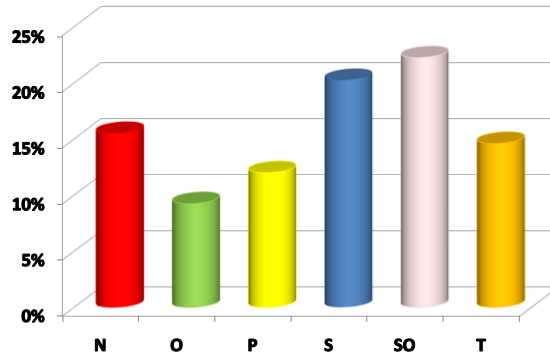
Figura 4.18: Porcentaje de evasión promedio anual 2007-2010 (enero, febrero)



Fuente: MTT, 2010

Basándose en datos del MTT (2008), al promediar los meses de febrero de 2009 y febrero de 2010, se tiene la siguiente medida agregada de evasión por zona y servicio troncal, la que se obtiene al agregar por alimentador en el caso de las zonas y para todos los operadores de servicios troncales.

Figura 4.19: Evasión promedio por zona y troncales (febrero 2009 y febrero 2010)



En la Figura 4.19, se ve que las zonas con mayor evasión del pago de la tarifa son la suroriente, sur y norte respectivamente, mientras que la zona oriente presenta los menores índices de evasión.

En resumen, en este capítulo se analizaron tres bases de datos complementarias al panel de Santiago con el objeto de entender de mejor forma el abandono. De acuerdo a esto es importante establecer relaciones con algunas conclusiones extraídas del capítulo 3, donde se vieron algunos factores relacionados con el abandono.

Lo primero que se analizó fue la satisfacción por viajar en un bus del Transantiago, en esta parte se observa que la satisfacción general aumenta desde el periodo más cercano a la “crisis” a otro próximo a la llamada “transición”. Se observa además que en un comienzo existen diferencias evidentes entre usuarios de distintos grupos socioeconómicos (ABC1 con peor satisfacción), las que fueron desapareciendo con el tiempo. Se ve también que los atributos mejor considerados son “velocidad”, “amabilidad” y “accesorios”, y que el atributo que mide de forma indirecta el hacinamiento en los buses arroja que entre más bajo es el grupo socioeconómico existe mayor hacinamiento.

Los modelos de satisfacción calibrados muestran que, en primer lugar, la tarifa está asociada a la satisfacción seguida siempre por el atributo que mide el hacinamiento. En cuanto a la satisfacción por viajar en metro se ve que la calificación de los usuarios en todos los atributos del viaje baja considerablemente después de Transantiago, siendo la comodidad dentro del vagón la más afectada, atributo que puede relacionarse directamente con el hacinamiento.

El análisis de los índices de calidad de servicio muestra principalmente dos cosas: los índices mejoran con el tiempo y las zonas norte y sur tienen un peor servicio que las demás zonas.

Los datos sobre evasión en el pago de la tarifa muestran que ésta aumenta en el tiempo y que existen tres zonas donde la evasión es más importante (norte, sur y suroriente)

De acuerdo a lo anterior se concluye que la satisfacción de los usuarios ha ido mejorando desde la crisis del Transantiago, al igual que los índices de calidad de servicio. Por el contrario, la evasión del pago de la tarifa ha ido en aumento. Se concluye además que las zonas norte y sur son las peor servidas y donde existe mayor evasión, la zona oriente tiene buen servicio y poca evasión, mientras que la zona suroriente tiene buen servicio pero alta evasión. Debido a esto, es importante establecer alguna característica de las zonas que permita compararlas y entender por qué existen estas diferencias, como por ejemplo el ingreso.

Para este análisis, las zonas se dividen en tres grupos de acuerdo al ingreso, basados en la actualización 2006 de la EOD (ver Figura 3.20: Zona y nivel de ingreso por hogar EOD 2006). El grupo de ingreso “bajo” está constituido por las zonas norte y sur (53% y 59% de ingreso bajo respectivamente), el de ingreso “medio” por las zonas poniente y suroriente (49% y 44%) y el de ingreso “alto” por las zonas centro y oriente (6% y 22%). Para la evasión del pago de la tarifa y el índice de calidad de servicio (ICS), el supuesto adoptado es considerar para las zonas el promedio entre alimentadores y el promedio de troncales del sistema, como la zona centro no tiene alimentadores solo se considera el servicio troncal.

La Tabla 4.2 muestra el resumen de evasión e índice de calidad de servicio según los grupos detallados anteriormente. Se observa que, a medida que las zonas presentan un mayor número de personas con ingreso bajo la relación ICS/Evasión disminuye. Junto a lo anterior se suma el hecho que, según los datos de satisfacción, las personas se muestran muy sensibles al fenómeno de hacinamiento y éste sería mayor en zonas de bajos ingresos. Por lo tanto, se podría concluir que los usuarios de menores ingresos tienen peor calidad de servicio con mayor grado de hacinamiento que otros usuarios y que debido a esto evaden más.

Tabla 4.2: Resumen Evasión-ICS

Grupo	Ingreso bajo	Evasión	ICS	ICS/Evasión
Bajo (N y S)	56%	17%	80%	4,8
Medio (P y SO)	46%	16%	86%	5,3
Alto (C y O)	14%	12%	85%	7,1

5 Especificación y calibración de un modelo de fuga y retención de usuarios

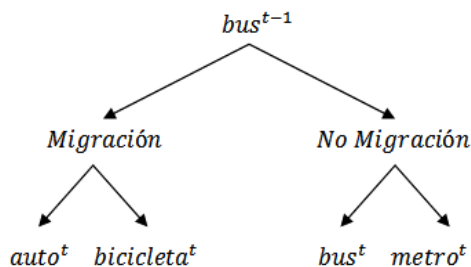
Uno de los objetivos principales de la presente tesis es el de especificar un modelo para estudiar la fuga y retención de usuarios del transporte público, identificando las variables que expliquen que los usuarios permanezcan o abandonen el servicio público de transporte. Para esto se prueban diversas hipótesis extraídas al analizar las distintas bases de datos expuestas en los capítulos anteriores. Una vez especificado el modelo se procederá a calibrarlo con una base de datos ad-hoc.

5.1 Especificación del modelo

La modelación de la migración hacia otros modos o de la retención de usuarios de transporte público, se puede ver como un caso especial dentro de los modelos que predicen la partición modal. Un usuario de transporte público enfrentado a la situación de elegir si seguir o cambiar del modo que regularmente utiliza, puede ser analizado como una elección conjunta en dos dimensiones. La primera es si seguir o migrar del sistema público, y dado esto, qué modo en particular elegir. Ésta es una decisión individual, con efectos no observables específicos del modo, así como también efectos no observables a nivel agregado, como la correlación entre modos. Para poder representar tanto la migración como la retención, es necesario observar al menos dos cortes temporales.

De acuerdo a esto, el modelo que se propone se basa en la estructura de logit anidado (Williams, 1977), introduciendo el efecto temporal. Un diagrama simplificado del modelo propuesto se muestra en la Figura 5.1, donde un usuario que regularmente usa bus decide en un periodo t si permanecer en el transporte público (elegir metro o bus) o migrar hacia otros modos (auto o bicicleta).

Figura 5.1: Estructura del modelo propuesto



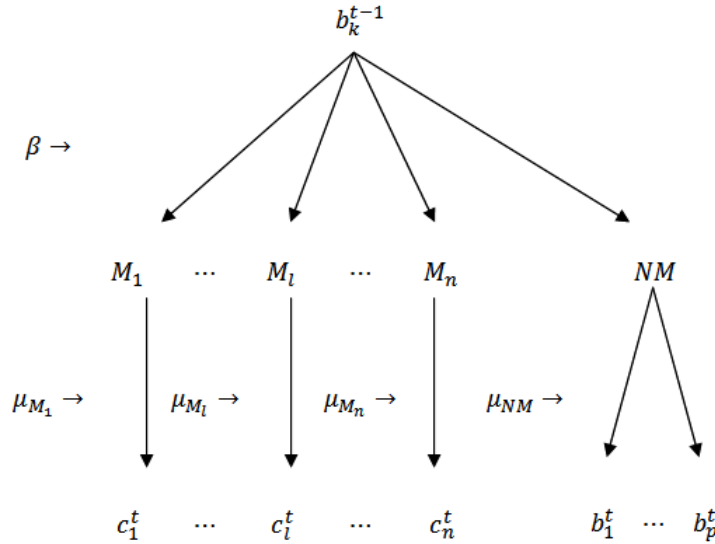
Es importante considerar tres cosas del modelo propuesto: primero, la hipótesis de que todos los usuarios de transporte público tienen al menos un modo público disponible en t ; segundo, que algunas personas solo tienen transporte público disponible (usuarios cautivos del transporte

público) y tercero, que existe la posibilidad de que los modos distintos a los públicos no estén correlacionados como se mostró anteriormente en la Figura 5.1 (nido migración).

Una de las ventajas de los modelos de la familia del logit jerárquico es la flexibilidad para crear diferentes formulaciones, dependiendo de cómo se formen los grupos o nidos. Después de probar diversas configuraciones del modelo original con dos nidos (migración y no migración), se pudo constatar que esta formulación no era la más apropiada porque el parámetro de escala del nido migración no respetaba la restricción de estar en el intervalo $]0,1[$. De acuerdo a lo anterior, se decidió desagregar el nido migración en tantos nidos como modos no públicos tuviera el usuario disponible.

La Figura 5.2 muestra el diagrama del modelo definitivo (en este caso los nombres de los nidos están abreviados: M para migración, NM para no migración), donde un usuario de transporte público q que regularmente usa el modo b_k tiene que decidir qué modo elegir en el periodo t , dados los modos disponibles que él tiene. Como fue mencionado anteriormente, la decisión del usuario puede ser analizada en dos dimensiones: permanecer en el transporte público (elegir el nido no migración) o migrar (elegir uno de los nidos M disponibles). La segunda dimensión corresponde a qué modo elegir y está relacionada con la primera decisión. Si el usuario decide elegir el nido NM, tiene p opciones $B_q^t = \{b_1^t, b_2^t, \dots, b_p^t\}$. Por otro lado, si decide migrar hacia algunos de los nidos M, puede sólo seleccionar el único modo disponible en el nido (por ejemplo si elige el nido M_l solo puede elegir la alternativa $c_l^t \in C_q^t = \{c_1^t, c_2^t, \dots, c_l^t, \dots, c_n^t\}$). La probabilidad de migrar hacia c_l^t está dada por la ecuación (5.1).

Figura 5.2: Estructura general del modelo propuesto



$$P_{c_l}^t = P_{c_l}^t / M_{l(b_k)} \cdot P_{M_{l(b_k)}} = 1 \cdot P_{M_{l(b_k)}} \quad (5.1)$$

En la ecuación (5.1) se observa que la probabilidad de que un usuario de transporte público que regularmente usa el modo b_k en el periodo $t-1$ migre al modo c_l en el periodo t , es igual a la probabilidad de que elija el modo c_l dado que migra el nido M_l multiplicado por la probabilidad de que migre a M_l . En este caso $P_{c_l}^t/M_{l(b_k)}$ es igual a uno porque M_l tiene solo un elemento (c_l). De ahora en adelante el subíndice (b_k) se referirá al hecho de que la elección está condicionada al hecho de que el usuario eligió el modo b_k en el periodo $t-1$.

$$P_{M_{l(b_k)}} = \frac{\exp(U_{M_{l(b_k)}})}{\sum_{i=1}^n \exp(U_{M_{i(b_k)}}) + \exp(U_{NM(b_k)})} \quad (5.2)$$

La ecuación (5.2) muestra la probabilidad de elegir el nido M_l donde $U_{M_{i(b_k)}} \forall i \in C_q^t$ es la utilidad de migración y $U_{NM(b_k)}$ es la probabilidad de permanecer en el sistema público.

La utilidad $U_{M_{i(b_k)}}$ está dada por la ecuación (5.3) donde $U_{c_i^t}$ es la utilidad de elegir c_i en el periodo t y $\Omega_{M_{i(b_k)}}$ es una función llamada “migración” que representa las características del usuario, del periodo de tiempo, o del sistema de transporte que contribuyen a la migración desde el transporte público hacia el modo no público c_i .

$$U_{M_{i(b_k)}} = U_{c_i^t} + \Omega_{M_{i(b_k)}} \quad (5.3)$$

La utilidad de permanecer en el sistema público $U_{NM(b_k)}$ está dada por la ecuación (5.4) donde EMU_{NM} (ecuación 5.5) es la máxima utilidad esperada del nido NM y $\Omega_{NM(b_k)}$ representa las características del usuario, del periodo de tiempo, o del sistema de transporte que contribuyen a que el usuario permanezca en el sistema público.

$$U_{NM(b_k)} = EMU_{NM} + \Omega_{NM(b_k)} \quad (5.4)$$

$$EMU_{NM} = \phi_{NM} \cdot \ln \left[\sum_{j=1}^p \exp \left(\frac{1}{\phi_{NM}} \cdot U_{b_j}^t \right) \right] \quad (5.5)$$

Usando (5.3) y (5.4) en (5.2) se obtiene (5.6), la cual se muestra a continuación.

$$P_{M_l(b_k)} = \frac{\exp(U_{c_l^t})}{\sum_{i=1}^n \exp[U_{c_i^t} - (\Omega_{M_l(b_k)} - \Omega_{M_i(b_k)})] + \exp[EMU_{NM} - (\Omega_{M_l(b_k)} - \Omega_{NM(b_k)})]} \quad (5.6)$$

En esta tesis se asume que la función $\Omega_{M_i(b_k)}$ es la misma para todos los modos no públicos, lo cual es una simplificación. De acuerdo a esto se tiene que $\Omega_{M_i(b_k)} = \Omega_{M(b_k)}, \forall i$ (ecuación 5.7). Para simplificar la lectura, se define una “nueva” función migración $\widehat{\Omega}_{M(b_k)} = \Omega_{M(b_k)} - \Omega_{NM(b_k)}$ (ecuación 5.8) que captura el efecto neto de las variables que contribuyen a la migración y retención. Reemplazando (5.7) y (5.8) en (5.6) se obtiene (5.9).

$$P_{c_l}^t = \frac{\exp(U_{c_l^t})}{\sum_{i=1}^n \exp(U_{c_i^t}) + \exp(EMU_{NM} - \widehat{\Omega}_{M(b_k)})} \quad (5.9)$$

En (5.9) se puede ver que si $\widehat{\Omega}_{M(b_k)} > 0$ la persona es más propensa a migrar, mientras que si $\widehat{\Omega}_{M(b_k)} < 0$ es propensa a permanecer en el sistema público.

Por otro lado, según (5.10), donde la probabilidad de que un usuario que regularmente usa el modo público b_k continúe usando transporte público en algún modo b_a en el periodo t , es igual a la probabilidad de que elija el modo b_a dado que no migró (nido NM) multiplicado por la probabilidad de elegir el nido NM.

$$P_{b_a}^t = P_{b_a}^t / NM_{(b_k)} \cdot P_{NM(b_k)} \quad (5.10)$$

Para obtener $P_{NM(b_k)}$ se tiene que por completitud (ecuación 5.11)

$$P_{NM(b_k)} = 1 - \sum_{l=1}^n P_{M_l(b_k)} = 1 - \sum_{l=1}^n P_{c_l}^t \quad (5.11)$$

Y reemplazando (5.9) en (5.11) se obtiene (5.12)

$$P_{NM(b_k)} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \exp(U_{c_i^t} - EMU_{NM} + \widehat{\Omega}_{M(b_k)})} \quad (5.12)$$

Para obtener $P_{b_a^t}/NM_{(b_k)}$ se tiene por definición (ecuación 5.13)

$$P_{b_a^t}/NM_{(b_k)} = \frac{\exp\left(\frac{1}{\phi_{NM}} \cdot U_{b_a^t}\right)}{\sum_{j=1}^p \exp\left(\frac{1}{\phi_{NM}} \cdot U_{b_j^t}\right)} \quad (5.13)$$

Y reemplazando y manipulando la ecuación (5.5) en (5.13) se obtiene (5.14)

$$P_{b_a^t}/NM_{(b_k)} = \exp\left[\frac{1}{\phi_{NM}} \cdot (U_{b_a^t} - EMU_{NM})\right] \quad (5.14)$$

Finalmente reemplazando (5.12) y (5.14) en (5.10) se tiene (5.15)

$$P_{b_a^t} = \frac{\exp\left[\frac{1}{\phi_{NM}} \cdot (U_{b_a^t} - EMU_{NM})\right]}{1 + \sum_{i=1}^n \exp(U_{c_i^t} - EMU_{NM} + \widehat{\Omega}_{M(b_k)})} \quad (5.15)$$

Un caso particular es el de los usuarios cautivos del transporte público. Estos reciben un tratamiento especial imponiéndoles el valor cero a su función “migración” ($\widehat{\Omega}_{M(b_k)} = 0$) para que no afecten el ajuste de las componentes de migración y retención del modelo. La razón de esto es que si un usuario que tiene características de abandono no tiene modos disponibles para hacerlo produce una distorsión en la calibración de los parámetros.

Es importante recalcar que, como fue mencionado con anterioridad, el modelo logit jerárquico permite una gran flexibilidad y por ende puede haber varias opciones al plantear qué modos pertenecen a cada nido definido o cuántos nidos es necesario definir.

5.2 Muestra final de calibración y resultados del modelo

En esta sección se analizan los datos de entrada del modelo, los cuales provienen del el panel de Santiago (Mansilla y Yáñez, 2008) y solo se agregan datos de calidad de servicio (ICPH) de una de las bases complementarias ya mencionadas en la sección 4.2. Como se vio en la sección 5.1, el modelo necesita datos de dos periodos para ser calibrado (t y $t-1$), sin ser un modelo dinámico ya que se calibra sólo en t utilizando información de $t-1$ como dato de entrada. Cabe notar también que el modelo solo intenta reproducir el comportamiento de usuarios de transporte público en el periodo $t-1$ que eligen el modo a utilizar en el periodo t .

Uno de los inconvenientes para calibrar el modelo es que debido al bajo tamaño de la muestra (un máximo de 303 observaciones por ola) se tienen pocas observaciones que verifiquen la fuga entre dos olas de datos. Debido a lo anterior se propone “juntar” las olas de datos de la siguiente forma:

Sea un individuo q_k que está presente en las olas uno, dos, tres y cuatro.

$$q_k^1 \rightarrow q_k^2 \rightarrow q_k^3 \rightarrow q_k^4$$

Si consideramos que para cada ola intermedia se puede considerar el dato del individuo como un dato “antes”(A) y a la vez un dato “después”(D), se tiene que:

$$\begin{array}{l} q_k^{1(A)} \rightarrow q_k^{2(D)} \\ q_k^{2(A)} \rightarrow q_k^{3(D)} \\ q_k^{3(A)} \rightarrow q_k^{4(D)} \end{array}$$

Si se agrega por “antes” y “después”, se tiene que:

$$\begin{array}{l} q_k^{1(A)} \quad q_k^{2(D)} \\ q_k^{2(A)} \rightarrow q_k^{3(D)} \\ q_k^{3(A)} \quad q_k^{4(D)} \end{array}$$

Se ve que de 4 observaciones en el tiempo para un individuo, quedan 2 observaciones en el tiempo para 3 “nuevos individuos”. Se repite esto para toda la muestra y para los casos donde

existe ausencia en alguna ola se toma como dato “antes” la ola inmediatamente anterior si está disponible.

Con esta conversión, la nueva base de datos consta de dos olas (“antes y “después”) y más observaciones (entre las olas 1 a 2, 2 a 3 y 3 a 4) que la anterior. Para la calibración del modelo se seleccionaran los individuos de la ola “antes” que utilizan el transporte público según los modos que se definieron en el capítulo 3.

Tabla 5.1: Partición modal en las olas “antes” y “después”

Modo Nombre	Antes(t-1)		Después(t)	
	Número	%	Número	%
Bus	196	44%	140	32%
Metro	103	23%	94	21%
Bus-Metro	85	19%	109	25%
Taxi Colectivo-Metro	37	8%	30	7%
Taxi Colectivo	14	3%	14	3%
Taxi Colectivo-Bus	8	2%	12	3%
Auto	-	-	15	3%
Auto Acompañante	-	-	9	2%
Caminata	-	-	7	2%
Bicicleta	-	-	2	0%
Auto-Metro	-	-	3	1%
Auto Acompañante-Metro	-	-	8	2%
Observaciones	443	100%	443	100%

La Tabla 5.1 muestra la partición modal en las olas antes y después de los datos usados en la calibración. Se observa que de las 443 observaciones que comprenden la muestra final sólo 44 observaciones de las 443 (10,1%) corresponden a migraciones desde transporte público hacia otros modos. Cabe destacar que de la muestra final se desecharon las observaciones que tenían domicilio fuera de la zona geográfica de estudio y aquellos que no tenían dato de domicilio en la base de datos. Cosas a destacar de la muestra final de calibración es que el 54% de los usuarios de transporte público son cautivos.

Es importante resaltar que los modos que se consideran públicos (taxi colectivo, metro, bus, taxi colectivo-metro, bus-metro y taxi colectivo bus.) forman parte de la hipótesis de esta tesis y están sujetos a discusión, así como también la forma de agruparlos. En la modelación se considera en definitiva diferenciar por modo público o no público, no considerando otras posibles configuraciones como por ejemplo, público, privado y combinación, público-privado.

Principalmente en el capítulo 3 y en alguna medida en el capítulo 4, se vieron algunas hipótesis sobre distintos factores que podrían influir en el abandono. Entre estos se analizaron factores relacionados con características del usuario (ingreso, edad, percepción del viaje), del destino

(estacionamiento), cambios en la estructura del sistema (menor disponibilidad del modo bus después de Transantiago), variables de servicio (tiempos de viaje, espera, caminata, costo y transbordos), calidad de servicio (ICPH), así como también el cambio de todos estos factores en el tiempo (olas antes y después).

Al calibrar el modelo propuesto en la sección 5.1, se comenzó por utilizar estas variables, pero a medida que se implementó el modelo se fueron agregando otras variables resultantes de un proceso exploratorio. Cabe destacar que en el modelo propuesto las variables de servicio están incluidas directamente en la utilidad, mientras que el resto se incluye en la función migración ($\widehat{\Omega}_{M(b_k)}$). El resumen de las variables consideradas en los modelos finales que se presentan en esta sección se muestra a continuación:

- Disponibilidad modo público: variable dicotómica (0,1) que toma el valor 1 si el modo de transporte público que utiliza el usuario en el periodo $t-1$ ya no lo tiene disponible en el siguiente periodo t . Aunque esta variable es general para todos los modos y olas utilizadas, mediría principalmente el cambio estructural que produjo Transantiago (olas 1 y 2) donde hay un importante número de usuarios que ya no tienen disponible el modo solo bus.
- Disponibilidad modo no público: variable dicotómica (0,1) que toma el valor 1 si el usuario de transporte público tiene un nuevo modo de transporte no público disponible en el periodo t . El caso emblemático que mide esta variable es que los usuarios de transporte público que no tienen acceso al automóvil y al tenerlo son más propensos a abandonar el sistema público.
- Estacionamiento en el destino: variable dicotómica (0,1) que toma el valor 1 en el caso de que el destino tenga fácil acceso a estacionamiento. Un análisis cualitativo del grado de accesibilidad de estacionamiento en los destinos se hizo en la sección 3.2.
- Disminución en horas de trabajo semanal: variable dicotómica (0,1) que toma el valor 1 cuando el usuario experimenta una baja en las horas de trabajo semanal entre los periodos $t-1$ y t . Cuando una persona experimenta una baja en las horas de trabajo semanal en la mayoría de los casos se relaciona con una disminución en el ingreso que esa persona percibe. En el caso de los datos usados para la calibración esto no es así, debido a que existe una disminución general de las horas de trabajo en la PUC sin perjuicio de un menor salario. Lo anterior se justifica en que solo un 21% de los individuos que disminuyen sus horas de trabajo semanal disminuyen su ingreso. Una de las posibles hipótesis es que los individuos al tener más tiempo disponible para otras actividades elijan cambiar de modo para poder realizarlas.

- Aumento en el tiempo de espera: variable dicotómica (0,1) que toma el valor 1 cuando los usuarios (en este caso solo los de metro) experimentan un aumento del tiempo de espera en el modo que utilizan en $t-1$ (metro) para el periodo t . Explorando se encuentra que sólo los usuarios de metro son sensibles a este aumento.
- Actividad extra al trabajo: variable dicotómica (0,1) que toma el valor 1 cuando los usuarios realizan una actividad extra al trabajo. En este caso la variable está referida al periodo anterior por lo que supone que el hacer una actividad extra influye en el abandono o permanencia en el transporte público. Se busca estudiar principalmente el efecto en los usuarios que realizan tours complejos, los cuales contienen actividades fuera de la actividad principal e involucran muchas paradas, eligen principalmente automóvil (Cirillo y Axhausen, 2002).
- Ingreso líquido mensual: variable continua referida al ingreso líquido mensual de los usuarios de transporte público en el periodo $t-1$. Mide el efecto del ingreso en un posible abandono del usuario de transporte público en $t-1$. Busca corroborar la hipótesis de que los usuarios con mayor ingreso que acceden a modos más caros, como el automóvil, son más propensos al abandono.
- Grupo etario: variable *dummy* con tres categorías, cada una correspondiente a un grupo etario distinto. Los tres grupos considerados son: menor de 35 años, entre 35 y 49 años y mayores de 49 años. La interpretación del efecto de la edad en el abandono está basada en el análisis hecho en la sección 3.2 enfocado en los ciclos de vida de las personas (Goodwin, 2007).
- Índice de cumplimiento plaza-hora: variable *dummy* con tres categorías, cada una correspondiente a un rango de ICPH distinto. Mide la calidad de servicio de los modos que utilizan el transporte público en $t-1$, en el periodo t . Dicho de otra manera, sirve para saber si los índices logran captar el deterioro o buen estado del sistema, lo que resulta en un posible abandono de éste en el caso de haber deterioro. El detalle de cómo se construye esta variable y los rangos elegidos se explica a continuación:

El ICPH explicado en detalle en la sección 4.2 se selecciona para la modelación, ya que se cuenta con datos de éste para la mayoría de las fechas del panel de Santiago, sólo se tuvo que aproximar los valores para la segunda ola de datos siguiendo el criterio de regresión lineal, ocupando las dos fechas inmediatamente posteriores a la mencionada segunda ola.

Para construir la variable ICPH se asumen los siguientes criterios ya que no se cuenta con el dato del servicio de bus que utiliza cada usuario:

- Se relaciona la comuna en que vive el usuario directamente con una zona alimentadora de Transantiago.
- Debido a que los servicios troncales no son fáciles de relacionar con un usuario si no se tiene la información directa, se opta por promediar el ICPH de los cinco troncales.
- Para el caso de todas las comunas, excepto Santiago centro, se promedia el ICPH del alimentador correspondiente a la zona donde vive con el promedio de los servicios troncales, en el caso de Santiago centro solo se consideran los troncales
- Se considera que el ICPH influye sólo a los usuarios de transporte público que en alguna etapa utilizan bus.

De acuerdo a lo anterior se segmenta en tres rangos de ICPH. El servicio malo se fija en el valor menor a un 75% de cumplimiento, el regular entre 75% y 92% y bueno con valores mayores al 93% de cumplimiento.

Además de las variables incluidas en la función de migración, existen otras que actúan directamente sobre la función de utilidad de los distintos modos. Estas son las clásicas tiempo de viaje, tiempo de espera, tiempo de caminata, costo del modo dividido por tasa salarial y número de transbordos, que miden el estado actual (periodo t) de los servicio que tienen disponibles los individuos.

Junto al modelo propuesto se calibran modelos que incluyen directamente en la función de utilidad la del modelo propuesto en la función $\hat{\Omega}_{M(b_k)}$. Estos modelos buscan ver si las variables que explican el abandono y permanencia interactúan con las variables de servicio, de acuerdo a esto, se explora la combinación de ambas técnicas teniendo una función de migración y variables de abandono que actúan directamente en la función de utilidad.

Tabla 5.2: Resultados de la calibración¹

Parámetro/Modelo-Valor(t-stat)	MNL	Variación Gustos	Variación Gustos Jerárquico	Migración Jerárquico	Migración Jerárquico con gustos	Propuesto
<i>Constantes modales</i>						
1. Auto Acompañante	-1,007(-1,7)	-0,874(-1,3)	-0,758(-1,3)	-0,515(-0,9)	-0,814(-1,3)	-0,728(-1,2)
2. Taxi colectivo	0,934(2,0)	2,407(4,1)	2,415(5,1)	3,387(5,2)	3,412(5,2)	1,711(1,6)
3. Metro	2,153(4,9)	3,504(6,3)	3,108(6,0)	4,248(5,7)	4,300(5,7)	4,427(6,1)
4. Bus	2,056(4,8)	3,494(6,5)	3,080(6,1)	4,099(5,8)	4,143(5,7)	4,279(6,1)
5. Caminata	1,292(1,9)	1,811(2,3)	1,736(2,4)	2,399(3,0)	2,106(2,6)	2,237(2,7)
6. Bicicleta	-1,245(-1,4)	-1,896(-1,7)	-1,586(-1,6)	-1,636(-1,8)	-2,236(-2,2)	-2,226(-2,2)
7. Auto Chofer-Metro	0,866(1,2)	1,794(2,5)	1,104(1,4)	0,395(0,5)	0,352(0,4)	0,260(0,3)
8. Auto Acompañante-Metro	0,939(1,7)	1,975(3,1)	1,369(2,1)	1,094(1,6)	1,052(1,5)	1,078(1,6)
9. Taxi colectivo-Metro	2,101(4,6)	3,665(6,2)	3,232(6,0)	4,098(5,8)	4,153(5,8)	2,107(2,2)
10. Bus-Metro	2,634(5,6)	4,104(7,0)	3,485(6,1)	4,466(5,6)	4,525(5,6)	4,635(6,0)
11. Taxi Colectivo-Bus	1,698(3,3)	3,340(5,2)	3,056(5,7)	3,859(5,6)	3,902(5,6)	2,168(2,3)
<i>VARIABLES MODALES FUNCIÓN DE UTILIDAD</i>						
12. Tiempo de viaje, período t, todo usuario	-0,026(-3,2)	-0,036(-3,9)	-0,025(-3,0)	-0,018(-2,1)	-0,019(-2,1)	-0,017(-2,1)
13. Tiempo de caminata, período t, todo usuario	-0,058(-3,9)	-0,045(-2,7)	-0,032(-2,5)	-0,043(-2,3)	-0,044(-2,3)	-0,042(-2,3)
14. Tiempo de espera, período t, todo usuario	-0,042(-2,6)	-	-	-0,030(-1,9)	-0,031(-2,0)	-0,029(-2,0)
15. Número de transbordos, período t, todo usuario	-1,064(-5,6)	-1,259(-6,3)	-0,840(-3,6)	-0,710(-2,3)	-0,737(-2,3)	-0,694(-2,4)
16. Costo/tasa salarial, período t, todo usuario	-0,023(-3,0)	-0,040(-3,9)	-0,028(-3,0)	-0,013(-1,9)	-0,014(-1,9)	-0,014(-2,0)
17. Usuarios de taxi colectivo, período t, cautivos	-	-	-	-	-	1,875(2,4)
18. Modo usado en t-1 no disponible · (Costo/tasa salarial) _t , no cautivos	-	-0,318(-2,3)	-0,291(-2,2)	-	-0,271(-2,0)	-0,274(-2,0)
<i>VARIABLES FUNCIÓN MIGRACIÓN</i>						
19. Edad > 49, período t-1, no cautivos	-	-	-	1,188(2,0)	1,345(2,1)	1,413(2,2)
20. Ingreso · [10 ⁵ Ch\$], período t-1, no cautivos	-	-	-	0,115(2,3)	0,123(2,3)	0,115(2,1)
21. Nuevo modo privado disponible, Δt, no cautivos	-	-	-	1,441(2,9)	1,465(2,8)	1,484(2,8)
22. Disponibilidad de estacionamiento en el destino, período t, no cautivos	-	-	-	1,424(2,8)	1,497(2,9)	1,495(2,9)
23. Disminución en horas de trabajo semanal, Δt, no cautivos	-	-	-	1,572(2,8)	1,817(3,1)	1,919(3,2)
24. Aumento en el tiempo de espera, Δt, usuarios de metro no cautivos	-	-	-	1,748(2,8)	1,779(2,8)	1,885(2,9)
25. ICPH > 93%, período t, usuarios de bus no cautivos	-	-	-	-2,147(-1,9)	-2,100(-1,8)	-2,008(-1,8)
26. Actividad extra, período t-1, usuarios > 35 años no cautivos	-	-	-	-	-	1,627(1,5)
27. Φ _{NM}	-	-	0,628(3,9)	0,611(2,4)	0,638(2,5)	0,544(2,5)
<i>VARIACIÓN SISTEMÁTICA EN LOS GUSTOS (FUNCIÓN DE UTILIDAD)</i>						
28. (Tiempo de viaje) · (ICPH entre 75% y 92%), período t, usuarios de bus no cautivos	-	0,046(2,7)	0,029(2,1)	-	-	-

¹: Tabla 5.2 Continua en la página siguiente

Parámetro/Modelo-Valor(t-stat)	MNL	Variación Gustos	Variación Gustos Jerárquico	Migración Jerárquico	Migración Jerárquico con gustos	Propuesto
29. (Tiempo de caminata) · (Modo usado en t-1 no disponible), Δt, no cautivos	-	-0,074(-2,2)	-0,062(-2,1)	-	-	-
30. (Tiempo de caminata) · (Disp. de estacionamiento en el destino), período t, no cautivos	-	-0,126(-3,5)	-0,089(-2,6)	-	-	-
31. (Tiempo de espera) · (Edad < 35), período t-1, no cautivos	-	-0,101(-2,4)	-0,088(-2,4)	-	-	-
32. (Tiempo de espera) · (Edad > 49), período t-1, no cautivos	-	-0,115(-1,7)	-0,095(-1,7)	-	-	-
33. (Tiempo de espera) · (Ingreso), período t-1, no cautivos	-	-0,156(-2,8)	-0,135(-2,7)	-	-	-
34. (Tiempo de espera) · (Disminución en horas de trabajo semanal), Δt, no cautivos	-	-0,201(-2,9)	-0,169(-2,7)	-	-	-
35. (Tiempo de espera) · (Actividad extra), período t-1, no cautivos	-	0,199(2,7)	0,135(2,0)	-	-	-
36. (Tiempo de espera) · (ICPH > 93%), período t, no cautivos que usan bus	-	0,120(2,2)	0,089(2,1)	-	-	-
37. (Costo/tasa salarial) · (Edad < 35), período t-1, no cautivos	-	0,042(3,2)	0,030(2,7)	-	-	-
38. (Costo/tasa salarial) · (Edad > 49), período t-1, no cautivos	-	0,040(2,7)	0,027(2,3)	-	-	-
39. (Costo/tasa salarial) · (Actividad extra), período t-1, no cautivos	-	0,079(2,3)	0,056(1,7)	-	-	-
Indicadores de rendimiento						
Indicador/Valor	MNL	Variación Gustos	Variación Gustos Jerárquico	Migración Jerárquico	Migración Jerárquico con gustos	Propuesto
Observaciones	443	443	443	443	443	443
Log verosimilitud	-440,19	-401,96	-400,09	-412,40	-408,79	-383,09
$\rho^2(C)$	0,09	0,17	0,17	0,15	0,16	0,21
LR (C)- $\psi^2(g,1,95\%)$	87,93>11,08	164,39>28,87	168,12>30,14	143,50>22,36	150,73>23,65	202,14>26,3
LR (MNL)- $\psi^2(g,1,95\%)$	-	76,45>22,36	80,19>23,65	55,57>15,51	62,80>16,92	114,20>19,68
LR (V.G.)- $\psi^2(g,1,95\%)$	-	-	3,74<3,84	-	-	-
LR (M.J)- $\psi^2(g,1,95\%)$	-	-	-	-	7,23>3,84	-
LR (M.J-V.G.)- $\psi^2(g,1,95\%)$	-	-	-	-	-	51,40>5,99
FPR modal (%)	57%	60%	62%	60%	61%	65%
FPR modal NP. (%)	25%	45%	39%	48%	59%	61%
FPR migración (%)	20%	41%	34%	45%	57%	57%

La Tabla 5.2 muestra los resultados de la calibración de distintos modelos. El primero de los modelos corresponde al logit multinomial (MNL) el que tiene, además de las constantes modales, sólo variables de servicio de los modos en el periodo que se toma la decisión (t). La forma en que se muestran las variables es: primero la abreviación, después el nombre entre paréntesis, luego el periodo en que se observó el dato y por último los usuarios a cuales afecta esta variable (q si son todos los usuarios, sino se especifica).

Volviendo al MNL se ve que todas las variables dieron significativas sobre el 95% y con los signos correctos, llama la atención que los usuarios son más sensibles al tiempo de caminata que al de espera.

El siguiente modelo corresponde al de variación sistemática en los gustos (Variación Gustos), el que se compone, además de las variables clásicas del modelo MNL, de distintos parámetros específicos por tipo de individuo que interactúan con las variables de servicio. Se calibran modelos con variación sistemática en los gustos para comparar en el modelo propuesto en esta tesis (jerárquico con nido de no migración) las mismas variables que se incluyen en la función de migración, de manera que interactúen con las variables de servicio.

El resultado muestra una gran cantidad de variables significativas (la mayoría sobre el 95%). La interpretación de los nuevos parámetros no es un proceso directo y requiere entender de forma profunda la naturaleza de las variables que influyen en el abandono del transporte público. La forma de leer los nuevos parámetros es similar a lo explicando anteriormente en el modelo MNL salvo que se agrega entre paréntesis la variable de servicio con que están interactuando. Un primer análisis destaca entre otras cosas que los usuarios con mayor ingreso son más sensibles al tiempo de espera, lo mismo que para los usuarios menores de 35 años y mayores de 49.

El siguiente modelo (Variación Gustos Jerárquico) es la versión jerárquica con variación sistemática en los gustos, ocupando el nido no migración el cuál contiene sólo modos de transporte público, tanto simples como combinados. Se ve que arroja las mismas variables significativas sumando la del parámetro de escala correspondiente al nido “no migración”. A continuación siguen los modelos derivados de la especificación propuesta en la sección 5.1.

El primero corresponde al Migración Jerárquico, llamado así por la función migración ($\hat{\Omega}_M$). Una de las ventajas de este modelo en contraste del MNL es la fácil interpretación de cómo los parámetros afectan en la migración desde el transporte público. Los parámetros positivos “incentivan” al abandono, mientras que los negativos ejercen el efecto contrario. El resultado muestra siete variables significativas (función migración) además del parámetro de escala del nido, el que además es consistente al estar entre 0 y 1.

El primer grupo de variables verifica algunas hipótesis sobre los factores que influyen en el abandono, entre estos están los usuarios del grupo etario 3 (mayores de 49 años), el ingreso, estacionamiento de fácil acceso en el destino y aumento del tiempo de espera entre períodos. Entre los que promueven la permanencia se encuentra ICPH3 (nivel de servicio bueno). La variable más difícil para interpretar corresponde a la disminución de horas de trabajo semanal entre periodos, la cual arroja un parámetro positivo por lo cual empuja al abandono. Una hipótesis para explicar lo anterior corresponde a que la mayoría de estas reducciones de horas de

trabajo semanal no llevaban consigo una disminución de salario, debido a esto con mayor tiempo disponible para otras actividades extras al trabajo y el mismo sueldo existe la posibilidad de que los usuarios vean de mejor manera el realizar otras actividades, lo que a su vez promueve el uso del automóvil al pasar de un tour de viaje simple de ida y vuelta al trabajo, a uno complejo con más actividades (Cirillo y Axhausen, 2002).

El segundo modelo, Migración Jerárquico con variación en los gustos, es básicamente el mismo que el Migración Jerárquico anterior, salvo la inclusión de un parámetro de variación sistemática en los gustos. Se constata que existe la posibilidad de unir los dos enfoques, en este caso tomando como base el JM.

Por último se muestra el modelo propuesto en esta tesis, el cual es una variación del Migración Jerárquico con variación en los gustos más algunos cambios que mejoran la performance del modelo, éstos son la inclusión de una interpretación de inercia y de una variable de actividad extra al trabajo, la cuál a pesar de tener un test-t bajo (alrededor de 1,5) mejora el número de casos de abandono que el modelo predice exitosamente. La variable de inercia recoge si el usuario usó el modo de transporte público correspondiente en el período anterior, aumentando con esto la probabilidad de elegir este modo. De acuerdo a lo anterior la forma de especificar la inercia en el modelo se muestra en (5.16).

$$U_{b_a}^t = U_{b_a}^t + Inercia \cdot E_b^{t-1}, \forall b \in \text{transporte público} \quad (5.16)$$

Donde E_b^{t-1} toma el valor 1 si el usuario utiliza el modo b (en este caso particular de transporte público) en el período $t-1$ y 0 en otro caso.

Al probar esta variable en la modelación surgió el problema de que interfería en la calibración de los parámetros de las otras variables, haciendo incluso algunos no significativos. La razón de esto es que la inercia en sí recoge el efecto de dificultad al cambio, lo que está modelado de cierta forma en la función migración. De acuerdo a lo anterior, usar la variable inercia sería valido (según esta especificación) en el caso de que las variables ya existentes no sean capaces de reproducir la elección de algún modo en particular. En este caso la variable aportaría por si sola en la explicación, modelando el hecho de que algunas personas siguen en el modo que utilizan regularmente por razones distintas a las de los otros modos y desconocidas para el modelador. Como la función migración solo afecta a los usuarios no cautivos, el parámetro de inercia es activo sólo en el caso de que el usuario sea cautivo, por la misma razón de no interferir con lo que ya recoge la función migración.

Por todo lo anterior, se utiliza la variable inercia solo para el caso de los usuarios de modos con taxi colectivo cautivos, ya que el modelo sin esta variable no es capaz de reproducir bien la elección.

En la Tabla 5.2 también se muestra el resultado para distintos test de bondad de ajuste y de capacidad de reproducir casos exitosos (*first preference recovery*-FPR). El *first preference recovery* mide el número de veces sobre el total de observaciones, en que el modelo le asigna la mayor probabilidad de elección a la alternativa elegida, en la tabla se reportan tres indicadores relacionados con el FPR. El FPR modal recoge los resultados sobre la elección de cada modo, el FPR modal NP recoge el resultado de éxito sólo en los modos no públicos y el FPR migración el resultado del indicador a nivel de nidos (migró o no migró). En resumen se observa que tanto los resultados de ajuste como de FPR muestran que el modelo propuesto es superior a todos otros modelos, por lo cual se elige como el modelo a utilizar para simular distintos escenarios y extraer conclusiones. Los resultados son analizados en el capítulo 6.

6 Análisis de resultados

En este capítulo se analiza, en primer lugar, los parámetros estimados por el modelo propuesto definido en el capítulo anterior, haciendo un reporte de la magnitud y signo de cada parámetro así como también una comparación entre la importancia o peso que tiene cada uno en la utilidad. En segundo lugar, se analizan tres escenarios distintos donde se prueba la sensibilidad del modelo en predecir el abandono. En el primer escenario se sensibiliza de acuerdo a la variable ICPH (índice de cumplimiento plaza-hora), en el segundo escenario se analiza la variación de la tarifa de transporte público y en el tercero y último, se le agrega la disponibilidad del modo auto chofer a un grupo de usuarios de transporte público.

El objetivo detrás de analizar los parámetros estimados por el modelo propuesto, es identificar qué tipo de usuarios presentan características que los hacen más vulnerables a abandonar el transporte público. Tradicionalmente los modelos de partición modal han mostrado el efecto que tienen variables como el tiempo de viaje, caminata, espera y tarifa en el cambio de modo, lo cual sigue siendo válido en el abandono o cambio desde el transporte público hacia otros modos. Lo anterior también es válido para el caso específico de esta tesis, debido a que todas las variables anteriormente mencionadas dieron significativas como se mostró en la Tabla 5.2.

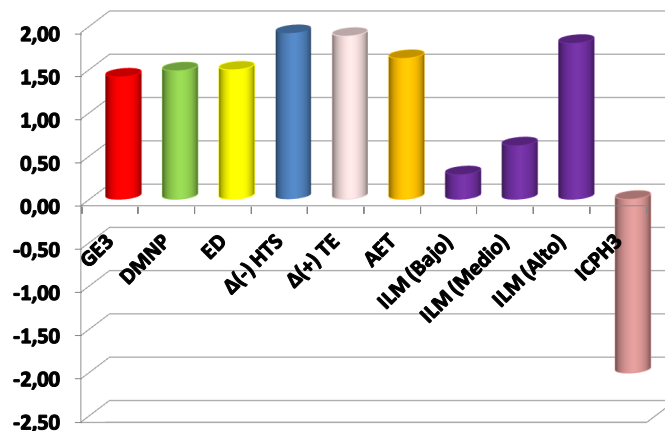
En el modelo propuesto además de las variables tradicionales de modelos de partición modal, se incluyen un grupo de variables que reflejan rasgos socioeconómicos, etarios, de actividad entre otros que son los que posibilitan identificar qué tipo de usuario sería más o menos riesgoso de abandonar. Las variables a analizar son incluidas en el modelo propuesto a través de la función migración como ya ha sido mencionado anteriormente.

Al analizar los parámetros respectivos a las variables incluidas en la función migración es importante recordar que parámetros positivos “incentivan” a los usuarios a migrar, mientras que valores negativos ejercen el efecto contrario, además todas las variables, excepto el ingreso, son dicotómicas por lo cual pueden ser comparadas directamente con el valor del parámetro. En el caso del ingreso se multiplica el valor del parámetro estimado por tres ingresos promedio representativos de los niveles bajo, medio y alto. Para el estrato bajo se considera un ingreso promedio de \$246.362, para el medio de \$537.235 y para el alto \$1.566.667 (pesos chilenos diciembre 2008). Es importante destacar que los promedios de ingreso no incluyen a usuarios cautivos por lo que el ingreso promedio debería disminuir si se incluyeran estos últimos.

La Figura 6.1 muestra el aporte de las variables de la función migración. Se sabe que la notación está simplificada y no se especifica periodo ni grupo de usuarios que afecta. A priori son sólo los usuarios no cautivos, mientras que para las variables de cambio en el tiempo de espera y de actividad extra al trabajo se segmenta además por usuarios de metro y menores de 35 años respectivamente. Se observa que sólo una de las variables asociadas a la función migración se

relaciona con usuarios propensos al abandono (ICPH3), la cual se asocia a la calidad de servicio que experimentan los usuarios. La importancia de la calidad del servicio en la retención de los usuarios el modelo la refleja en el módulo del parámetro ICPH3.

Figura 6.1: Variables de la función migración



Analizando los signos resultantes se puede verificar las hipótesis planteadas anteriormente para cada variable. Las variables con signo positivo son características que promueven el abandono. La primera corresponde al grupo etario 3 (usuarios mayores de 49 años) y como ya se ha analizado en capítulos anteriores, esto se respalda por la hipótesis proveniente del análisis de los ciclos de vida. Significativo en el abandono resultó la variable que recoge el hecho que un usuario agregue un nuevo modo de transporte no público a su set de opciones, en el caso de que anteriormente este usuario haya sido cautivo del transporte público la variable indica que éste deja de serlo. Otro factor relevante es que los usuarios tengan estacionamiento de fácil acceso en el destino de su viaje. En el caso de la disminución de las horas de trabajo semanal, su interpretación no es directa y como se mencionó anteriormente al presentar las variables del modelo, la hipótesis para explicar que esta disminución promueva el abandono es que al tener más tiempo disponible para otras actividades, manteniendo el mismo ingreso, es posible que los usuarios elijan modos que les hace más cómodo realizar varias etapas en el tour diario. Otra hipótesis es tomar el caso en que su disminución se deba a que si se entra más tarde al trabajo, se tiene más tiempo disponible para viajar. Esta hipótesis cobra gran relevancia conociendo el hecho de los altos grados de hacinamiento experimentados por los usuarios de transporte público en el periodo de la punta mañana donde se realiza en su mayoría el viaje al trabajo.

La variable de aumento del tiempo de espera, en este caso sólo es significativa para los usuarios de metro. Esto se puede explicar porque los usuarios de metro, como se vio en la sección 4.1, antes de Transantiago estaban acostumbrados a estándares de calidad muy altos, lo que fue deteriorado en alguna medida por la gran demanda nueva que se agregó al introducir el nuevo sistema de transporte lo que provocó a su vez que el tiempo de espera aumentara debido a que los usuarios no podían tomar el primer carro que llegaba al estar repleto (mayor incertidumbre de

cuando se aborda el tren). La actividad extra al trabajo es significativa en este caso solo para usuarios menores de 35 años, esta variable mezcla tanto hipótesis sobre ciclo de vida como de patrón de actividades, lo que en conjunto hace que se provoque un efecto de abandono. La variable ingreso líquido mensual recoge el hecho de que usuarios con mayores ingresos son más sensibles al abandono ya que, al tener más ingresos, existe la posibilidad de acceder a modos más caros (como el automóvil) y en general tienen estándares de comodidad y seguridad (en el contexto de seguridad ciudadana) más altos.

Como fue mencionado antes, la única variable significativa resultante que promueve la permanencia es la que recoge el hecho de que, en promedio, el servicio que reciben los usuarios de acuerdo a su ubicación geográfica es bueno. La variable ICPH3 (índice de cumplimiento plaza-hora alto) muestra que los usuarios que son servidos con sobre un 93% de cumplimiento en cuanto a las plazas por hora, son más propensos a seguir en el transporte público ya que estarían recibiendo un buen servicio. Lo anterior muestra que un buen servicio es muy relevante a la hora de disminuir la migración hacia modos no públicos, por lo que preocuparse de este hecho es de suma importancia para reducir la congestión en las ciudades.

Mención aparte tiene el parámetro mixto que relaciona la no disponibilidad del modo de transporte público que regularmente se utiliza (en la ola “antes”) con la variable costo/tasa salarial.

Para un mejor entendimiento se muestra la expresión de como se incluye el parámetro mixto en la utilidad (6.1).

$$CS(\beta_{CS} + \beta_{DMP(CS)} \cdot DMP^{\Delta t}) \quad (6.1)$$

Al comparar el valor del parámetro $\beta_{DMP(CS)}$ (-0,274) con el del costo β_{CS} (-0,014) se constata que estos usuarios se hacen mucho más sensibles al costo del transporte que el resto. Es importante destacar que el modo más costoso por excelencia es el auto chofer y combinaciones con éste, debido a esto se puede decir que los usuarios que pierden el modo de transporte público que regularmente usan son adversos a elegir este modo de transporte y a la vez propensos a elegir modos menos costosos. Al analizar lo anterior se puede decir que perder el modo de transporte público que regularmente usa no aumenta directamente la probabilidad de abandono sino que es consecuencia de elegir un modo que reemplace al que ya no está disponible tratando de mantener los mismos estándares, sobre todo de costo.

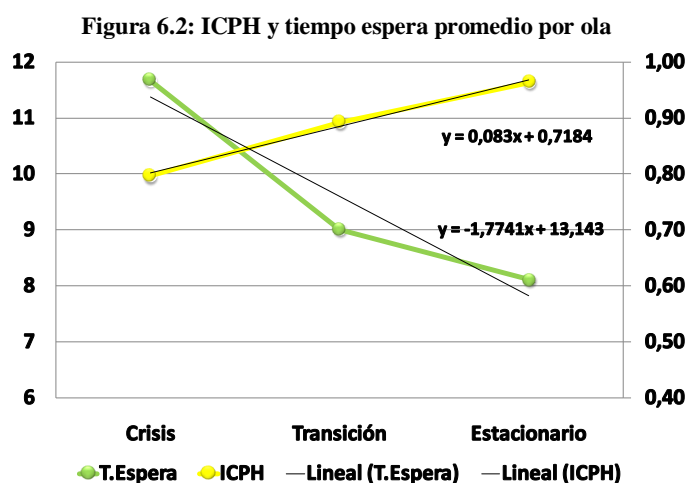
Concluido el análisis del aporte de las variables de la función fuga, se analizan tres escenarios que sirven para ver la sensibilidad del modelo propuesto de predecir el abandono. El primero de los escenarios prueba cuan sensible es el modelo respecto a distintos aumentos del índice de

cumplimiento plaza hora (ICPH), el segundo trata sobre la sensibilidad respecto al alza de tarifas y el tercero de un aumento en el número de usuarios de transporte público con automóvil disponible para su viaje al trabajo.

Como fue explicado en la sección 4.2, el ICPH mide el rendimiento de los operadores en cuanto a plazas hora entregada (que salen a la calle) comparándolas con las estipuladas en contrato. Al analizar las plazas hora entregadas se ve que éstas están estrechamente relacionadas con el tiempo de espera que experimentan los usuarios, ya que mayor número de plazas significa, a priori, una mayor frecuencia de buses lo que implica menores tiempos de espera.

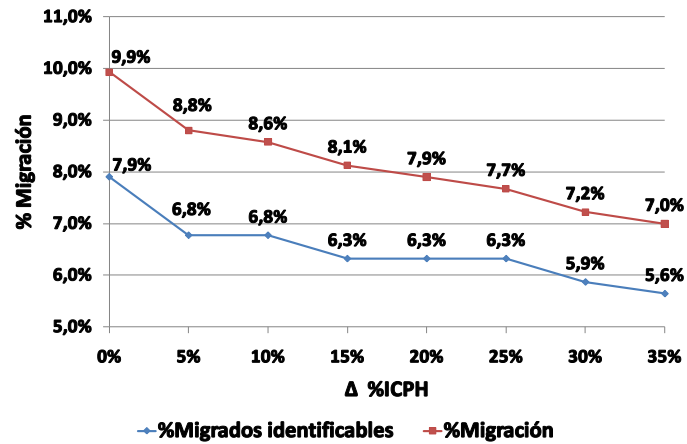
Por lo anterior se debe tener en cuenta que, a priori, no existiría una independencia entre las variables tiempo de espera e ICPH.

La Figura 6.2 muestra la relación antes mencionada entre ICPH y tiempo de espera (para ambos, ICPH y tiempo de espera, se considera la media entres los usuarios para cada ola), se observa que mientras el ICPH aumenta, a medida que se aleja la puesta en marcha de Transantiago, el tiempo de espera disminuye. Se ve que ambas, principalmente ICPH, siguen una tendencia lineal, las que se representan por dos regresiones lineales.



Al analizar la relación ICPH-tiempo de espera, surgen consideraciones que se deben tomar en cuenta. La primera es que el ICPH de cada operador tendrá como límite el valor 1, lo que significa que su rendimiento se apega estrictamente a contrato. Puede suceder que haya valores mayores que uno pero esto es muy excepcional y se contradice con la lógica de los operadores de minimizar costos. La segunda consideración es que aún cuando el ICPH aumente, el tiempo de espera no puede ser inferior a un valor mínimo. Estos valores fueron obtenidos de los tiempos mínimos para los distintos modos de transporte público que tienen el bus en alguna de sus etapas (bus, bus-metro, taxi colectivo-bus).

Figura 6.3: Aumento porcentual de ICPH versus porcentaje de fugados



En la Figura 6.3 se pueden ver los resultados de simulaciones de aumentos del ICPH entre 5% y 35%. La curva superior muestra el resultado del total de abandonos que se calcula al sumar la partición modal de los modos no públicos. En la curva inferior se observa el número de migrados posibles de identificar ya que éstos presentan una probabilidad de abandono mayor al 50%, donde ésta se calcula como uno menos la probabilidad del nido no migración.

Al analizar los resultados, uno de los aspectos a destacar es que en promedio un 20% de los usuarios que abandonan no son posibles de identificar. La razón de identificarlos es de suma importancia para establecer mapas que indiquen qué usuarios son los que abandonarían/permanecerían en distintos escenarios con lo que se pueden tomar acciones enfocadas directamente a éstos.

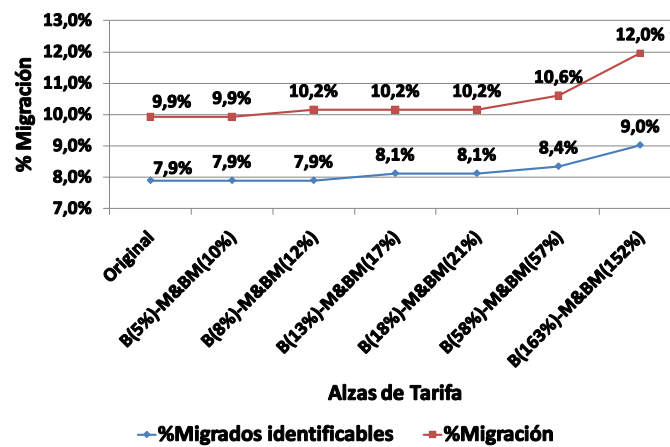
En lo que respecta al escenario dos, se prueba la sensibilidad del modelo respecto a una serie de alzas de tarifa. Las primeras cuatro son alzas reales que se han concretado desde la implementación de Transantiago hasta la actualidad, junto a éstas se agregan dos alzas “ficticias” de posibles escenarios futuros.

La Tabla 6.1 muestra el resumen de alzas con respecto a la tarifa original para cada modo de transporte público ligado a Transantiago y para la categoría de usuario estudiante (se incluye esta última ya que algunos usuarios de la base de calibración presentan la particularidad de ser trabajadores y tener pase estudiante).

Tabla 6.1: Resumen de alzas de tarifa por modo y categoría de usuario

Alza	Fecha	Tarifas			
		Bus	Metro	Bus-Metro	Estudiante
Original	-	380	420	420	130
1	12/02/2009	400	460	460	130
2	27/03/2010	410	470	470	130
3	17/04/2010	430	490	490	140
4	17/05/2010	450	510	510	150
5	Ficticia 1	600	660	660	150
6	Ficticia 2	1000	1060	1060	150

Figura 6.4: Escenarios tarifarios versus porcentaje de fugados



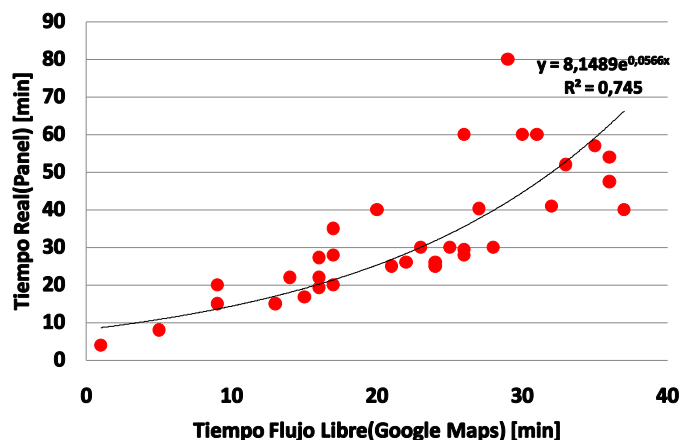
La Figura 6.4 muestra el resultado del escenario dos. Se observa que las primeras cuatro alzas de tarifas y la primera ficticia no producen un aumento considerable en el porcentaje de fuga, sólo al llevar la tarifa del bus a \$1.000 se comienza a observar una tendencia mayor en el porcentaje de usuarios que abandonan el transporte público. El resultado anterior revela que la tarifa no influye de manera importante en el abandono de usuarios a corto plazo (no considera posible compra de automóvil debido al aumento de la tarifa), dentro de los valores tarifarios que se manejan en la actualidad. Al igual que el escenario de los ICPH, se muestra la curva de los usuarios “identificables” con la que en promedio se tiene una diferencia del 21% con respecto a la de los totales de migración.

En el escenario tres se agregan, para algunos usuarios de transporte público, el modo auto chofer dentro del grupo de modos disponibles. Para agregar un nuevo modo disponible es necesario contar con las variables de servicio del modo nuevo, en el caso del auto chofer son principalmente tiempo de viaje, tiempo de caminata y tarifa (tarifa/ tasa salarial en este caso particular). Los criterios de elección de los usuarios y de estimación de variables de servicio se describen a continuación:

Primeramente se elige a cuáles usuarios agregarle el nuevo modo disponible, para esto se eligió a los usuarios de transporte público que no tienen el modo auto disponible, con un ingreso igual o superior al promedio de los usuarios de ingreso medio que tienen auto disponible. La media del ingreso de los usuarios con ingreso medio (entre trescientos cincuenta mil y un millón de pesos) que tienen disponible el modo auto chofer es de \$667.857 por lo que en definitiva al redondear las cifras se optó por considerar el valor de \$650.000. De acuerdo al criterio anterior aumentó del 25% al 30% el porcentaje de usuarios de transporte público con modo auto chofer disponible.

En cuanto al procedimiento para obtener las variables de servicio del nuevo modo se consultó a la herramienta online *Google-Maps* (<http://maps.google.cl/>) de donde se obtuvo valores aproximados para la ruta más probable de acuerdo al origen y destino del viaje, para el tiempo de viaje y la distancia recorrida. En el caso del tiempo de viaje fue necesario establecer una corrección por congestión ya que los valores que entrega *Google-Maps* corresponden a los de flujo libre, para esto se consideró la relación para los valores reales (base de datos) y teóricos (*Google-Maps*) de los usuarios del modo auto chofer.

Figura 6.5: Regresión exponencial tiempo de viaje flujo libre-tiempo de viaje real



La Figura 6.5 entrega el resultado de la regresión exponencial entre el tiempo flujo libre de *Google-Maps* y el real, o con congestión, de las bases de datos. Otro factor a considerar fue el tiempo de caminata. Éste se obtuvo promediando los tiempos de caminata de los individuos que tienen disponible el automóvil de lo cual se obtuvo el promedio de 3,2 minutos.

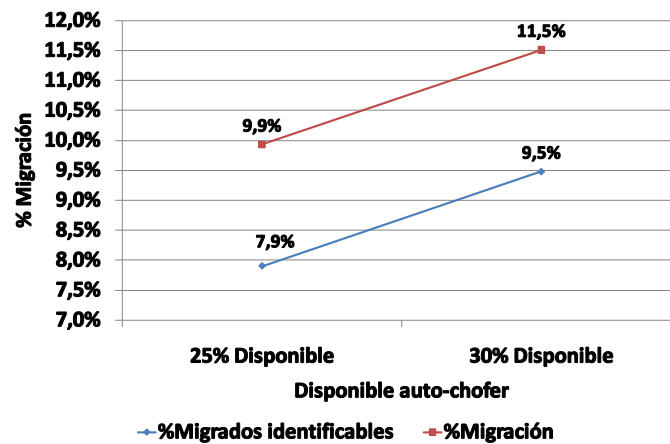
La segunda parte relevante al estimar las variables de servicio es la tarifa. De acuerdo a la ruta y destino del viaje se consideran tres componentes de la tarifa: bencina, estacionamiento y pago de autopistas urbanas (Tag). Para el caso de la bencina se consideró el valor ocupado en la ola 1 (\$645/ el litro) reajustado según IPC (<http://www.ine.cl>) específico de la bencina para un automóvil de consumo promedio 10 kilómetros por litro. En el caso del estacionamiento (Mansilla, 2008) se considera para la casa central y hospital una tarifa de \$1.350 diarios, mientras

que para campus oriente \$150 diarios (solo propina), los valores del costo de estacionamiento fueron reajustados según el IPC general ya que, al igual que la bencina, las tarifas de estacionamiento son correspondientes a las de la ola 1. Por último para el caso del pago por autopistas urbanas, se identificaron los tramos de ruta en *Google-Maps* y de acuerdo a esto se calcularon los valores basándose en las páginas webs de los distintos concesionarios de autopistas, al igual que los casos anteriores los valores fueron reajustados según IPC ya que estos corresponden a dinero actual (junio 2010).

Con todo lo anterior se calculó la tarifa final y con ésta la variable definitiva tarifa/tasa salarial

$$(CW = \frac{\text{costo}_{\text{modo}}}{\text{tasa salarial}} = \frac{\text{tarifa}_{\text{modo}}}{\frac{\text{Ingreso}}{\text{Horas Trabajo Semanal} \cdot 4.3 \cdot 60}}) \text{ (Mansilla, 2008).}$$

Figura 6.6: Escenario original y con nuevos usuarios con auto chofer disponible versus porcentaje de fugados



La Figura 6.6 muestra los resultados del escenario tres. Se observa que al aumentar los usuarios de transporte público con auto disponible en un 5% (25% a 30%) según el criterio especificado anteriormente, el porcentaje de fugas aumenta en 1,6% (9,9% a 11,5%). Al igual que los escenarios anteriores, se muestra también la curva de los usuarios “identificables” con la que en promedio se tiene una diferencia del 19% con respecto a la de los totales de migración.

7 Conclusiones y líneas futuras de investigación

7.1 Síntesis y conclusiones

El presente trabajo ha mostrado una metodología para estudiar el tema de la migración de usuarios de transporte público hacia otros modos.

En un la primera parte se presenta una revisión del estado del arte de la modelación de fuga de clientes (nombre más usado en la literatura en general), el cual está ampliamente desarrollado en el área de marketing y finanzas, pero poco en el área de transporte, donde la mayoría de estos están enfocados a estudiar la retención de clientes de líneas aéreas comerciales (Rust et al, 2004). En el caso de transporte urbano, específicamente transporte público, son pocos los estudios relativos al tema, aunque en el último tiempo han surgido algunos que lo exploran (Brög y Kahn, 2003; Minser y Webb , 2009; Trepanier y Morency, 2010).

Cuando se compara el tema de la fuga de clientes de entidades con fines de lucro con la fuga de usuarios del transporte público, salta a la vista la primera gran diferencia entre estas dos áreas: mientras en las primeras se busca retener clientes con el objetivo de maximizar el beneficio privado (o minimizar costos), en el transporte público el objetivo es retener usuarios para maximizar el beneficio social. A pesar de que en el transporte público el interés mayor es proveer de un buen servicio a los usuarios por parte de los planificadores, es de suma importancia que los operadores tengan incentivos para mejorar el servicio ya que retener usuarios (o clientes) aumentaría sus ganancias, ya sea por ganancia directa por pasajero transportado o para cumplir un contrato por número de pasajeros transportados, como es el caso de Transantiago.

Entender mejor la demanda y cómo reaccionaría ante distintos cambios en el servicio es lo que se busca, ya que saber las diferencias de comportamiento de distintos tipos de usuarios puede servir para enfocar mejor los recursos destinados a satisfacer la demanda. Además de entender a cada tipo de usuario es importante saber cómo se comportarían ante diversos cambios, ya que eso da la opción de tomar medidas preventivas que disminuyan la probabilidad de que los usuarios abandonen el sistema de transporte público y migren principalmente al automóvil, lo que aumenta la congestión y provoca una pérdida de beneficio social. En resumen lo que se pretende es saber cuan estable o inestable es la demanda de transporte público y como ésta reacciona ante cambios en el sistema, de forma detallada y conociendo las necesidades de distintos grupos de usuarios.

Obviar la existencia de distintos tipos de usuario con distintas necesidades, puede llevar a los planificadores a tomar malas decisiones que pueden producir efectos difíciles de revertir en el corto y mediano plazo, como por ejemplo volver a captar antiguos usuarios de transporte público que lo abandonaron por malas experiencias con el servicio y migraron hacia el automóvil. Uno de

los conceptos muy presentes en el área del marketing y las finanzas, es el que sólo un usuario descontento puede ser el inicio de una cadena de usuarios descontentos, lo que a su vez provoca que se genere un clima de descontento que hace que el producto o servicio sea mal evaluado y se deje de consumir por grandes masas. Lo anterior se podría aplicar a lo sucedido con la implementación de Transantiago. Otro factor importante a ser considerado es que las personas valoran las mejoras de acuerdo a sus expectativas y no a su situación actual, lo que aumenta el número de personas insatisfechas (Friman, 2004). Los trabajos anteriormente mencionados más otros como el de Goodwin (2007) sirvieron para extraer hipótesis respecto al abandono, cuya veracidad será investigada en las bases de datos disponibles en esta tesis, sobre todo el Panel de Santiago.

El Panel de Santiago (Mansilla y Yañez, 2008), consta de cuatro olas divididas temporalmente antes, durante y después de la puesta en marcha de Transantiago. Esta base tiene la particularidad de ser la única que recoge el comportamiento de los usuarios al ser incorporado el sistema que reemplazó a las “micros amarillas”. Al tener un seguimiento en el tiempo se pudo estudiar el tipo de usuario que abandonó el transporte público así como las características del sistema en el tiempo que ocurrió el abandono. La base de datos de panel fue complementada con otros datos, principalmente de satisfacción, calidad de servicio y evasión de los modos Transantiago (bus y metro).

Una vez explorado los datos y las hipótesis recogidas de la revisión de la literatura, se procedió a plantear un modelo específico para estudiar el abandono. Anteriormente se revisaron distintas opciones de modelación aunque la principal fuente fueron los modelos de la familia Logit Multinomial. De acuerdo a lo anterior se eligió un modelo MNL jerárquico específico, con modificaciones para capturar de mejor manera el abandono.

Una vez planteado el modelo se procedió a la calibración de este, considerando principalmente variables que representan las hipótesis sobre el abandono vistas anteriormente así como también otras encontradas al explorar los datos. El último paso consistió en analizar los resultados de la calibración y generar distintos escenarios donde se probó la sensibilidad del modelo en el contexto del abandono.

Al analizar los objetivos planteados al principio de la tesis, se puede decir que estos fueron cumplidos de forma satisfactoria. Se logró establecer una metodología para estudiar el abandono, y probar distintas hipótesis, concluyendo que muchas de ellas son ciertas. También se logró calibrar un modelo para predecir el abandono.

Antes que todo, es importante recordar que los resultados obtenidos en esta tesis fueron a partir de datos que sólo consideran trabajadores que realizan su viaje en la mañana, cuyos destinos sólo

abarcan algunos puntos de la ciudad. Esto en ningún caso le quita validez a los resultados, pero sí hace necesario en la medida de lo posible, extender el estudio a más tipos de usuarios para tener un mejor entendimiento del tema.

Analizando los resultados, es posible concluir que el abandono depende del tipo de usuario, así como también de las características del sistema de transporte. Además se vio que la historia de los usuarios es importante a la hora de tomar la decisión de elegir modo, así como también en la decisión particular de abandonar o no el transporte público. Los resultados permiten establecer los tipos de usuarios con más riesgo de abandono: estos serían mayores de 50 años, con ingreso alto, que agregan nuevos modos alternativos disponibles al transporte público, con estacionamiento de fácil acceso en el destino, con más tiempo disponible para hacer actividades extras a la principal (trabajo) y que realizan actividades extras al trabajo. Para el caso de los usuarios de metro la lectura no es tan directa pero esconde un fenómeno no menos importante, para estos se observó que un aumento en el tiempo de espera aumenta su probabilidad de abandono. Es un hecho que desde la puesta en marcha de Transantiago el metro de Santiago adoptó medidas que aumentaron la frecuencia del servicio, debido a esto, la única explicación posible de un aumento en el tiempo de espera es la imposibilidad de tomar el primer carro que llega a raíz de la congestión y saturación en los vagones; por lo tanto, más que un aumento de tiempo de espera por sí mismo, la variable refleja la pérdida de confiabilidad y aumento en la incertidumbre del tiempo total de viaje de los usuarios de metro.

Además de lo anterior, se encontró que los usuarios de transporte público que se vieron forzados a cambiar de modo (el modo que usaban regularmente no lo tienen disponible debido a cambio de hogar o cambio estructural del sistema) son indirectamente propensos al abandono, ya que éste es consecuencia de encontrar un modo sustituto con estándares de calidad y costo similares, lo que conduce que al no encontrar un sustituto adecuado en el transporte público optan por viajar en modos alternativos baratos como bicicleta, auto-acompañante o caminata.

Por otro lado los usuarios de bus que tienen un buen servicio (plazas por hora mayor al 93%) son propensos a quedarse en el sistema de transporte público.

Junto con lo anterior, es importante tener en cuenta que siempre el abandono está influenciado por el nivel de servicio de los distintos modos al momento de hacer la elección.

Al analizar la calibración de los modelos y el modelo elegido, se observa que aún existen efectos que no se pudieron capturar con los datos usados para calibrar. Los resultados de la sección 4.1, tanto para metro como para bus, muestran que la comodidad dentro del vehículo es de suma importancia para los usuarios, más aún sabido el alto grado de hacinamiento observado en la

punta mañana, cerca de la puesta en marcha de Transantiago y que aún se observa en la actualidad, aunque en menor medida.

Lo anterior da indicios de que el medir la comodidad durante el viaje (grado de hacinamiento) es de vital importancia para obtener mejores resultados y tener modelos que predigan el abandono de mejor manera.

Un resultado interesante que se obtuvo en esta tesis fue la relación abandono-evasión-ingreso. Los datos muestran que desde la implementación de Transantiago el fenómeno de la evasión del pago de la tarifa ha ido en aumento, por lo que es una preocupación constante tanto de los planificadores de transporte como de los operadores. De hecho, los sectores de la ciudad donde existe mayor evasión son a la vez los sectores donde el ingreso promedio es menor, lo que lleva consigo la existencia de un mayor porcentaje de usuarios cautivos, esto a consecuencia de que no pueden acceder al automóvil y sus viajes, en general, son de largas distancias lo que les dificulta usar modos alternativos como caminata o bicicleta; a su vez se observa que los sectores con menores ingresos tienen menores índices de calidad de servicio. Resumiendo, las zonas donde hay más abandono son las de mayores ingresos, las que a su vez tienen mejores índices de servicio y menor evasión del pago de la tarifa. Por otro lado en las zonas con menores ingresos se producen menos abandonos (más cautivos) y existe un mayor grado de evasión. Lo anterior nos hace reflexionar si la evasión en el pago de la tarifa no es más que una forma de abandono de los usuarios que no tienen la posibilidad de hacerlo debido a que no pueden acceder a modos alternativos, principalmente el automóvil. Dicho de otra manera: los usuarios descontentos con el servicio sin posibilidad real de cambiarse, se “cambian” de manera virtual desde un modo de transporte público al mismo modo pero con costo cero, lo que hace que la utilidad del viaje aumente al no pagar el servicio. Esta hipótesis sería interesante de estudiar en investigaciones futuras.

7.2 Líneas futuras de investigación

El objetivo de esta tesis fue realizar un aporte para tener un mejor entendimiento del abandono de los usuarios de transporte público y establecer una metodología para afrontar el tema. El siguiente paso es estudiar el tema con una base de datos de gran escala para así respaldar o refutar los resultados encontrados en ella. De acuerdo a esto sería interesante probar la metodología y modelación con los datos que se pueden obtener de las transacciones bip, forma de pago de la tarifa de Transantiago, el cual tiene la ventaja de ser casi el único método con el que se puede pagar (excepto unos pocos usuarios de metro que usan boleto, el cual está en vías de eliminación), lo que permite obtener los datos de casi toda la demanda de transporte público de forma diaria.

Otra línea interesante a seguir es poder mirar el problema del abandono desde un punto de vista más amplio con respecto a lo que se considera un usuario cautivo de transporte público. En esta tesis, un usuario se considera cautivo si no tiene disponible un modo alternativo; sin embargo sería más interesante ampliar el criterio de que un usuario sea capaz de adaptar su disponibilidad endógenamente en el modelo de acuerdo a diversos factores tales como: el ingreso, la facilidad de acceder a un estacionamiento e incluso de acuerdo a la posibilidad de un cambio de actividades o de domicilio.

Un punto interesante a investigar en el futuro sería también poder tener una visión más a mediano o largo plazo de la historia del usuario y ver como ésta influye en el abandono, ya que en esta tesis sólo se consideró el periodo inmediatamente anterior al abandono.

Por último es de interés poder explorar otras técnicas de modelación, tanto de la misma familia logit como de otros modelos revisados en esta tesis como *data mining*, *support vector machine*, entre otras.

8 Referencias

- Axhausen, K.W., Zimmermann, A., Schönfelder, S., Rindsfuser, G. y Haupt, T. (2002): Observing the Rhythms of Daily Life: a Six-Week Travel Diary. **Transportation** **29**, 95-124.
- Ben-Akiva, M.E. y Bierlaire, M. (1999): Discrete Choice Methods and Their Applications to Short Term Travel Decisions. **Handbook of Transportation Science**, 5-34. R. Hall, California.
- Bhattacharya, C.B. (1998): When Customers are Members: Customer retention in Paid Membership Contexts. **Journal of the Academy of Marketing Science** **26**, 31-44.
- Brög, W. y Kahn, T. (2003): Customer Satisfaction Surveys for Public Transport Companies- Greater Efficiency through more Demand-Orientated Methods. ECOMM, Karlstad.
- Cantillo, V. y Ortuzar, J. de D. (2005): A Semi-Compensatory Discrete Choice Model with Explicit Attribute Thresholds of Perception. **Transport Research** **39B**, 641-657.
- Cantillo, V., Heydecker, B. y Ortuzar, J. de D. (2006): A Discrete Choice Model Incorporating Thresholds for Perception in Attribute Values. **Transport Research** **40B**, 807-825.
- Cantillo, V., Ortuzar, J. de D. y Williams H.C.W.L. (2007): Modeling Discrete Choices in the Presence of Inertia and Serial Correlation. **Transportation Science** **41**, 195-205.
- Cirillo, C. y Axhausen K.W. (2002): Mode Choice of Complex Tours: a Panel Analysis. *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, 142, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme. ETH, Zürich.
- Coordinación Transantiago (2009): Manual ICPH (Índice de cumplimiento plaza-hora). Unidad de servicios de transporte.
- Daemon Quest (2005): Vincular a los Mejores Clientes y Evitar la Fuga a la Competencia. **Nuevas Estrategias de Fidelización**. Diario Expansión, Madrid.
- DICTUC (2003) Actualización de encuestas Origen Destino de viajes. V etapa. Informe Final a Sectra, Santiago 2003.
- Dowling, G.R y Uncles, M. (1997): Do Customer Loyalty Programs Really Work?. **Sloan Management Review** **38(4)**, 71-82.
- Edvardsson, B. (1998): Causes of Customer Dissatisfaction-Studies of Public Transport by Critical-Incident Method. **Managing Service Quality** **8**, 189-197.
- Fader, P., Hardie, B. y Berger, P.D. (2004): Customer-Base Analysis with Discrete-Time Transaction Data. Working Paper University of Pennsylvania, Philadelphia.

- Friman, M. (2004): Implementing Quality Improvements in Public Transport. **Journal of Public Transportation** 7, 49-65.
- Gaudry, M.J.I. y Dagenais, M.G. (1979): The Dogit Model. **Transportation Research** 13B, 105-111.
- Goodwin, P. (2007): Practical Evidence on the Effectiveness of Transport Policies in Reducing Car Travel. T. Garling y L.Steg, **Threats from Car Traffic to the Quality of Urban Life**, 401-424.
- Gupta, S., Hanssens, D., Hardie, B., Kahn, W., Kumar, V., Lin, N., Ravishanker, N. y Sriram, S. (2006): Modeling Customer Lifetime Value. **Journal of Service Research** 9, 139-155.
- Gupta, S., Lehmann, D.R. y Stuart, J.A. (2004): Valuing Customers. **Journal of Marketing Research** 41, 7-18.
- Hensher, D., Stopher, P. and Bullock, P. (2003) Service quality – developing a service quality index in the provision of commercial bus contracts. **Transportation Research** 37A, 499-517.
- Hidalgo. P., Manzur, E., Olavarieta S. y Farías, P. (2008): Customer retention and price matching: The AFPs case. **Journal of Business Research** 61, 691-696.
- Isaksson, R. y Suljanovic M. (2007): Customer Retention in Service Firms: Three Case Studies of Companies in Transport-Logistic Industry. Business Administration and Social Sciences, Industrial Marketing and E-Commerce, Lulea University of Technology.
- Jay H. Baker Retailing Initiative at Wharton y Verde Group (2006): Results of the Retail Customer Dissatisfaction Study 2006.
- Mansilla, P. (2008): Diseño y Construcción de un Panel de Datos para Elección Modal. Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Manski, C. (1977): The Structure of Random Utility Models. **Theory and Decisions** 8, 229-254.
- McFadden, D. (1968): The Revealed Preferences of Government Bureaucracy. **Bell Journal of Economics and Managements Science** 6, 401-416.
- McFadden, D. (1978): Modeling the choice of residential location, in A. K. et al. (Ed.), **Spatial interaction theory and residential location**, North-Holland Amsterdam, pp. 75–96.
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (2008): Diagnóstico y diseño de método de indicadores IGS-ICS (índice de grado de satisfacción a usuarios e índice de calidad de servicio). Informe de avance N^o3: Versión corregida.

- Minser, J. y Webb, V. (2009): Quantifying the Benefits: Application of Customer Loyalty Modeling in a Public Transportation Context. Proceedings of the 2010 TRB Annual Meeting.
- Miranda, J. (2006): Modelo de Predicción de Fugas Voluntarias para una Institución Financiera Utilizando Support Vector Machines. Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil Industrial y al Grado de Magíster en Gestión de Operaciones, Universidad de Chile.
- Noland, R. (2001): Relationships between Highway Capacity and Induced Vehicle Travel. **Transportation Research 35A**, 47-72.
- Olguín, J. (2008): Modelos de Uso de Tiempo para el Gran Santiago. Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Universidad de Chile.
- Payne, A. y Frow, P. (2006): Customer Relationship Management: from Strategy to Implementation. **Journal of Marketing Management 22**, 135-168.
- Reichheld, F.R. y Sasser Jr., W. (1990): Zero Defections: Quality Comes to Services. **Harvard Business School Review 68**, 105-111.
- Reinartz, W. J. y Kumar, V. (2002): The Mismanagement of Customer Loyalty. **Harvard Business Review 80**, 86-94.
- Reinartz, W. J. y Kumar, V. (2003): The Impact of Customer Relationship Characteristics on Profitable Lifetime Duration. **Journal of Marketing 67**, 77-99.
- Rosenberg, L.J., y Czepiel, J.A. (1984): A Marketing Approach to Customer Retention. **Journal of Consumer Marketing 1**, 45-51.
- Rust, R.T, Lemon, K.N. y Zeithaml V.A. (2004): Return on Marketing: Using Customer Equity to Focus Marketing Strategy. **Journal of Marketing 68**, 109-127.
- Smith, K.A., Willis, R.J. y Brooks, M. (2000): An Analysis of Customer Retention and Insurance Claim Patterns Using Data Mining: A Case Study. **Journal of the Operational Research Society 51**, 532-541.
- Swait, J.D. y Ben-Akiva, M.E. (1987a): Incorporating Random Constraints in Discrete Models of Choice Set Generation. **Transportation Research 21B**, 91-102.
- Swait, J.D. y Ben-Akiva, M.E. (1987b): Empirical Test of a Constrained Choice Discrete Model: Mode Choice in Sao Paulo, Brazil. **Transportation Research 21B**, 103-115.
- Thomas, J.S. (1997): Econometric Analysis of Customer Retention in an Aviation Trade Organization. **Transportation Research Record 1567**, 33-40.

- Thomas, J.S. (2001): A Methodology for Linking Customer Acquisition to Customer Retention. **Journal of Marketing Research** **38**, 262-268.
- Trepanier, M. and Morency, C. (2010) Assessing transit loyalty with smart card data. Proceedings of the 12th WCTR. Lisbon, Portugal.
- Tversky, A. (1972): Elimination by Aspects: a Theory of Choice. **Psychological Review** **79**, 281-299.
- Weinstein, A. (1994): **Market Segmentation Revised Edition**. Probus Publishing Company, Chicago.
- Williams, H.C.W.L. (1977) On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit. **Environment and Planning** **9A**, 285-344
- Woo, J.Y., Bae, S.M. y Park, S.C. (2005): Visualization Method for Customer Targeting Using Customer Map. **Expert Systems with Applications** **28**, 763-772.
- Yañez, M.F. (2008): Un Panel de Datos para Captar los Cambios Introducidos por Transantiago. Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil Industrial, con Diploma en Ingeniería en Transporte, Pontificia Universidad Católica

9 Anexo A: Código GAUSS del Modelo Abandono-Permanencia

A continuación se presenta el código en el programa GAUSS de Aptech, con que se calibró el modelo “JMVSG2”. Cabe destacar que cambiando parámetros es posible rescatar los modelos intermedios mostrados en la calibración.

```
cls
new;
closeall;
library MAXLIK;
#include MAXLIK.EXT;
maxset;

output file = JMVSG2.out reset;

output on;
outwidth 230;

/*
Diccionario
Públicos
3@TXC@
4@MET@
5@BUS@
10@TXC_MET@
11@BUS_MET@
12@TXC_BUS@

No Públicos
1@ACH@
2@AAC@
6@CAM@
7@BIC@
8@ACH_MET@
9@AAC_MET@
*/

atributos = xlsreadm("datos.xlsx","A3:BI445",1,"");
vservicio = xlsreadm("datos.xlsx","A3:EV445",2,"");

// Calculo de utilidades de los modos

modos = {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12};

elige = dummybr(vservicio[.,152],modos);
elige_t1 = dummybr(vservicio[.,79],modos);

vec_tv = {1,1,1,1,0,1,1,1,1,1,1};
vec_tc = {1,1,1,1,1,0,1,1,1,1,1};
vec_te = {0,0,1,1,1,0,0,1,1,1,1};
vec_tr = {0,0,0,0,1,0,0,1,1,1,1};
vec_cs = {1,0,1,1,1,0,0,1,1,1,1};
vec_D1tc = {1,0,1,1,1,0,0,1,1,1,1};
vec_In = {0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,1};
```

```

declare V,n,V_P,D_P,V_NP,D_NP,EMU_NM,M,P_NP,P_P,P_aux,L,NC,P_NM,P_MP,P_P1,NCCB;
proc LIK_JM(param,x);

```

```

V = zeros(rows(x),rows(modos));

```

```

// Utilidades de los modos de transporte publico para t1

```

```

n = 1; // contador para crear matriz de utilidades

```

```

for i (1,rows(modos),1);

```

```

V[.,n] =

```

```

param[n] +
vec_tv[modos[i]] * param[rows(modos)+1] * x[.,92+5*(n-1)] +
vec_tc[modos[i]] * param[rows(modos)+2] * x[.,93+5*(n-1)] +
vec_te[modos[i]] * param[rows(modos)+3] * x[.,94+5*(n-1)] +
vec_tr[modos[i]] * param[rows(modos)+4] * x[.,95+5*(n-1)] +
vec_cs[modos[i]] * param[rows(modos)+5] * x[.,96+5*(n-1)] +
vec_D1tc[modos[i]] * param[rows(modos)+20] * (x[.,96+5*(n-1)].*(atributos[.,36].*NC)) +
vec_In[modos[i]] * param[rows(modos)+21] * (1+atributos[.,45+n].*x[.,79+n].*(1-NC));

```

```

n = n+1;

```

```

endfor;

```

```

// Utilidades y disponibilidades modos públicos y no públicos

```

```

V_P = V[.,3]~V[.,4]~V[.,5]~V[.,10]~V[.,11]~V[.,12];

```

```

V_NP = V[.,1]~V[.,2]~V[.,6]~V[.,7] ~V[.,8] ~V[.,9] ;

```

```

D_P = x[.,82:84]~x[.,89:91];

```

```

D_NP = x[.,80:81]~x[.,85:88];

```

```

// EMU_NM

```

```

EMU_NM = param[rows(modos)+6]*ln(sumr(exp(V_P/param[rows(modos)+6]).*D_P));

```

```

for i (1,rows(EMU_NM),1);

```

```

if scalinfnanmiss(EMU_NM[i])== 1;

```

```

EMU_NM[i] = -1e100;

```

```

endif;

```

```

endfor;

```

```

// Función Migración

```

```

M = param[rows(modos)+7] * atributos[.,8] +
    param[rows(modos)+8] * atributos[.,9] +
    param[rows(modos)+9] * atributos[.,10]+
    param[rows(modos)+10]*(atributos[.,11]/100000) +
    param[rows(modos)+11]* atributos[.,36] +
    param[rows(modos)+12]* atributos[.,37]+

```


BUS
CAM
BIC
ACH_MET
AAC_MET
TXC_MET
BUS_MET
TXC_BUS;

LET nomparvs = TV
TC
TE
TR
CS;

LET nomparni = phiNM;

LET nomotros = E1
E2
E3
I
Disp1
Disp2
Dest(E)
DeHTS
DeTE
Act
ICPH1
ICPH2
ICPH3
Disp1_cs
In;

PARNAMES = nomparmod|nomparvs|nomparni|nomotros;

_max_ParNames = PARNAMES;

_max_MaxIters = 2000;

ActivoVS = { 1@tv@,
1@tc@,
1@te@,
1@tr@,
1@cs@,
1@phiNM@,
0@du_e1@,
0@du_e2@,
1@du_e3@,
1@I@,
0@disp1@,
1@disp2@,
1@Dest@,
1@deHTS@,
1@deTE@,
1@Act@,
0@du_ICPH1@,
0@du_ICPH2@,
1@du_ICPH3@,

```

1@Disp1_cs@,
1@In@ };
ActivoMod = ones(rows(modos),1);

ActivoMod[1] = 0;

_max_Active = ActivoMod|ActivoVS;

__output = 0;
__title = "JMMSG2";
_max_GradTol = 1e-5;

{param,f0,g,h,retcode} = maxprt (maxlik(vservicio,0,&LIK_JM,param_0)); @ Método de Máxima
Verosimilitud @

P_NM2 = P_aux[:,3]+P_aux[:,4]+P_aux[:,5]+P_aux[:,10]+P_aux[:,11]+P_aux[:,12];

s1 = maxc(P_aux')~maxindc(P_aux')~sumr(P_aux.*elige)~maxindc(elige')~sumr(vservicio[:,80:91])~(1-P_NM2);
print("");
print("");
print("Log Verosimilitud");
print("");
print(L);

s2 = xlswritem(s1,"datos.xlsx","B2:G444",8,"");
s3 = xlswritem(P_aux,"datos.xlsx","B2",16,"");
s4 = xlswritem(elige,"datos.xlsx","P2",16,"");
s5 = xlswritem(vservicio[:,82:91],"datos.xlsx","AD2",16,"");

output off;

```