



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEDICIÓN DE FACTORES QUE INCIDEN EN LA PERCEPCIÓN DEL TIEMPO DE
ESPERA EN PARADEROS DE TRANSANTIAGO PARA APOYAR LA TOMA DE
DECISIONES POR PARTE DEL ESTADO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL INDUSTRIAL

TAMARA YOLANDA RAMOS HERNÁNDEZ

PROFESOR GUÍA:
C. ANGELO GUEVARA CUÉ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
RICARDO SAN MARTÍN ZURITA
RODRIGO FERNÁNDEZ AGUILERA

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por FONDECYT

SANTIAGO DE CHILE
2017

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE: Ingeniera Civil Industrial
POR: Tamara Yolanda Ramos Hernández
FECHA: AGOSTO 2017
PROFESOR GUÍA: C. Ángel Guevara Cué

MEDICIÓN DE FACTORES QUE INCIDEN EN LA PERCEPCIÓN DEL TIEMPO DE ESPERA EN PARADEROS DE TRANSANTIAGO PARA APOYAR LA TOMA DE DECISIONES POR PARTE DEL ESTADO

Los proyectos de transporte son de elevado costo (del orden de USMM\$154), por lo que, en un escenario de escasez de recursos, es indispensable evaluar meticulosamente su implementación. Entre un 60% y un 80% de los beneficios de este tipo de proyectos corresponde a ahorros de tiempo, dentro de los cuales destaca especialmente el tiempo que los usuarios deben esperar por un servicio de transporte público.

Existe evidencia que sugiere que las personas sobreestiman sustancialmente el tiempo de espera realmente experimentado y que dicha sobrestimación es susceptible de ser reducida mediante intervenciones de bajo costo, como la provisión de información.

El objetivo de esta memoria es desarrollar y aplicar una metodología que permita identificar y cuantificar el impacto de los factores que determinan dicha sobreestimación, a modo de sugerir medidas que permitan incrementar el bienestar social.

El experimento se realizó contrastando el tiempo de espera declarado por cada usuario con el tiempo de espera registrado objetivamente por un observador externo en 6 paraderos de Transantiago ubicado en 3 zonas geográficas distintas. Adicionalmente se registró diversas variables situacionales; ya sea características socioeconómicas del usuario o si acaso éste había utilizado algún tipo de información para averiguar el tiempo de llegada del bus que estaba esperando. La posible relación entre la sobreestimación del tiempo de espera y las variables situacionales fue determinado mediante un modelo de regresión lineal.

Los resultados indican que efectivamente existe una sobreestimación del tiempo de espera que alcanza los 2.8 minutos en promedio. Respecto de las variables relevantes para explicar el tiempo de espera percibido, además del tiempo efectivo de espera observado, resultaron ser significativas: el motivo de viaje, el ingreso del usuario, la evaluación que este hace de Transantiago, su nivel de estrés declarado y la interacción del tiempo de espera observado con el acceso a información y la seguridad.

Estos resultados sugieren que es posible hacer intervenciones de bajo costo que permitirían reducir significativamente la percepción del tiempo de espera. Por ejemplo, la implementación de paneles con información variable sobre la hora de llegada del próximo bus proveería un ahorro potencial diario equivalente a US\$278.460, ahorro equivalente a la inclusión de un bus al sistema.¹

¹ Se considera el tiempo de espera promedio declarado por usuarios a DTPM (14,4 minutos) y 3.6 millones de viajes diarios.

DEDICATORIA

Dedico esta memoria a mis padres, quienes hicieron esto posible.
Por su apoyo y comprensión, por las arduas jornadas de trabajo y por el constante soporte que han sido para mí aún en tiempos difíciles.
Por hacer de mí la persona que hoy soy.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi profesor guía, Ángelo Guevara, por darme la oportunidad de ser parte de este proyecto. Por la constante guía, paciencia, motivación y aliento, por instruirme en el camino de la Ingeniería Civil en Transporte y por la confianza.

Agradezco a mi profesor co-guía, Ricardo San Martín, por exigirme cada día un poco más, por ayudarme a comprender lo que significa ser un Ingeniero Civil Industrial, por su capacidad de criterio, su exigencia y su consejo.

Gracias a la Universidad de Chile y la facultad de Ingeniería Civil Industrial, gracias a sus trabajadores y alumnos, quienes me han regalado momentos maravillosos en mi vida estudiantil.

Gracias a todos quienes fueron parte de este proceso: mis tíos, que con su apoyo nos acompañaron como familia durante el proceso; mis amigos: quienes, con una palabra de ánimo o una amena conversación contribuyeron a mi bienestar; mi pareja, quien ha sido un pilar fundamental.

Finalmente, agradecer nuevamente a mis padres: Elías Ramos, quien ha trabajado día tras día para asegurarme la posibilidad de estudiar, quién con manzanas y juegos de niñez inculcó en mí el amor por las matemáticas. Jaqueline Hernández, mi amada madre, mi fiel compañera, quien ha vivido en carne propia cada momento cada éxito, cada fracaso, cada temor y cada experiencia.

TABLA DE CONTENIDO

<u>DEDICATORIA</u>	<u>II</u>
<u>AGRADECIMIENTOS.....</u>	<u>III</u>
<u>TABLA DE CONTENIDO.....</u>	<u>IV</u>
<u>INDICE DE ILUSTRACIONES</u>	<u>VI</u>
<u>INDICE DE TABLAS.....</u>	<u>VIII</u>
<u>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>1</u>
1.1 MOTIVACIÓN	1
1.1.1 INVERSIÓN EN PROYECTOS DE TRANSPORTE.....	1
1.1.2 HIPÓTESIS TIEMPO DE ESPERA PERCIBIDO	2
1.1.3 IMPACTO ECONÓMICO HIPÓTESIS PRESENTADA.....	5
1.2 OBJETIVOS.....	8
1.3 RESUMEN METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	9
1.4 ALCANCES.....	10
1.5 RESUMEN DE ESTRUCTURA.....	11
<u>CAPÍTULO 2 MARCO CONCEPTUAL</u>	<u>12</u>
2.1 ANTECEDENTES GENERALES: TRANSANTIAGO.....	12
2.1.1 TRANSPORTE EN SANTIAGO.....	12
2.1.2 MINISTERIO DE TRANSPORTE	12
2.2 DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	14
2.3 PERCEPCIÓN DEL TIEMPO.....	15
2.3.1 PERCEPCIÓN DEL TIEMPO DE ESPERA EN TRANSPORTE	15
2.4 FORMULACIÓN MATEMÁTICA MODELOS DE PERCEPCIÓN	18
2.4.1 REGRESIÓN LINEAL SIMPLE Y MULTIVARIADA	18
2.4.2 REGRESIÓN LOGARÍTMICA SIMPLE Y MULTIVARIADA.....	18
2.4.3 MODELOS DE DURACIÓN EN TIEMPO CONTINUO	19
<u>CAPÍTULO 3 ANÁLISIS CRÍTICO DE LA LITERATURA: MODELOS Y VARIABLES RELEVANTES 20</u>	
3.1 MODELOS SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL TIEMPO DE ESPERA	20
3.2 VARIABLES RELEVANTES.....	23
3.2.1 VARIABLES OBSERVABLES	23
3.2.2 VARIABLES NO OBSERVABLES	28

<u>CAPÍTULO 4</u>	<u>DISEÑO Y APLICACIÓN DE METODOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS</u>	<u>32</u>
4.1	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	32
4.1.1	CUESTIONARIOS	32
4.1.2	OBSERVACIÓN	32
4.2	MUESTREO	34
4.2.1	UNIVERSO MUESTRAL	34
4.3	TOMA DE DATOS	36
4.4	METODOLOGÍA MEDICIÓN TIEMPOS DE ESPERA	38
4.4.1	CONSIDERACIONES	39
<u>CAPÍTULO 5</u>	<u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO</u>	<u>40</u>
5.1	CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA	41
<u>CAPÍTULO 6</u>	<u>MODELOS DE MEDICIÓN DE FACTORES QUE INCIDEN EN EL TIEMPO DE ESPERA BASADOS EN REGRESIÓN LINEAL</u>	<u>45</u>
6.1	REGRESIÓN LINEAL SIMPLE	45
6.2	REGRESIÓN LINEAL MULTIVARIADA	47
<u>CAPÍTULO 7</u>	<u>PROPUESTAS DE POLÍTICAS DE REDUCCIÓN DE COSTO A TRANSANTIAGO</u>	<u>56</u>
<u>CAPÍTULO 8</u>	<u>SÍNTESIS Y CONCLUSIONES</u>	<u>58</u>
8.1	PROPUESTAS DE MEJORA SOBRE LA METODOLOGÍA	59
<u>CAPÍTULO 9</u>	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>61</u>
<u>CAPÍTULO 10</u>	<u>ANEXOS</u>	<u>64</u>

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 COSTO GENERALIZADO. EXTRAÍDO DE HERZ ET AL. (2010)	4
ILUSTRACIÓN 2 REPRESENTACIÓN COSTO DEL TIEMPO DE ESPERA CON EFECTO SOBREESTIMACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....	6
ILUSTRACIÓN 3 REPRESENTACIÓN COSTO DEL TIEMPO DE ESPERA. ELABORACIÓN PROPIA.....	6
ILUSTRACIÓN 4 REPRESENTACIÓN DISMINUCIÓN DE COSTO GENERAL	6
ILUSTRACIÓN 5 REPRESENTACIÓN DISMINUCIÓN DE COSTO POR CONCEPTO DE SOBREESTIMACIÓN	6
ILUSTRACIÓN 6 TIEMPOS DE ESPERA (FAN ET AL., 2016).....	20
ILUSTRACIÓN 7 TIEMPOS DE ESPERA ((WATKINS ET AL. ,2011). ELABORACIÓN PROPIA	21
ILUSTRACIÓN 8 TIEMPOS DE ESPERA. (MISHALANI ET AL, 2006). ELABORACIÓN PROPIA	21
ILUSTRACIÓN 9 COMPARACIÓN TIEMPOS DE (HERZ ET AL. ,2010) – (DASKALAKIS & STATHOPOULOS, 2008). ELABORACIÓN PROPIA.....	22
ILUSTRACIÓN 10 COMPARACIÓN TIEMPOS DE ESPERA. (OVALLE ,2010). ELABORACIÓN PROPIA.....	22
ILUSTRACIÓN 11 UBICACIÓN CÁMARAS EN PARADA CON REFUGIO. ELABORACIÓN PROPIA.....	33
ILUSTRACIÓN 12 DISTRIBUCIÓN PARADEROS ESTUDIO TRANSANTIAGO ELABORACIÓN PROPIA.....	36
ILUSTRACIÓN 13 COMPARACIÓN CAPACIDAD DE OBSERVACIÓN CON ALTURA DE 1,4M Y 2M	37
ILUSTRACIÓN 14 MATERIALES ENCUESTADOR PRESENCIAL. ELABORACIÓN PROPIA	38
ILUSTRACIÓN 15 GRÁFICO DISPERSIÓN TIEMPOS DE ESPERA REAL Y PERCIBIDO	40

ILUSTRACIÓN 16 GRÁFICO RANGO DE EDADES PASAJEROS ENCUESTADOS Y EOD. ELABORACIÓN PROPIA.....	41
ILUSTRACIÓN 17 GRÁFICO OCUPACIÓN PASAJEROS ENCUESTADOS. ELABORACIÓN PROPIA.....	42
ILUSTRACIÓN 18 PORCENTAJE DE ENCUESTADOS SEGÚN MOTIVO DE VIAJE. ELABORACIÓN PROPIA.....	42
ILUSTRACIÓN 19 RATIO DE SOBREENESTIMACIÓN SEGÚN NIVEL DE INGRESOS ...	44
ILUSTRACIÓN 20 GRÁFICO TIEMPOS DE ESPERA PERCIBIDOS SEGÚN REGRESIÓN POR TRAMOS. ELABORACIÓN PROPIA.....	47
ILUSTRACIÓN 21 GRÁFICO FRECUENCIA TIEMPOS DECLARADOS. ELABORACIÓN PROPIA	50
ILUSTRACIÓN 23 COMPARACIÓN DE LOS DISEÑOS BÁSICOS DE INVESTIGACIÓN (MALHOTRA, 2008).	64
ILUSTRACIÓN 24 RECOMENDACIONES PARA ELABORAR CUESTIONARIOS. KOTLER, P., KELLER, K. L., ANCARANI, F., & COSTABILE, M. (2014).....	66
ILUSTRACIÓN 25 CUESTIONARIO VERSIÓN PILOTO. PARTE 1	67
ILUSTRACIÓN 26 CUESTIONARIO VERSIÓN PILOTO. PARTE 2.....	68
ILUSTRACIÓN 27 PREGUNTAS CUESTIONARIO. ELABORACIÓN PROPIA	69
ILUSTRACIÓN 28 TIPOS DE REFUGIO CON TECHUMBRE.....	70
ILUSTRACIÓN 29 CÁMARA ENCAJADA EN ENREJADO	70

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 VALORES SOCIALES DE LAS COMPONENTES DEL TIEMPO DE VIAJE	4
TABLA 2 DATOS PROMEDIO RECORRIDO 412	7
TABLA 3 ESTIMACIÓN COSTOS REDUCCIÓN DE SOBREENESTIMACIÓN V/S ADQUISICIÓN DE BUS.....	7
TABLA 4 PARTICIÓN MODAL VIAJES GRAN SANTIAGO	12
TABLA 5 ESTADO DEL ARTE INVESTIGACIÓN TIEMPOS DE ESPERA	17
TABLA 6 RESUMEN ESTUDIOS TIEMPO PERCIBIDO DE ESPERA	23
TABLA 7 VARIABLE PERÍODO DEL DÍA	24
TABLA 8 VARIABLE ACOMPAÑADO	25
TABLA 9 VARIABLE SENTADO	25
TABLA 10 VARIABLE REFUGIO	26
TABLA 11 VARIABLE PARADERO INSEGURO	26
TABLA 12 VARIABLE FRECUENCIA BUSES.....	27
TABLA 13 VARIABLE MOTIVO DEL VIAJE	28
TABLA 14 VARIABLE INFORMACIÓN PROGRAMACIÓN DE VIAJE.....	29
TABLA 15 VARIABLE INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL.....	29
TABLA 16 VARIABLE EDAD.....	30
TABLA 17 VARIABLE RESTRICCIÓN DE TIEMPO.....	31
TABLA 18 VARIABLE FRUSTRACIÓN SOBRE LA ESPERA.....	31
TABLA 19 CRITERIOS MUESTREO POR CONVENIENCIA.....	34

TABLA 20 PARADEROS ESTUDIO (EN NEGRITA).....	35
TABLA 21 PERCEPCIÓN SEGÚN MOTIVO DE VIAJE.....	43
TABLA 22 PERCEPCIÓN SEGÚN HORARIO DE LLEGADA.....	43
TABLA 23 PERCEPCIÓN SEGÚN RANGO DE INGRESO.....	43
TABLA 24 RESULTADOS REGRESIÓN SIMPLE.....	45
TABLA 25 RESULTADOS REGRESIÓN POR TRAMOS.....	46
TABLA 26 RESULTADOS REGRESIÓN MULTIVARIADA CON TIEMPOS DE ESPERA Y UN FACTOR.....	47
TABLA 27 DIFERENCIAS DE PERCEPCIÓN SEGÚN EL ACCESO A INFORMACIÓN.....	48
TABLA 28 RESULTADOS NIVEL DE SERVICIO.....	49
TABLA 29 PERCEPCIÓN SEGÚN PARADAS. ELABORACIÓN PROPIA.....	50
TABLA 30 MODELOS DE PERCEPCIÓN: INICIAL Y PARSIMONIOSO.....	52
TABLA 31 ANOVA MODELO INICIAL.....	53
TABLA 32 VARIABLES ANALIZADAS ANÁLISIS EXPLORATORIO. ELABORACIÓN PROPIA.....	64
TABLA 33 VARIABLES OBSERVABLES ESTUDIADAS.....	65
TABLA 34 VARIABLES NO OBSERVABLES ESTUDIADAS.....	65
TABLA 35 MATERIALES UTILIZADOS PARA FILMACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....	71
TABLA 36 DISTRIBUCIÓN DE OBSERVACIONES SEGÚN PARADA.....	71

Capítulo 1 Introducción

1.1 Motivación

Actualmente, el gobierno invierte un 1% del presupuesto fiscal en proyectos relacionados exclusivamente a Transantiago, lo que equivale al presupuesto anual de minería o educación.

Esto se debe a que los proyectos de transporte son costosos, por lo que deben evaluarse con meticulosidad. Su realización se justifica en gran medida por el ahorro de tiempo, ya que entre un 60% y un 80% de los beneficios de un proyecto de transporte están dados por este concepto, siendo el tiempo de espera una variable crítica.

Al respecto, existe evidencia de que el tiempo de espera es substancialmente sobrestimado por los usuarios y de que es posible reducir dicha sobreestimación mediante políticas de bajo costo.

El presente estudio modelará, mediante regresión lineal, la relación existente entre tiempo de espera efectivo y percibido en función de variables relevantes con el propósito de sugerir medidas de bajo costo que contribuyan a mejorar la situación actual.²

1.1.1 Inversión en proyectos de Transporte

Transantiago recibe subsidios del gobierno para garantizar su correcta operación. La inversión total asciende a MMUS\$5105³ desde su implementación.

El Proyecto Ley de Presupuestos 2017 contempla MMUS\$1.560 para el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones⁴, de los cuales MMUS\$738⁵ corresponden exclusivamente a subsidios asignados a Transantiago. Es decir, aproximadamente un 1% del gasto fiscal total y un 50% del gasto asignado al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones está destinado exclusivamente a sostener el sistema de transporte de la capital.

Los proyectos de inversión de Transantiago representan costos que bordean magnitudes cercanas a los cientos de millones de pesos. A modo de ejemplo se tiene el corredor Vicuña Mackenna que requirió una inversión de MMUS\$154; monto equivalente al presupuesto asignado a minería para año 2017.⁶

² Se especifica la palabra sugerir, ya que el presente trabajo no pretende ser un estudio exhaustivo de Transantiago.

³ MMUS\$-Miles de dólares estadounidenses.

⁴ http://www.dipres.gob.cl/594/articles-150530_doc_pdf.pdf

⁵ http://www.dipres.gob.cl/595/articles-151634_doc_pdf.pdf

⁶ <http://www.transantiago.cl/noticias/autoridades-de-transporte-anuncian-inicio-de-obras-en-ultimo-tramo-de-corredor-vicuna-mackenna-y-de-corredor-dorsal>

El Ministerio de Desarrollo Social es quien provee las métricas para la evaluación de proyectos de Transporte mediante la Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Vialidad Urbana” 7.

Los costos de inversión consideran fundamentalmente los costos asociados al suelo urbano, construcción de obras, control y gestión de tránsito y proyectos de ingeniería. Se debe considerar también aquellas partidas que por no transarse en el mercado son evaluadas según su precio social (reposición de servicios, expropiaciones, áreas verdes y espacio recreacional).

Los beneficios económicos provienen del ahorro de recursos y se obtienen mediante la simulación del tránsito estimado. Se considera el tiempo de los usuarios, el combustible y los costos de operación. De la comparación entre ingresos y costos percibidos por cada proyecto, es que se decide su realización.

El valor social de los tiempos de viajes en transporte público es publicado por el Ministerio de Desarrollo Social 8 anualmente, y el año 2016 corresponden a $\frac{\$1688}{\text{Hora}}$ para tiempo de viaje en vehículo, $\frac{\$3376}{\text{Hora}}$ en espera, y $\frac{\$5064}{\text{Hora}}$ en caminata9.

Esto es un asunto de importancia debido a que estudios afirman que entre el 60% (Hensher,2001) y el 80% de los beneficios de los proyectos de transporte provienen del ahorro de tiempo (I. T. Transport Ltd. ,2002).

De las componentes del tiempo total de viaje el tiempo de espera adquiere relevancia en la elección de alternativa de viaje, debido a que no se encuentra presente en el transporte privado y representa una desventaja inherente del sistema público (Fan et al. ,2016). Por otra parte, según los precios sociales vigentes, el valor del tiempo de espera dobla al valor de tiempo de viaje, siendo ésta una variable crítica a la hora de evaluar el impacto de cualquier iniciativa de Transantiago

1.1.2 Hipótesis tiempo de espera percibido

La hipótesis predominante en la presente investigación es que el tiempo de espera es sobreestimado por los usuarios de Transantiago y que es posible disminuir dicha sobreestimación mediante el conocimiento de las variables que la regulan.

En cuanto a evaluación de proyectos, economistas concuerdan en que el beneficio social de un proyecto *debe* medirse a partir de los cambios en el bienestar *individual* de cada ciudadano (GALVEZ, 2011). Este enfoque provee un marco sólido para la evaluación de proyectos de índole social y en particular de transporte:

7 <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/download/metodologia-de-preparacion-y-evaluacion-de-proyectos-de-vialidad-urbana-2013/?wpdmdl=937>

8 <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/download/precios-sociales-vigentes-2017/?wpdmdl=2392>

9 US\$2,6, US\$5,22 y US\$7,83 respectivamente.

Se establece el bienestar social en base a funciones utilitarias del bienestar de cada individuo q , la cual proviene de la noción de costos generalizados.

Se denomina costo generalizado a lo que un individuo q está dispuesto a pagar $cg(q)$ por realizar un desplazamiento. Corresponde a la suma de todo lo que el individuo tendrá que soportar realmente para desplazarse: la tarifa, el tiempo, el costo derivado del riesgo, la incomodidad, etc.

Sólo si el costo es mayor al precio que el mercado le exige, realizará tal desplazamiento. La siguiente es una expresión del costo generalizado propuesta por (Falcón, H. S. (2009):

$$cg(q) = p(q) + V_t T(q) + V_k K_{(q)}$$

Donde:

$p = \text{Tarifa}$

$V_t = \text{Vector valores del tiempo}$

$T(q) = \text{Vector de tiempos}$

$V_k = \text{Vector valor asignado a riesgo de accidente, incomodidad, otros}$

$K_{(q)} = \text{Vector que mide el riesgo de accidente, incomodidad y otros.}$

El vector de tiempos considerado consta de tiempo de acceso, tiempo de espera, tiempo de trasbordo y tiempo en el vehículo:

$$T(q) = \{T_{espera}; T_{acceso}; T_{trasbordo}; T_{vehículo}\}$$

Entonces, sea la función de utilidad poblacional

$$W = W(W_1, \dots, W_Q)$$

Donde $W_q = W_q(x_1^q; \dots; x_j^q)$ es la función de utilidad del individuo q en función del consumo del vector de bienes $(x_1^q; \dots; x_j^q)$.

En particular, se define el cambio en el bienestar social debido a ahorro de tiempos de viaje como:

$$\delta B = \sum_q VST_q \delta T_q$$

Donde $VST_q = \frac{\alpha_q}{\lambda_q}$ Corresponde a la tasa de sustitución entre tiempo y costo para utilidad constante del individuo q y δT_q corresponde al ahorro de tiempo.

De este modo se establece el valor social del tiempo de viaje V_{tv} como:

$$V_{tv} = \sum_q \frac{\lambda_q}{\lambda_S} VST_q PT_q$$

Con λ_S la utilidad marginal social de ingreso entendida como el coeficiente del costo de quienes pagan impuestos y PT_q como la proporción de tiempo ahorrado por el individuo q respecto al total.

Se estimó los siguientes valores para el tiempo en viajes urbanos mediante transporte público:

Tabla 1
Valores Sociales de las componentes del tiempo de viaje

Componente del tiempo	Valor [\$/h]	Factor de Ponderación
Viaje [v_{tv}]	1688	1
Espera	3376	2
Acceso-Caminata	5064	3

Elaboración propia con datos del Ministerio de Desarrollo Social

En que el cambio en la utilidad debido a ahorros de tiempo está dado por:

$$\delta W_q = v_{tv} \delta T_{vehículo_q} + 2v_{tv} \delta T_{espera_q} + 3v_{tv} \delta T_{trasmordo_q}$$

Con v_{tv} = valor del tiempo de viaje.

Sin embargo, existe evidencia de que el tiempo de espera T_{espera_q} tiende a ser sobreestimado por el usuario en un tiempo $\widehat{T}_{espera_q} > T_{espera_q}$. Watkins et al. (2011) postularon que el tiempo percibido es al menos un 1,2 del tiempo de espera efectivo, mientras que Psarros et al. (2011) declaran que el tiempo percibido puede superar en más de un 50% el tiempo observado. Resultados más radicales establecen que el tiempo percibido es hasta 4 veces el tiempo de espera observado (Herz et al. ,2010).

La sobreestimación del tiempo real de espera afecta el costo generalizado percibido. Según el modelo propuesto por Herz et al. (2010), factores como la seguridad, el uso del tiempo y la magnitud del tiempo de espera provocan una distorsión sobre la percepción tiempo de espera efectivo, lo que deriva en un costo de espera percibido. Ver Ilustración 1.

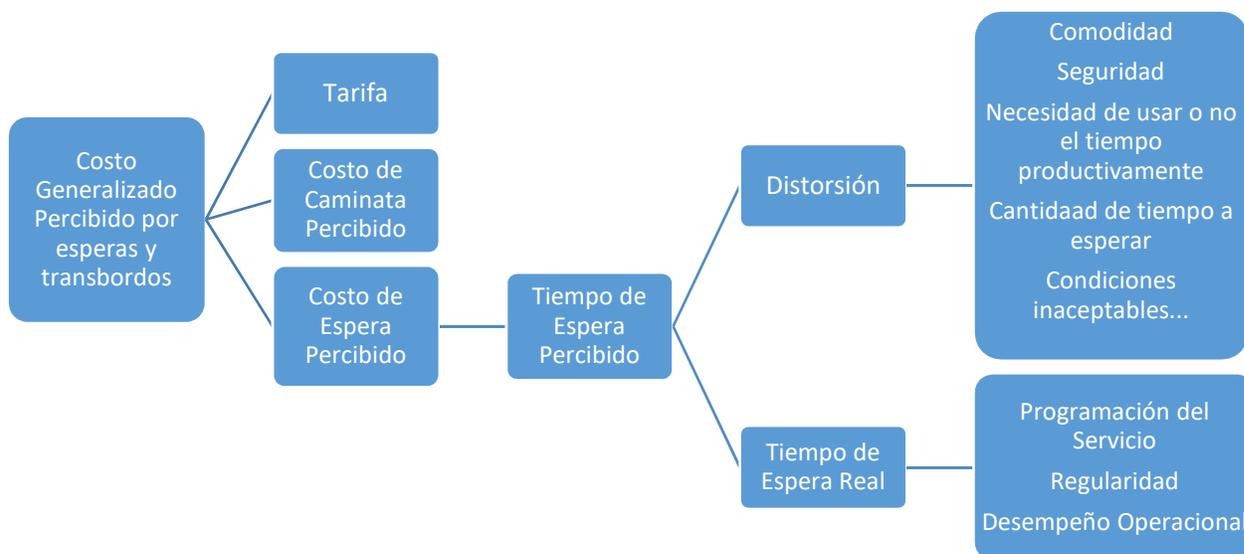


Ilustración 1 Costo Generalizado. Extraído de Herz et al. (2010)

En la misma línea, Button (2010) establece en su libro “Transport Economics” que un importante asunto es cómo los costos generalizados debiesen ser tratados en el análisis de decisiones de transporte debido a que las personas perciben erróneamente el costo de sus viajes.

Más aún, el costo generalizado percibido ofrece una base para el análisis de comportamiento en transporte y es, de hecho, un recurso apropiado para la toma de decisiones de inversión. Por ejemplo, si existe una percepción errónea de los costos generalizados, el costo del viaje podría superar al costo percibido, lo que se traduciría en una sobreinversión en proyectos de transporte (Button, 2010).

Litman (2009) afirma: “El tiempo reloj es medido objetivamente, mientras que el tiempo percibido (también llamado cognitivo) se refiere a cómo los usuarios experimentan el viaje. El costo pagado por tiempo de viaje debiese ser calculado en base a tiempo reloj, pero el costo personal del tiempo de viaje debiese ser calculado basado en el tiempo percibido.

En tal escenario, el factor $2V_{tv}\delta TE_q$, correspondiente al valor del tiempo de espera con V_{tv} el valor del tiempo de viaje y δTE_q el tiempo esperado por la persona q queda dado por:

$$\left[2V_{tv} \frac{T_{espera\ q}}{\widehat{T}_{espera\ q}} \right] \left[\frac{\widehat{T}_{espera\ q}}{T_{espera\ q}} \right] \delta T_{espera\ q} = \left[2V_{tv} \frac{T_{espera\ q}}{\widehat{T}_{espera\ q}} \right] \delta \widehat{T}_{espera\ q}$$

En que el primer término de la derecha corresponde a la valoración del bien y segundo al tiempo de espera sobreestimado.

De esta forma, el factor $2V_{tv}\delta TE_q$, correspondiente al tiempo de espera, contemplaría dos efectos de distinta índole: la utilidad marginal del tiempo de espera respecto al tiempo de viaje (valorándolas como alternativas que difieren en su utilidad y placer) y la sobreestimación del tiempo de espera, que puede deberse a distintos factores de la espera como la incertidumbre respecto al arribo del bus, el confort, la comodidad y la seguridad.

Lo relevante de dicha hipótesis es que el segundo término no está fijo y es, de hecho, posible disminuirlo y/o suprimirlo mediante políticas orientadas a tal fin. Por ejemplo, es posible mostrar información en tiempo real en paraderos con el fin de suprimir el efecto de sobreestimación, con lo cual el costo y la sobreinversión sería controlada.

1.1.3 Impacto Económico Hipótesis Presentada

Se expone a continuación, mediante un ejemplo, el potencial impacto económico de adoptar medidas de inversión basadas en el conocimiento de la sobreestimación por parte de los usuarios y los factores que indiquen en su percepción.

Si se enfoca el estudio de iniciativas de inversión según el modelo actual se tiene que el costo para un tiempo y cantidad de personas tiene un valor unívoco que puede obtenerse según la fórmula:

$$\text{Costo del tiempo de espera} = Q * \overline{T_{espera}} * 2V_{tv}$$

Donde Q representa el total de gente en espera, $\overline{T_{espera}}$ representa el tiempo de espera promedio y $2V_{tv}$ el valor del tiempo de espera.

Sin embargo, si se considera el efecto de la percepción como una componente del mismo, se tiene que el costo del tiempo de espera puede desagregarse de la siguiente forma: una parte correspondiente al valor del tiempo ajustado y una componente debida a la sobreestimación. Observar Ilustración 3 e Ilustración 2.

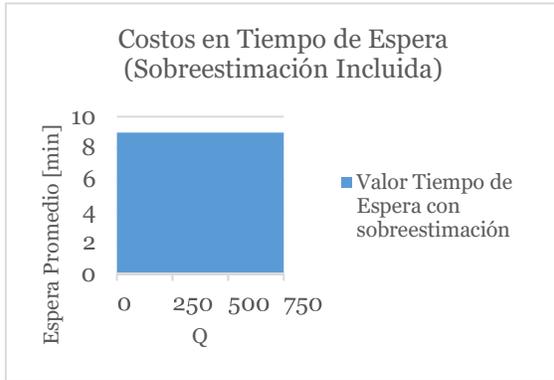


Ilustración 3 Representación costo del tiempo de espera. Elaboración propia

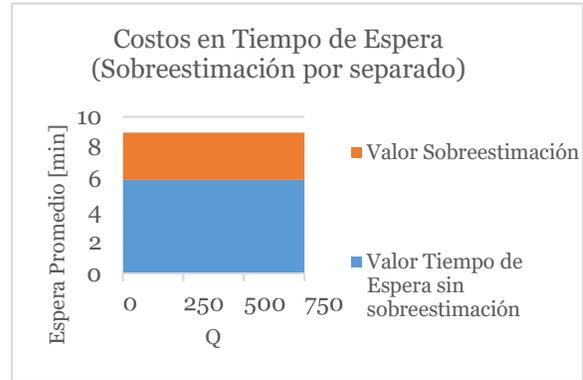


Ilustración 2 Representación costo del tiempo de espera con efecto sobreestimación. Elaboración propia

Luego, a la hora de evaluar iniciativas para reducir el costo del tiempo de espera pueden tomarse dos vías: reducir el tiempo efectivo de espera y disminuir el costo como un todo, o enfocarse en reducir el efecto de la sobreestimación y disminuir únicamente el costo correspondiente a dicho ítem.

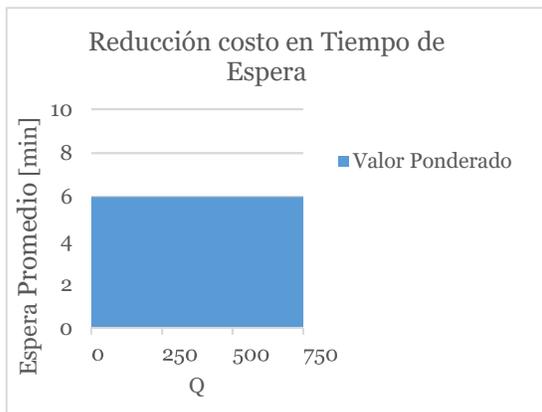


Ilustración 5 Representación disminución de costo por concepto de sobreestimación

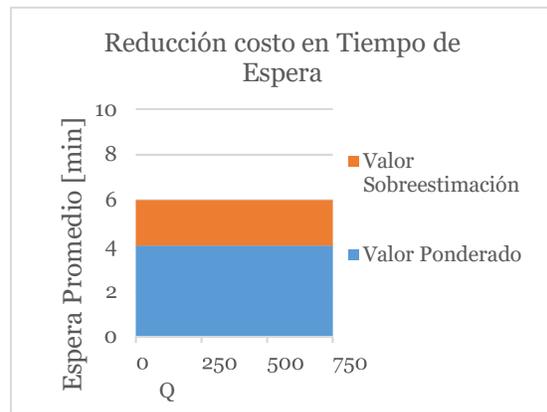


Ilustración 4 Representación disminución de costo general

Para ejemplificar la magnitud del impacto económico se considera el recorrido 412 y se evalúa una reducción del costo por concepto de tiempo de espera mediante las dos vías propuestas: reducir el tiempo efectivo de espera mediante el aumento de frecuencia de buses o reducir la sobreestimación del tiempo de espera.

Tabla 2
 Datos Promedio recorrido 412

Tiempo Promedio de Espera	4,66 minutos
Pasajeros por mes	276.974
Costo Mensual Tiempo de Espera	MM\$69.4 [US\$107.362]

Se evalúa la adquisición de un bus para la reducción de tiempo de espera mediante aumento de frecuencias y la implementación de pantallas para la reducción de sobreestimación:

Tabla 3
 Estimación costos reducción de sobreestimación v/s adquisición de bus

Proyecto adquisición de bus	
Inversión: Bus	MM\$108 [US\$167.076]
Costos de Operación:	M\$7-9 mensual [US\$10.829-US\$13.923]
Beneficio proveniente del ahorro de tiempo	MM\$6.2 mensual [US\$9.591]
Viabilidad	No viable
Proyecto reducción de sobreestimación mediante pantallas con información en tiempo real	
Inversión: 71 Paneles de Información	MM\$14,5[US\$22.560]
Costos de Operación:	Asumido por concesionaria de paraderos
Beneficio proveniente del ahorro de tiempo	MM\$0 mensual
Beneficio proveniente del ahorro de sobreestimación	MM\$6.3 mensual [US\$9.746]
Viabilidad	Viable

Elaboración propia con datos de DTPM¹⁰

Bajo la suposición de que el tiempo percibido de espera promedio es mayor en un 30% al tiempo real, la reducción de un 42% de la sobreestimación significa un ahorro de tiempo equivalente al logrado mediante el aumento de frecuencia dado por adición de un bus extra a la flota circulante.

Este sencillo ejemplo muestra las opciones que el estudio de la percepción abre respecto a la formulación de nuevas políticas públicas orientadas al uso y mejora de la evaluación del transporte público con costos significativamente menores.

¹⁰ <https://www.dtpm.cl/index.php/infraestructura/385-mas-de-500-mil-usuarios-se-beneficiaran-diariamente-con-la-entrada-en-operacion-de-71-paneles-de-informacion-variable-en-paradas-de-transantiago>

1.2 Objetivos

Con el fin de corroborar la hipótesis señalada previamente es que se desarrolla el presente trabajo.

El objetivo general de la memoria es el diseño y aplicación de una metodología que permita medir la relación entre tiempo efectivo y percibido de espera en paraderos de Transantiago en función de variables relevantes. Se aspira a contar con información que apoye la toma de decisiones por parte del estado.

Se define de este modo pues se cree que el conocimiento de los factores modeladores de la percepción del tiempo de espera constituye una nueva herramienta a la hora de diseñar políticas públicas orientadas a la reducción de costos por concepto de espera.

Para esto se requiere:

Contar con un conjunto de variables relevantes que se desempeñen como agentes modeladores de la percepción del tiempo de espera.

Recolectar y procesar datos en paraderos de Transantiago para obtener un conjunto de información de tiempos de espera, tiempos de espera percibido y variables relevantes.

Contar con un modelo matemático en función de las variables relevantes y los datos obtenidos que permita la comprensión de cómo diversos factores regulan la percepción del tiempo de espera en paraderos de Transantiago.

Contar con propuestas de mejora para reducir el costo de espera de los usuarios de Transantiago en base a los resultados obtenidos para las variables relevantes en la percepción del tiempo de espera.

1.3 Resumen Metodología de Investigación

La metodología utilizada basa sus herramientas en las de la investigación de mercados. Mayores especificaciones se encuentran en Capítulo 4, Diseño y aplicación de metodología para la recolección de datos.

En primera instancia se procede a un análisis exploratorio de los datos, acudiendo a fuentes secundarias y análisis crítico de la literatura a modo de definir las variables relevantes a ser consideradas en el estudio, necesidades de información e hipótesis presentadas.

Posteriormente se diseñan dos instrumentos de medición (encuesta y observación presencial) y se evalúa su desempeño mediante un plan piloto efectuado con anterioridad al estudio final. Para mayor detalle acudir a 4.1 Diseño y aplicación de metodología para la recolección de datos, 4.1.1 Cuestionarios y 4.1.2 Observación.

Una vez dados los lineamientos generales se realiza la toma de datos según el procedimiento especificado en 4.4 Metodología medición tiempos de espera.

Con el conjunto de datos ya registrado vía cámara y cuestionario, se realiza el cruce de información y su consolidación, para posteriormente modelar el problema como una regresión lineal multivariada.

1.4 Alcances

El principal aporte del presente estudio es el diseño de una metodología para la medición de los factores que inciden en la percepción de espera en paraderos de Transantiago.

Debido a lo anterior los resultados obtenidos son de índole exploratoria, y de ninguna forma pretenden representar exhaustivamente a los buses de Transantiago.

En este contexto, los datos aquí obtenidos buscan validar la introducción de variables consideradas relevantes a futuros estudios de tipo exhaustivo, así como dar luces del fenómeno de la percepción del tiempo espera en pasajeros del sistema de buses de la región metropolitana.

La muestra considerada asciende a 325 encuestas, de las cuales 18 debieron ser depuradas debido a inconsistencias en el cruce de información. A medida de referencia se estima que el total de personas que accede a los paraderos considerados en el horario del estudio suma aproximadamente 5900.

A pesar de que el número de encuestas obtenido sería representativo para una variable binaria con un nivel de confianza del 95% y margen de error del 5,45%, la variable buscada no es de tipo continuo y no es posible aplicar a priori formulas preestablecidas para el cálculo de tamaño muestra, dado que datos como la varianza de la población respecto a la estimación del tiempo son, de hecho, desconocidas.

Sin embargo, la principal razón por la cual la muestra no es representativa de Transantiago es que se realizó un muestreo por conveniencia a la hora de escoger los paraderos. Si se considera que Santiago cuenta con aproximadamente 10.968 paraderos, de los cuales 372 pertenecen a los ejes Alameda-Providencia-Apoquindo, estos debieron ser seleccionados aleatoriamente.

Por otra parte, del conjunto de modelos posibles, se escogió la regresión lineal debido a lo intuitivo de sus resultados, sin perjuicio de la pertinencia de modelos no lineales, como aquellos de tipo logarítmico o de duración en tiempo continuo (expuestos en Capítulo 2 Marco conceptual).

En base a lo anteriormente mencionado, los resultados obtenidos deben ser considerados como referenciales.

1.5 Resumen de Estructura

Se expone a continuación un resumen de la estructura del texto, a modo de facilitar su comprensión por parte del lector:

En el Capítulo 1 Introducción, el lector encontrará los principales lineamientos de la memoria: Motivación, Objetivos, Resumen Metodología de Investigación, Alcances y Propuestas de mejora a modo adquirir una comprensión sistémica del trabajo desarrollado.

En el Capítulo 2 Marco conceptual, el lector ampliará su conocimiento sobre temas relacionados a esta memoria y adquirirá los conceptos necesarios para su posterior comprensión. Se trata en este punto: Antecedentes generales de Transantiago, Diseño de Instrumentos de Medición, Percepción del tiempo y Formulación Matemática.

A partir del Capítulo 3 Análisis crítico de la literatura: modelos y variables relevantes se provee al lector los resultados del trabajo realizado. En este capítulo se introducirá el análisis de modelos revisados de la literatura, así como un examen exhaustivo de variables teóricamente meritorias de inclusión en el estudio.

Mediante el Capítulo 4 Diseño y aplicación de metodología para la recolección de datos, el lector se formará una idea de cómo se ejecutó la investigación correspondiente: formulación del cuestionario, definición de muestro y especificaciones logísticas detrás de la metodología propuesta.

El Capítulo 5 suministrará al lector la caracterización de la muestra y análisis descriptivo de los resultados obtenidos.

En el Capítulo 6, el lector encontrará los modelos aplicados a la medición efectuada, junto con los principales descubrimientos y sus impactos potenciales medidos en relación a la muestra obtenida.

En el Capítulo 7, se introducen sugerencias en cuanto a qué acciones a tomar para mejorar la situación actual tomando como datos aquellos proporcionados por DTPM para tiempos de espera y viajes realizados.

Finalmente, en Capítulo 8 Síntesis y conclusiones, el lector encontrará un apartado con los principales hallazgos, análisis y recomendaciones a propósito del estudio realizado.

Capítulo 2 Marco conceptual

2.1 Antecedentes generales: Transantiago

2.1.1 Transporte en Santiago

En Santiago hubo en promedio 19 millones de viajes diarios durante el año 2012: la siguiente tabla muestra la distribución modal de los viajes en el Gran Santiago, según encuesta origen-destino.

Tabla 4
Partición Modal Viajes Gran Santiago

Motorización	Modo	Viajes Diarios
Motorizado	Combinado	1.112.247
No Motorizado	Bicicleta	747.123
Motorizado	T. Público	5.378.479
Motorizado	T. Privado	5.859.865
No Motorizado	Caminata	6.363.320
	Total	19.461.034

Elaboración propia con datos de EOD,2012

El uso de vehículos no motorizados asciende a un 4% del total de los viajes realizados diariamente en el Gran Santiago. Porcentaje que desde el año 2006 se ha incrementado en una tasa sostenida del 7%¹¹, consolidándose como una alternativa que gana adeptos.

En cuanto al uso de vehículos motorizados el sistema de transporte privado concentró el 32% de los viajes diarios durante el año 2012. Cabe señalar que durante el año 2016 se observó la expansión del servicio privado de transporte de pasajeros, representado por las empresas “Uber” y “Cabify”, empresas que se han visto involucradas en conflictos con el gremio taxista desde su incorporación en la ausencia de un marco legal para su legislación. En octubre de 2016, después de medio año de protestas y conflictos, el Gobierno ingresó al Congreso el proyecto de ley que regula la operación de aplicaciones tecnológicas de transportes.¹²

Finalmente, un 30% de los viajes corresponde a viajes en Transporte Público, con aproximadamente 3.6 millones de viajes realizados en Transantiago, ya sea por sí solo o en combinación con otras modalidades de transporte (metro, bus interurbano, caminata, etc.)

2.1.2 Ministerio de Transporte

El Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones cuenta entre sus funciones:

¹¹ http://www.sectra.gob.cl/transporte_sustentable/transporte_sustentable.htm

¹² Mensaje de s.e. la presidenta de la república con el que inicia un proyecto de ley que moderniza la legislación sobre transporte remunerado de pasajeros (N.º 181-364). Santiago, 6 de octubre de 2016.

- a. Proponer las políticas nacionales en materias de transportes y telecomunicaciones
- b. Ejercer la dirección y control de puesta en práctica de dichas políticas
- c. Supervisar las empresas públicas y privadas que operen medios de transportes y comunicaciones en el país,
- d. Coordinar y promover el desarrollo de estas actividades
- e. Controlar el cumplimiento de las leyes, reglamentos y normas pertinentes.

Como programa de la subsecretaría de Transportes y en el marco del Plan de Transporte Urbano para la ciudad de Santiago, durante el rediseño del sistema ocurrido el año 2012 se creó el Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM), cuyo rol es el de analizar de forma integral el sistema de transporte y velar por la coordinación de sus componentes mediante la articulación, coordinación y seguimiento de programas y medidas de gestión del transporte capitalino.¹³ Desde entonces, el DTPM es el ente estatal encargado de regular el sistema.

Para hacerlo, cuenta con el Programa de Vialidad y Transporte Urbano SECTRA, de la Subsecretaría de Transportes del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), un organismo técnico especializado en planificación de transporte.

Sus principales funciones son proponer planes de desarrollo de los sistemas de transporte urbano, evaluar socialmente iniciativas de inversión en infraestructura y gestión de los sistemas de transporte y desarrollar las metodologías y modelos necesarios para el análisis en transporte.

¹³ <http://www.dtpm.gob.cl/index.php/medios-de-pago>

2.2 Diseño de Instrumentos de recolección de datos

Parte de la metodología implementada en el presente trabajo se basa en la metodología de investigación de mercado, pues ésta provee herramientas útiles para la toma de decisiones y permite conocer el comportamiento de los consumidores, en este caso pasajeros de Transantiago.

Como sugiere D'astous et al. (2003) en su libro "Investigación de mercados", la investigación comprende el conjunto de las actividades que buscan definir, recoger y analizar de manera sistemática la información que permita alimentar los procesos de decisión con el fin de volverlos más eficaces.

En general, los diseños de la investigación se clasifican como exploratorios o concluyentes, y estos últimos según se trate de investigación descriptiva o causal (Malhotra, 2008). Ver ANEXO A.

Se escoge el análisis descriptivo pues los diseños experimentales requieren manipular variables dentro de un ambiente controlado, lo que significa un mayor costo y requiere esfuerzos de gestión que escapan al presente estudio. Por otra parte, se tiene que la investigación descriptiva permite descubrir y describir relaciones causa-efecto de igual manera, presentando mayor validez externa debido a su tamaño muestral, siendo el recurso que suele utilizarse para determinar la percepción en función de variables relevantes.

Se escogió llevar a cabo la investigación descriptiva mediante observación y encuestas en paraderos Transantiago debido a varias razones predominantes:

- a. Encuesta Presencial:
 - I. Se busca medir una respuesta inmediata al estímulo físico (espera).
 - II. La percepción no puede ser medida; siendo el auto reporte la aproximación que da luces sobre la percepción del tiempo (Fan et al. ,2016).
 - III. Tasa de respuesta para la encuesta presencial es de 60% a 80%.
- b. Observación Estructurada:
 - I. Existen características, del sujeto y paradero, que son netamente observables, y no requieren de recursos extra para obtenerse.
 - II. Se reduce el riesgo de sesgo por parte del encuestador.
- c. Ambas:
 - I. Existen patrones de conducta que el participante desconoce (acciones que realiza sin notarlo)
 - II. Las razones de la conducta observada pueden estar no determinadas (se observa cierta acción, pero no sabe a qué corresponde)
 - III. Presentan menores tiempos, menores costos y facilidad de aplicación.
 - IV. De la bibliografía consultada, la totalidad de los estudios se basa en estos estudios empíricos: encuestas en paradas de autobuses y observación de los pasajeros.

2.3 Percepción del tiempo

Según la RAE, tiempo se define como “Magnitud física que permite ordenar la secuencia de los sucesos, estableciendo un pasado, un presente y un futuro, y cuya unidad en el sistema internacional es el segundo”, o “Período determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento”.

La percepción del tiempo es un campo de estudio de la psicología y neurociencia que se refiere a la experiencia subjetiva de la vida: el tiempo. Es imposible experimentar o entender directamente cómo la otra persona percibe el tiempo, sin embargo, puede estudiarse o inferirse mediante estudios científicos.

John Wearden, profesor de la Universidad de Keele en el Reino Unido, declara que la percepción del tiempo depende de qué actividad estemos realizados y que es regulado mediante un reloj interno. Se entiende por reloj interno una estructura interna responsable de la generación de una categoría de oscilación biológica, con un periodo sincronizado seguramente con el de algún ciclo ambiental externo (Mas et al., 2007).

Este reloj interno (u órgano que percibe el paso del tiempo) no es el único mecanismo mediante el cual una persona calcula el paso del tiempo, sino que también puede valerse de marcadores externos para este fin, por ejemplo: el número de cuadras caminadas para calcular el tiempo de caminata o la memoria misma.

La neurociencia ha analizado cómo percibimos el tiempo mediante técnicas de neuroimagen, descubriendo el mecanismo de procesos automáticos y controlados de cronometraje, así como estructuras cerebrales clave junto a su posible función en la percepción del tiempo (cerebelo, ganglios basales, SMA, corteza prefrontal y posiblemente parietal). Más aún, ha planteado modelos neuronales para el mecanismo de percepción. (Correa, Lupiáñez y Tudela (2006)).

2.3.1 Percepción del tiempo de espera en transporte

El tiempo de espera es definido como el periodo que transcurre entre un acontecimiento y el siguiente. Es decir, se define en relación al contexto. Por ejemplo, en gestión de operaciones se define como el intervalo de tiempo que debes esperar luego de requerir una acción o servicio hasta que esta ocurra. En cambio, para el área de salud se puede definir como el tiempo de espera para atención, cirugía u otros.

El tiempo de espera por un bus se define como el intervalo de tiempo que pasa desde que el pasajero arriba al paradero (se detiene), hasta que sube al bus. Esta componente es inherente al transporte público.

El tiempo de espera puede ser percibido de formas distintas bajo distintas circunstancias. En particular, el tiempo tiende a ser sobreestimado en ambientes hostiles y/o inseguros. Los ambientes inseguros incrementan el costo percibido relativo a la espera, pues si los pasajeros perciben una parada de autobús como peligrosa y temen ser asaltados evitarán el riesgo del uso del transporte público. (Hess et al. ,2005).

Se tiene, además, factores relativos al valor intrínseco del tiempo (dependiendo de si éste es o no productivo), a la incertidumbre de los arribos y a la forzosidad de la espera. Hess et al. (2005) estudiaron esta última mediante un diseño experimental. En éste dieron a elegir a un primer grupo de pasajeros la opción de esperar al siguiente bus o pagar por evitar su espera; mientras que un segundo grupo se vio obligado a esperar. Se descubrió que la sobreestimación de tiempo para aquellos pasajeros que prefirieron esperar (a pesar de que pudieron pagar para evitarlo) fue considerablemente menor que aquella observada en los pasajeros que se vieron obligados a hacerlo.

Respecto a la incertidumbre, Mishalani et al. (2006) declara: “A las personas no les importa esperar por un bus si ellos saben cuánto tiempo será. Incluso si tienen que desperdiciar su tiempo, al menos ellos saben que serán 15 minutos. De otra forma ellos están sentados pensando que el bus llegará en aproximadamente dos minutos, y cuando no se presente, comenzarán a sentirse frustrados”.

Taylor et al. (2009) establecen la importancia de la percepción del tiempo como modelador del costo generalizado de transporte, indicando que el costo generalizado de esperar puede incrementarse considerablemente por sobre el costo de la espera efectiva.

Al respecto, Yoh et al. (2011) estudian la percepción del tiempo para justificar la provisión de servicios como forma rentable de incrementar el uso del transporte público. Dentro de los servicios provistos se consideran la seguridad del paradero, el desempeño puntual de los operadores, acceso a comida y bebestible, presencia de baños y asientos, información en tiempo real, señalizaciones, techumbre y teléfonos de emergencia.

Este estudio concluyó que la seguridad y el desempeño puntual contribuyen a una mejor percepción del tiempo por encima de lo demás servicios, siendo muy importante para el 70% de los pasajeros sin importar los tiempos de espera. Por otra parte, aun cuando las comodidades relacionadas a comida, bebestible y baños en las paradas resultaron significativas, representan grandes montos de inversión, por lo que se propone abordar otras variables como asientos, información en tiempo real, techumbres, señalizaciones o teléfonos de emergencia, ya que representan menores sumas de capital y se encuentran lejos de ser triviales.

En particular, se investiga el impacto de la información en tiempo real sobre los pasajeros en la ciudad de Estocolmo, ya que, si bien la provisión de información en tiempo real puede reducir la incertidumbre; depende en gran medida de la fiabilidad del servicio subyacente, la capacidad de pronóstico y la credibilidad percibida (Cats & Gkioulou, 2015).

Se propuso un modelo de aprendizaje, mediante la inclusión de información en tiempo real y el análisis del cambio en la percepción de los usuarios: las expectativas de los usuarios referentes a la espera gradualmente convergieron al valor real, es decir, que a medida que el pasajero se adapta al sistema de transporte, potencialmente los tiempos de espera disminuyen.

Por otra parte, se estudia la tolerancia a esperar bajo distintos escenarios de cumplimiento de horarios de paso (similar a Índice de Regularidad e Índice de Frecuencia de Transantiago) con el objetivo de mejorar su tiempo percibido, postulando que las emociones negativas de los pasajeros pueden ser aliviadas en ciertos escenarios.

En este contexto, la presencia de un staff amigable o la provisión de mensajes de disculpa pueden mejorar la percepción del usuario durante los atrasos de un tren, con un aumento de la tolerancia mayor al que surgiría producto de mejorar una respuesta emocional negativa, estableciendo que la mejora operacional del servicio no es el único camino para servir a los pasajeros (Cheng & Tsai, 2014).

Respecto al estado del arte en cuanto a la sobreestimación del tiempo de espera, se analizan los siguientes estudios:

Tabla 5
Estado del arte investigación tiempos de espera

Estudio	País	Nº Entrevistas	Ratio $\frac{\widehat{T}_{espera q}}{T_{espera q}}$
Fan et al. (2016)	Área Metropolitana MSP, EEUU	703	1,3
Watkins et al. (2011)	Universidad de Washington, FLORIDA	856	1,2
Mishalani et al. (2006)	Ohio State University in Columbus	83	1,18
Psarros et al. (2011)	Atenas, Grecia	1000	1,5
Daskalakis & Stathopoulos (2008)	Atenas, Grecia	300	No Reportado
Herz et al. (2010)	Ciudad de Córdoba, Argentina	111	Entre 2 y 4 ¹⁴
Ovalle (2010)	Santiago, Chile	91	1,7

Elaboración propia

Fan et al. (2016) se basa en el estudio del impacto de la información en tiempo real sobre el tiempo de espera y obtuvo tiempos percibidos del orden de 1,3 veces el tiempo efectivo, mientras que Watkins et al. (2011) mide la relación entre la información en tiempo real sobre el tiempo de espera y lo compara con el impacto de medidas enfocadas a disminuir la espera. En específico, se tiene que los pasajeros sin acceso a información en tiempo real muestran un tiempo de espera declarado promedio que es 0,83 minutos mayor al tiempo efectivo, mientras que para aquellos pasajeros que si tuvieron información esta cifra se reduce a 0,32.

Por su parte, Mishalani et al. (2006) cuantifica la relación existente entre tiempo de espera y tiempo percibido y establecen el valor potencial de proveer información en tiempo real en paraderos, estimado en un 14% del costo actual.

Por otra parte, en Grecia, el estudio realizado por Psarros et al. (2011) se centró en el impacto de variables explicativas sobre la percepción, resultando significativas la edad, propósito de viaje y periodo del día. Un segundo estudio realizado en la Universidad de Atenas por Daskalakis & Stathopoulos (2008) concluyeron que para los pasajeros es más importante la confiabilidad de los tiempos de paso que los tiempos de paso en sí.

¹⁴ Sin mayor especificación por parte de los autores.

En la ciudad de Córdoba, Argentina, Herz et al. (2010) calibraron el modelo propuesto por Daskalakis & Stathopoulos (2008) y reportan: “Los resultados muestran que la sobrevaloración del tiempo de espera declarado es entre 2 y 4 veces el tiempo real”, mientras que la sobrevaloración disminuye a medida que el intervalo entre servicios aumenta.

Finalmente, la memoria realizada por Martin Ovalle (2010) en la ciudad de Santiago sugiere que los usuarios sobreestiman el tiempo de espera 1,7 veces para tiempos menores o iguales a 16,72 minutos.

2.4 Formulación Matemática modelos de percepción

2.4.1 Regresión lineal simple y multivariada

Esta regresión contempla al tiempo percibido como variable independiente y tiempo observado como variable dependiente. Es posible añadir variables explicativas, de modo que el comportamiento de la variable dependiente queda sujeto al conjunto de variables.

Los supuestos requeridos para la regresión lineal son:

Que la relación entre las variables sea lineal.

Independencia

$E(\varepsilon|x) = 0$ con ε error.

El modelo formulado para la regresión simple del tiempo como variable dependiente es:

$$T_{espera_q}^{Perc} = \beta_0 + \beta_1(T_{espera_q}) + \varepsilon_q$$

El modelo multivariado corresponde a:

$$T_{espera_q}^{Perc} = \beta_0 + \beta_1(T_{espera_q}) + \sum_{k=2}^K \beta_k(X_{iq}) + \varepsilon_q$$

El modelo multivariado con inclusión de interacciones queda como:

$$T_{espera_q}^{Perc} = \beta_0 + \beta_1(T_{espera_q}) + \sum_{k=2}^K \beta_k(X_{iq}) + \sum_{i,j \in \{\text{Conjunto de variables a interactuar}\}}^{K \times K} \beta_{ij}(X_{iq} * X_{jq}) + \varepsilon_q$$

2.4.2 Regresión logarítmica simple y multivariada

Este modelo de regresión es una alternativa cuando el fenómeno en estudio tiene un comportamiento que puede considerarse potencial o logarítmico.

$$T_{espera_q}^{Perc} = \beta_0 * (T_{espera_q})^{\beta_1} * \varepsilon_q$$

Se modela como una recta que, en vez de actuar sobre las componentes en su forma natural, se aplica sobre el logaritmo de las mismas, por lo que el modelo multivariado queda como sigue:

$$\ln(T_{espera_q}^{perc}) = \ln(\beta_0) + \beta_1 * \ln(T_{espera_q}) + \sum_{k=2}^K \beta_k * \ln(X_{iq}) + \ln(\varepsilon_q)$$

A pesar de que se introduce el modelo logarítmico para capturar variaciones que el modelo lineal no es capaz de establecer, es cuestionable su aplicación debido a la posibilidad de obtener tiempos de espera percibidos menores a 0, lo que en la práctica no ocurre.

2.4.3 Modelos de duración en tiempo continuo

Sea T una variable no negativa que representa la diferencia entre el tiempo percibido y efectivo esperado.

La distribución de probabilidad puede ser representada como una función de riesgo (hazard) o supervivencia. Esta función es definida como la probabilidad de que T sea al menos t (diferencia entre tiempo percibido y efectivo sea al menos t minutos) y está dada por: $1 - F(t) = P(T > t)$; $0 < t < \infty$ (Washington et al. ,2003)

A su vez, la función de densidad de probabilidad de T está dada por:

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t)}{\Delta t} = \frac{-\delta F(t)}{\delta t}$$

La función hazard especifica la tasa de falla instantánea en $T=t$, condicional al tiempo de supervivencia. Puede ser definida de la siguiente manera:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} = \frac{f(t)}{F(t)}$$

Esta función indica la tasa a la que el tiempo percibido de espera aumenta luego de esperar un tiempo t.¹⁵

$$\lambda(t|X_q) = \lambda_0 \left[(T_{espera_q}) * e^{\beta_k X_{kq}} \right] * e^{\beta_k X_{kq}}$$

La función base $\lambda_0(t)$ sigue una distribución de Weibull (Psarros et al. ,2011):

$$\lambda(t) = \lambda P(\lambda t)^{P-1}$$

Si se aplicase al caso de estudio, cada coeficiente representaría el cambio proporcional en la función de supervivencia ante un cambio unitario en la variable explicativa a considerar.

¹⁵ http://www.cecs.ucf.edu/shasan/files/papers/2013_Hasan_A%20random-parameter_hazard-based_model.pdf

Capítulo 3 Análisis crítico de la literatura: modelos y variables relevantes

3.1 Modelos sobre la percepción del tiempo de espera

Fan et al. (2016) se basan en el estudio del impacto de la información en tiempo real sobre el tiempo de espera. El estudio planteado se basó en trabajo de campo en el área metropolitana Misisipi, EEUU y análisis estadístico

Además, añade variables de comodidad que recogen la presencia de techo y asiento junto a variables correspondientes tanto al servicio mismo (tipo de tren, frecuencia), características del viaje (conocimiento de arribos con antelación, horario del viaje, motivo del viaje) y características del pasajero (edad, raza, género).

Se obtuvo una tendencia a la sobreestimación, con un tiempo percibido aproximadamente 1,3 veces el tiempo observado de espera. Debido a que el modelo escogido fue una regresión log-log, es conveniente analizar los resultados gráficamente, como muestra la Ilustración 6.

Para un sujeto de raza blanca menor a 65 años, que viaja sólo en el horario punta de la mañana de un día sin lluvia, esperar en un paradero que no presenta ninguna comodidad asociada presupone una notable sobreestimación del tiempo de espera, estimando en más de 20 minutos una espera de 10.

Dicha sobreestimación se ve reducida drásticamente cuando a la situación base descrita anteriormente, un hombre blanco menor a 65 años, que además no cuenta con información en línea, ni asiento ni techumbre, se le añaden las anteriores. Ante este nuevo escenario las sobreestimaciones rondan el minuto.

Watkins et al. (2011) miden el impacto de la información en tiempo real sobre el tiempo de espera y lo comparan con el impacto de medidas enfocadas a disminuir la espera en paraderos. Para realizar su estudio se basan en trabajo de campo efectuado en las cercanías de la Universidad de Washington, en Florida.

Tras encuestar a 856 pasajeros y calibrar mediante una regresión lineal concluyen que cociente entre tiempo de espera percibido y observado es de 1,2.

Posteriormente se contrastan los tiempos declarados por personas con y sin acceso a información en tiempo real. En específico, se tiene que los pasajeros sin acceso a información sobreestiman el tiempo de espera en 0.83 minutos en promedio, mientras que aquellos que cuentan con información en línea sobreestiman apenas en 0,32 minutos.

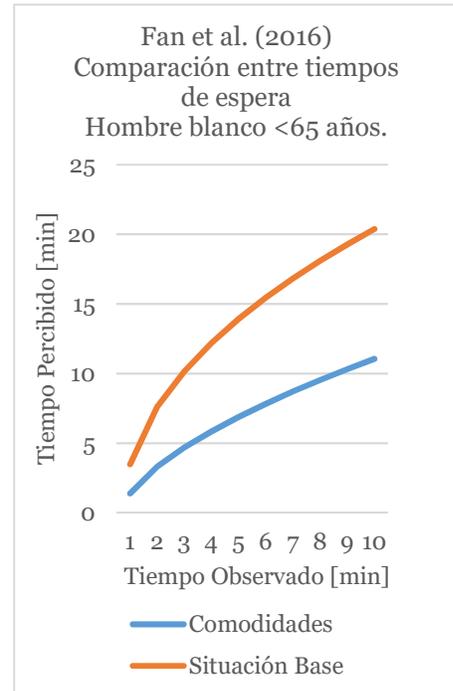


Ilustración 6 Tiempos de Espera (Fan et al., 2016)

Sea la situación base representada por un viaje efectuado en el horario punta de la mañana, un pasajero sin información en tiempo real, cuya sensación sobre la espera es calificable como neutral (5 en una escala del 1 al 10) y ante una frecuencia de 5 buses por hora.

Se observa una sobreestimación del orden de 1,5 minutos sobre 5 minutos de espera. Sobreestimación que se reduce a 0 si se añade acceso a información en tiempo real.

Mishalani et al. (2006) cuantifica la relación existente entre tiempo de espera y tiempo percibido con el propósito de establecer el valor potencial de proveer información en tiempo real en paraderos. Mediante trabajo de campo realizado en la ciudad de Chicago a 83 personas encuestadas concluye que el tiempo percibido promedio es mayor en 0.84 minutos al tiempo real para el rango de 3 a 15 minutos.

A pesar de que el modelo arroja el minuto 16.32 como el punto de inflexión (a partir del cual se comienza a subestimar el tiempo de espera), el rango de respuestas obtenidas no supera los 15 minutos, por lo que a partir de los 15 minutos el modelo no es concluyente.

En relación a las posibles variables que modelan la estimación del tiempo de espera, se obtuvo que sólo el tiempo de caminata al destino y la presencia de restricción de tiempo (independiente del motivo de viaje) fueron significativas, lo que es atribuido por los autores al bajo número de respuestas completas.

Finalmente, el ahorro de costos por implementar información en tiempo real fue calculado en un 14%.

Los estudios mostrados anteriormente corresponden a Estados Unidos. A continuación, se exponen trabajos realizados en las ciudades de Atenas (Grecia), Córdoba (Argentina) y Santiago (Chile).

El estudio realizado por Psarros et al. (2011) en Atenas consistió en 1000 encuestas tomadas en 30 paradas buses. El enfoque del análisis estadístico se centró en el impacto de variables explicativas sobre la percepción, utilizándose la función Hazard Ratio para estimar la tasa a la que la diferencia entre tiempo percibido y tiempo efectivo se incrementa a medida que aumenta la espera.

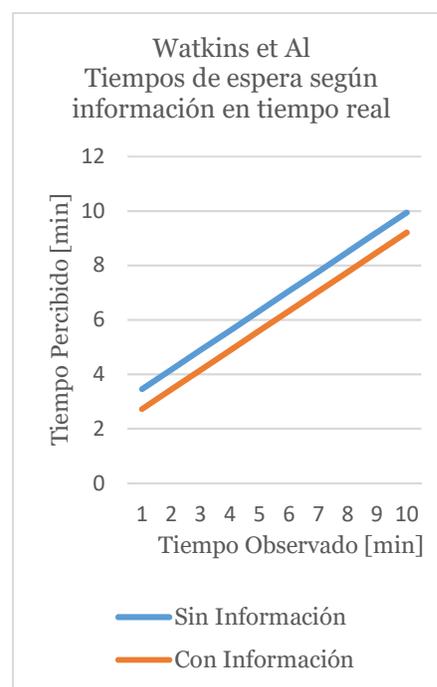


Ilustración 7 Tiempos de Espera (Watkins et al., 2011). Elaboración propia

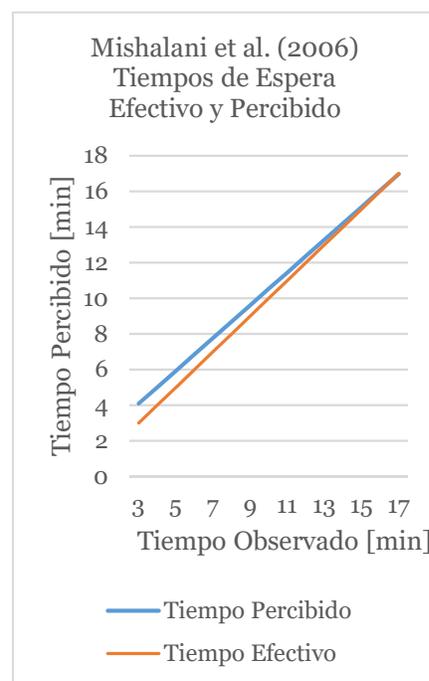


Ilustración 8 Tiempos de espera. (Mishalani et al., 2006). Elaboración propia

Según los datos recabados, el tiempo se percibe como al menos un 50% sobre el real mientras que las variables significativas fueron edad, propósito de viaje y periodo del día.

Un segundo estudio realizado en la Universidad de Atenas, Grecia es el de Daskalakis & Stathopoulos (2008), quienes estudiaron las características del sistema de transporte desde el punto de vista del usuario:

Se estimó un modelo no lineal cuyos resultados muestran una sobreestimación que decae con el tiempo. Adicionalmente, se concluye que para los pasajeros es más importante la confiabilidad en los tiempos de paso que los tiempos de paso en sí, por lo que se recomienda comenzar por mejorar la confiabilidad en la programación de paso y sólo entonces, mejorar dichos tiempos.

En la ciudad de Córdoba, Argentina, Herz et al. (2010) calibraron el modelo propuesto por Daskalakis & Stathopoulos (2008) considerando tanto intervalos de paso medio como tiempo efectivo de espera. El estudio se realizó en servicios de buses urbanos de alta frecuencia y se consideró un total de 111 personas, de las cuales sólo los pasajeros cautivos de un servicio fueron considerados.

Los resultados reportan tiempos de espera percibidos sustancialmente mayores a los tiempos efectivos (2-4 veces), mientras que la sobrevaloración disminuye a medida que el intervalo entre servicios aumenta. Con el objetivo de testear si la percepción del tiempo tiene una componente local, se contrastó los resultados obtenidos por Daskalakis & Stathopoulos (2008), existiendo una mayor tendencia a la sobreestimación en la ciudad de Córdoba.

Finalmente, Ovalle (2010), en Santiago., obtuvo 91 encuestas durante el periodo punta tarde definido por Transantiago.

Este estudio sugiere que los usuarios sobreestiman el tiempo de espera 1,7 veces para tiempos menores o iguales a 16,72 minutos, a partir de los cuales la sobreestimación cesa. Luego del análisis de múltiples modelos se considera la regresión lineal por presentar el mejor estadístico para bondad de ajuste.

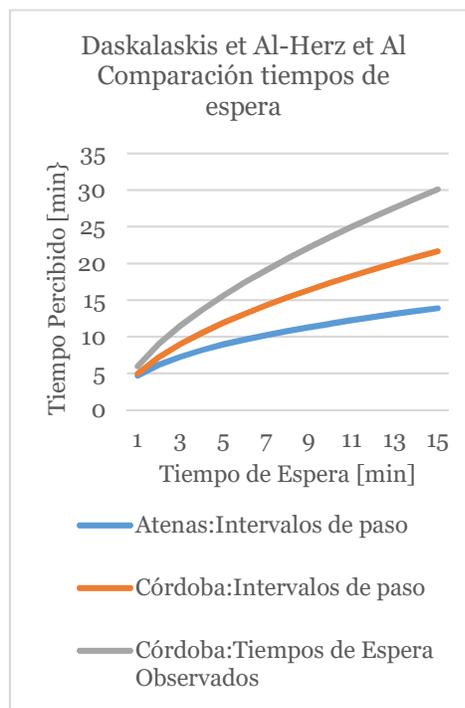


Ilustración 9 Comparación Tiempos de (Herz et al. ,2010) – (Daskalakis & Stathopoulos, 2008). Elaboración propia

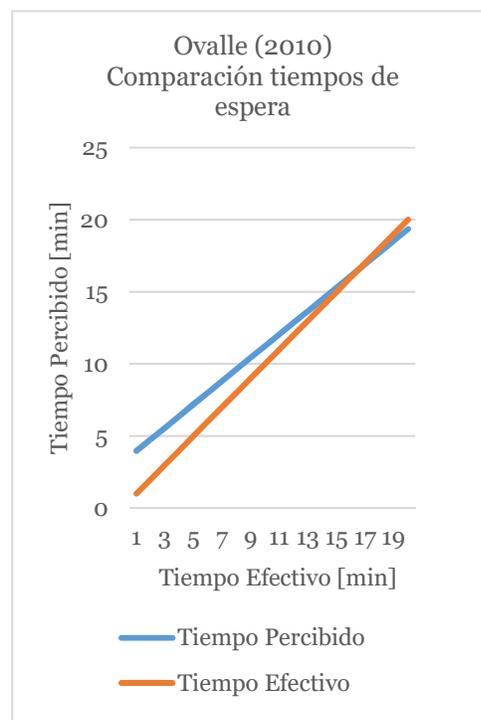


Ilustración 10 Comparación Tiempos de Espera. (Ovalle ,2010). Elaboración propia.

Se resume a continuación los estudios mencionados y su estimación sobre el tiempo de espera percibido.

Tabla 6
Resumen Estudios Tiempo Percibido de Espera

Estudio	$\beta_{T_{Obs}}$	Modelo	Formulación Matemática
Fan et al. (2016)	0,63	Regresión Log-log	$Ln(T_{per}) = c + Ln(T_{Obs}) + \beta_i(X_i)$
Watkins et al. (2011)	0,72	Regresión Lineal Multivariada	$T_{per} = \beta_0 + \beta_1(T_{Obs}) + \beta_i(X_i)$
Mishalani et al. (2006)	0,92	Regresión Lineal	$T_{per} = \beta_0 + \beta_1(T_{Obs})$
Psarros et al. (2011)	-	Duración tiempo continuo	$\lambda(t X_q) = \lambda_0 \left[(T_{espera_q}) * e^{\beta_k X_{kq}} \right] * e^{\beta_k X_{kq}}$
Daskalakis & Stathopoulos (2008)	0,4	Modelo No lineal	$T_{per} = \beta_0 (T_{Est})^{\beta_1}$
Herz et al. (2010)	0,55	Modelo No lineal	$T_{per} = \beta_0 (T_{Est})^{\beta_1}$
	0,63	Modelo No lineal	$T_{per} = \beta_0 (T_{Est})^{\beta_1}$
Ovalle (2010)	0,81	Regresión Lineal	$T_{per} = \beta_0 + \beta_1(T_{Obs})$

Elaboración Propia

3.2 Variables Relevantes

La percepción del tiempo de espera es modelada por múltiples variables clasificadas según dos criterios básicos de ordenación: si la variable es observable o debe ser preguntada y si la variable es característica del viaje, del pasajero, o del servicio.

Se consolidó un resumen de 30 variables extraídas de los 6 estudios mencionados anteriormente. Contar con un resumen es el punto de partida para realizar el plan piloto de la encuesta, a partir del cual se determinó las variables a indagar durante el estudio.

La pregunta que sigue para cada variable es: ¿Existe evidencia que la posicione como una variable relevante y justifique su estudio en el presente trabajo? Para consultar la totalidad de variables analizadas, diríjase a 1.ANEXO B, Tabla 32

Variables analizadas análisis exploratorio.

A continuación, se resume las variables escogidas y el motivo de su elección.

3.2.1 Variables Observables

Las variables pertenecientes a la categoría observable no requieren contacto directo con el pasajero encuestado y pueden ser recolectadas vía filmación u observación de un agente externo en la parada.

Una mayor cantidad de variables observables no complejiza la recolección de datos, razón por la que se considerará cada variable que cumpla con criterios mínimos de inferencia estadística e influencia documentada en bibliografía, junto a aquellas que por sentido común o sugerencia de expertos resulten atingentes.

3.2.1.1 Del Viaje: Periodo del día

La variable, considerada como variable dummy, resultó significativa en varios de los estudios analizados, pero con efectos contrarios: mientras Fan et al. (2016) y Psarros et al. (2011) estiman que hay una mejor percepción del tiempo en el periodo punta mañana (lo cual se debería a la mayor frecuencia de buses); Watkins et al. (2011) afirman lo contrario atribuyendo una mayor sobreestimación al periodo de la mañana producto de la ansiedad.

Tabla 7
Variable periodo del día

Estudio	Variables Significativas	Coefficiente
Fan et al. (2016)	MP* ; MD ; E	$\beta_E=0,241$ $\beta_{MD}=0,3414$ 5
Watkins et al. (2011)	MP ; LE*	$\beta_{MP}=0,59$
Psarros et al. (2011)	MD ; E ; LE*	$\beta_E=-0,3$ $\beta_{MD}=-0,6$

MP: Morning Peak - MD: Mid-day - E: Evening- LE: Late Evening.

*Variable Omitida como referencia

Análisis literatura, elaboración propia

Se considera la evidencia estadística presentada suficiente para establecer la variable “Periodo del día” como variable relevante del presente estudio.

3.2.1.2 Del Viaje: Clima

El clima como factor predominante sobre la percepción del tiempo fue estudiado por Fan et al. (2016) y Watkins et al. (2011) en las ciudades de Misisipi y Florida respectivamente.

A pesar de que no se obtuvo evidencia de significancia estadística para esta variable, Watkins et al. (2011) sostiene: “La insignificancia de variables ambientales puede ser única para Seattle y los patrones de clima experimentados allí. Muchos usuarios están acostumbrados a esperar en un clima lluvioso en febrero, por eso la presencia de lluvia no impacta su percepción de espera establecida”.

3.2.1.3 Del Viaje: Acompañado

Esta variable fue considerada por Fan et al. (2016) y Ovalle (2010). A pesar de que el segundo no pudo demostrar estadísticamente la relación, el modelo logarítmico planteado por Fan et al. (2016) logró establecer que el hecho de esperar sin compañía contribuye a sobreestimar el tiempo de espera, lo que podría deberse al estado mental de distracción o diversión.

Dichos resultados se repiten en un segundo estudio realizado por Lagune-Reutler, Guthrie y Fan (2016), quienes quisieron comprobar el impacto de la soledad versus la compañía.

Tabla 8
Variable Acompañado

Estudio	Variable Significativa	Coficiente
Fan et al. (2016)	$X_A = \begin{cases} 1 & \text{Pasajero viaja solo} \\ 0 & \text{Caso contrario} \end{cases}$	$\beta_A = 0,3031$

Análisis literatura, elaboración propia

3.2.1.4 Del Viaje: Objetos Transportados

Se define “objetos transportados” como la carga que el pasajero lleva consigo al momento de arribar al paradero. Aun cuando no existe en la literatura, se considera la hipótesis de que llevar peso conlleva una sobreestimación el tiempo de espera debido al agotamiento consecuente y será estudiada bajo recomendación del profesor Rodrigo Fernández ¹⁶

3.2.1.5 Del Viaje: Sentado (Comodidad de la espera)

Variable que pretende captar el estado de comodidad del usuario durante la espera. En su definición básica contempla dos estados: sentado o de pie y se relaciona directamente con la variable “Asiento”, considerada en la categoría variable observable del paradero.

Esta variable representa de mejor manera la comodidad del pasajero, ya que el hecho de contar con asientos no implica que el pasajero lo utilice.

Resultó significativa y de signo negativo en interacción con el tiempo de espera, esto significa que la comodidad contribuiría a disminuir la sobreestimación del tiempo de espera con el pasar del tiempo observado.

Tabla 9
Sentado

Variable

Estudio	Variable Significativa	Coficiente
Fan et al. (2016)	$X_S * T_{Obs}$	$\beta_{X_S * T_{Obs}} = -0.3392$

Análisis literatura, elaboración propia

3.2.1.6 Del Servicio: Paradero Con Refugio

Toma el valor 1 cuando la parada cuenta con techo y 0 en caso contrario. Los resultados obtenidos por Fan et al. (2016) contemplan efectos significativos en la variable por sí sola y en interacción con el tiempo de espera. Adicional a esto, evalúan el efecto conjunto de refugio, asiento y techumbre, aumentando el impacto en la reducción de la sobreestimación la presencia de estas comodidades en conjunto.

¹⁶ Rodrigo Fernández. Doctor en Estudios de Transporte, Universidad de Londres y profesor titular Universidad de los Andes

Los resultados obtenidos se reportan a continuación:

Tabla 10
Variable Refugio

Estudio	Variable Significativa	Coefficiente
Fan et al. (2016)	$X_S = \begin{cases} 1 & \text{Paradero con refugio} \\ 0 & \text{Caso contrario} \end{cases}$	$\beta_S = -0.6227$
	$X_S * T_{obs}$	$\beta_{ST_{obs}} = 0.3392$

Análisis literatura, elaboración propia

Se considera la evidencia presentada como suficiente para su inclusión en el estudio.

3.2.1.7 Del Servicio: Paradero Inseguro

Captura si una parada es “no segura del todo” o “algo segura”. Fue incluida en la investigación de Fan et al. (2016) para establecer la importancia de la seguridad en los sistemas de tránsito.

Tabla 11
Variable Paradero Inseguro

Estudio	Variable Significativa	Coefficiente
Fan et al. (2016)	$F * X_S = \begin{cases} 1 & \text{Inseguro: Mujer} \\ 0 & \text{Caso contrario} \end{cases}$	$\beta_{FX_S} = -0.6227$
Fan et al. (2016)	$F * X_S * T_{obs}$	$\beta_{FX_S T_{obs}} = 0.4334$

Análisis literatura, elaboración propia

La variable resultó significativamente estadística en interacción con el género femenino y el tiempo de espera: la medida en que una mujer percibe el tiempo en un entorno inseguro es una medida de desigualdad de género, y en particular, un asunto de interés para políticas públicas orientadas hacia la igualdad. La encuesta de Seguridad Ciudadana del año 2015 revela que un 32,2% de las mujeres se sienten “muy” inseguras esperando transporte público de noche, cifra que se reduce a un 17% en el caso de los hombres.

La definición de lo que constituye un “entorno inseguro” escapa de los límites del presente estudio, por lo que se incluirá en el plan piloto una variable homologable (Tasa de denuncias de mayor connotación social [robo, asesinato, lesiones, violación] por cada 100.000 habitantes) obtenida desde los reportes comunales del banco de la biblioteca del congreso nacional¹⁷.

3.2.1.8 Del Servicio: Frecuencia

Se refiere a la frecuencia programada por los operadores. Cada una de las empresas que conforman Transantiago compromete un programa de operación en que se detalla la cantidad de expediciones planificadas por servicio y horario.

¹⁷ Fuente: <http://reportescomunales.bcn.cl/2015/index.php/Categor%C3%ADa:Comunas>

Mostró un impacto significativo únicamente en el modelo de Watkins et al. (2011). Como cabría esperar, incrementar el número de buses por hora contribuye a disminuir la sobreestimación de los tiempos de espera.

Tabla 12
Variable Frecuencia Buses

Estudio	Variable Significativa	Coefficiente
Watkins et al. (2011)	$X_{BH} = \frac{Buses}{Hora}$	$\beta_{BH} = -0,14$

Análisis literatura, elaboración propia

La frecuencia de los buses se obtuvo desde DTPM, organismo que mensualmente publica sus indicadores de calidad de servicio.¹⁸

Para el caso particular de Chile, a la hora de definir la frecuencia de los buses se cuenta con el “Índice de cumplimiento de frecuencia” (ICF), indicador que busca resguardar el incremento del tiempo de espera producto de una menor cantidad de buses en circulación, contrastando las expediciones efectivas con las planificadas.

El índice mencionado, aplicado mensualmente a cada unidad de negocio define 3 rangos de incumplimiento: leve (indicador entre 95% y 100%, no da origen a sanciones), medio (incumplimiento entre 90% y 95%, sanciones que van desde 351 UF a 750 UF) y alto (sanciones que van desde las 751 UF hasta las 1500 UF).

Sin embargo, ICR no se hace cargo de los tiempos de expedición. En este contexto nace el “Indicador de cumplimiento de regularidad” (ICR), cuya función es resguardar que los tiempos de espera no sean afectados por aumento del tiempo entre buses o impuntualidad de los mismos.

Se construye a partir de los intervalos de paso planificados para cada servicio y de los intervalos efectivos medidos en distintos puntos de observación y se compara los tiempos de paso programados versus los efectivos y de igual forma que con el ICR, se tiene niveles de cumplimiento (ICR>90%), cumplimiento medio (90%>ICR>80%) y cumplimiento bajo (ICR<80%).¹⁹

3.2.1.9 Del Usuario Género

No existe evidencia estadística que avale la influencia del género por sí solo sobre la percepción del tiempo de espera, sin embargo, según se estudió en la variable “Paradero Inseguro” existe un efecto en interacción con la seguridad del paradero, el tiempo de espera y ambas a la vez.

Evidencia indica que a medida que transcurre el tiempo, la inseguridad del paradero afecta la sobreestimación de las mujeres en mayor medida.

¹⁸ <http://www.dtpm.cl/index.php/indicadores-calidad-de-servicio>

¹⁹

http://www.dtpm.cl/descargas/contratos/TRONCAL_2/Contrato%20Ad%20Refer%C3%A9ndum%20CCUV%20Su-Bus%20Chile%20S.A.%20P3.pdf

3.2.2 Variables no Observables

Estas variables deben ser consultadas al usuario en la parada ya que no es posible obtenerlas mediante observación y las razones atribuibles a cierto comportamiento pueden no ser claras.

El tiempo disponible para efectuar una encuesta en paraderos de Transantiago es acotado y variable, ya que depende del arribo del bus en particular. Tras realizar un estudio piloto en diciembre de 2016, se concluyó que el tiempo idóneo que permite asegurar la obtención de respuestas es de aproximadamente dos minutos.

Por este motivo, y sumado a la impaciencia mostrada por pasajeros ante cuestionarios extensos en el plan piloto, se hace necesario acotar las preguntas a realizar, a modo de lograr condensar todas las preguntas en una plana. Además, es imprescindible ordenar según prioridad, para asegurar la obtención de las respuestas de mayor relevancia.

3.2.2.1 Del Viaje: Motivo del Viaje

Variable que responde al propósito del viaje. Fue considerada en 3 de los estudios realizados, como variable categórica tipo “dummy”, de valor 1 en caso del propósito seleccionado y 0 en caso contrario. Se incluye a continuación un resumen de las variables utilizadas que resultaron significativas, junto al coeficiente resultante:

Tabla 13
Variable Motivo del Viaje

Estudio	Variables Significativas	Coefficientes
Psarros et al. (2011)	Regreso Casa (H)	$\beta_H = 0,12$
	Educación (E)	$\beta_E = 0,28$
	Trabajo (W)	$\beta_W = 0,14$
	Entretenimiento	$\beta_{ENT} = 0,18$
	Compras	$\beta_S = 0,23$
	Otro	$\beta_{OT} = 0,18$
	Viaje fuera de la ciudad*	
Ovalle (2010)	Trabajo	$\beta_T = -2,49$
	Otro	$\beta_O = -1,21$
	Regreso a casa*	

*Variable Omitida como referencia

Análisis literatura, elaboración propia

Para Psarros et al. (2011) todos los motivos de viaje incrementan la sobreestimación (tomando como referencia el viaje fuera de la ciudad), en particular, aquellos asociados a ciertas actividades (como estudiar o trabajar) tienen un impacto aún más fuerte, sin embargo, dado que la referencia es un viaje fuera de la ciudad, es cuestionable el resultado obtenido.

Ovalle (2010) observa el efecto contrario: los viajes con motivo de trabajo y otros (visitas al médico, trámites, etc.) presentan una mejor estimación del tiempo en relación a los viajes de vuelta a casa. Una posible explicación se debe a cansancio experimentado luego

de la jornada laboral, o a la mayor conciencia de los tiempos para pasajeros que se dirigen a sus empleos o casas de estudio.

Esta variable presenta evidencia sólida de su impacto en la sobreestimación, por lo que será considerada con prioridad alta en el estudio.

3.2.2.2 Del Viaje: Información programación de viaje

Un pasajero que conoce de antemano los horarios programados se identifica con un 1, o en caso contrario. Fan et Al la consideró con el propósito de determinar si conocer el tiempo esperado de espera influye sobre la percepción del mismo.

Tabla 14
Variable Información programación de viaje

Estudio	Variable Significativa	Coefficiente
Fan et Al	$X_{NS} = \begin{cases} 1 & \text{Conoce el programa de paso} \\ 0 & \text{Otro caso} \end{cases}$	$\beta_{BH} = 0,63$
	$X_{NS} * T_{Obs}$	$\beta_{X_{NS}*T_{Obs}} = -0,29$

Análisis literatura, elaboración propia

Sorpresivamente, el conocimiento la programación de paso incrementa la sobreestimación; efecto que es apaciguado por la interacción con el tiempo de espera que contribuye a una mejor percepción. Esto puede deberse a que, para tiempos relativamente cortos, la variabilidad de los horarios de paso puede ser mayor en relación a la existente para tiempos de paso mayores, por ejemplo, 2 minutos de error son mucho más significativos en relación al periodo de paso para periodos 5 minutos que para aquellos de 15.

3.2.2.3 Del Servicio: Información en tiempo real

Se refiere a la utilización de aparatos electrónicos que muestren a los pasajeros la información de su bus en tiempo real. Se utiliza para introducir la incertidumbre de los pasajeros.

Tanto Watkins et al. (2011) como Fan et al. (2016) afirman que el uso de información en tiempo real contribuye a disminuir la sobreestimación. La reducción de tiempo de espera resultante es de 0,29 minutos en promedio para Fan et al. (2016), mientras que alcanzaría valores que rondan los 0,7 minutos según Watkins et al. (2011).

Tabla 15
Variable Información en tiempo real

Estudio	Variable Considerada	Coefficiente
Fan et al. (2016)	$X_{ITR} \begin{cases} 1 & \text{Sí posee información en tiempo real} \\ 0 & \text{Otro caso} \end{cases}$	$\beta_{X_{ITR}} = -0,29$
Watkins et al. (2011)		$\beta_{X_{ITR}} = -0,73$

Análisis literatura, elaboración propia

Dado que en la literatura existe evidencia de reducción de sobreestimación ante el acceso a información en tiempo real, se considerará dicha variable en el plan piloto y se evaluará si es pertinente incluir una pregunta al respecto dada la cantidad de usuarios que utilicen medios electrónicos para obtener información en tiempo real.

3.2.2.4 Del pasajero: Edad

Variable incorporada para contrastar los patrones generacionales en torno a la percepción del tiempo. Taylor et al. (2009) sugiere que la componente subjetiva en la percepción del tiempo se debe, en parte, a las características del usuario (edad, empleo), por lo que es relevante su inclusión.

De hecho, estudios previos sugieren que los adultos mayores (sobre 65 años) perciben el tiempo de espera con una sobreestimación mayor al resto de los rangos etarios.

Se considerará como variable de alta prioridad en el estudio

Tabla 16
Variable edad

Estudio	Variable Significativa			Coeficiente	
Fan et al. (2016)	$X_{SENIOR} = \begin{cases} 1 & \text{Pasajero mayor de 65} \\ 0 & \text{Caso contrario} \end{cases}$			$\beta_{X_{SENIOR}} = 1.55$	
Pzarros et al. (2011)	AGE_{18}	AGE_{1830}	AGE_{3045}	$\beta_{AGE_{1830}} = -0.04$	$\beta_{AGE_{3045}} = -0.05$
	AGE_{4565}	AGE_{65}			
Ovalle (2010)	R_{017}	R_{1825}	R_{2635}	$\beta_{R_{3635}} = 0.97$	
	R_{3645}	R_{46-55}		$\beta_{R_{3645}} = 0.98$	$\beta_{R_{4655}} = 1.25$

Análisis literatura, elaboración propia

3.2.2.5 Del Pasajero: Ingreso Familiar / Disposición de automóvil por parte del usuario

Se postula que aquellos pasajeros de mayor ingreso perciben de mejor manera el tiempo de espera, lo que se relacionaría con la ausencia de forzosidad en la elección del sistema de transporte público.

Por esta razón se estudiará la variable “Ingreso”, a pesar de que no resultó significativa en estudios anteriores. Adicionalmente, y para reforzar la hipótesis mencionada, se añadió variables referentes a la disposición de auto y licencia por parte de los pasajeros, a modo de determinar si un usuario es, o no, cautivo del sistema de transporte público.

3.2.2.6 Restricción de Tiempo

Indicador de urgencia que toma el valor 1 cuando el pasajero cuenta con restricción de tiempo y 0 en caso contrario.

Mishalani et al. (2006) la incluyen bajo la hipótesis de que, independientemente del motivo de viaje, aquellos pasajeros que tienen restricción de tiempo son más conscientes del paso del mismo, lo que derivaría en una mejor percepción.

Tabla 17
Variable Restricción de tiempo

Estudio	Variable Considerada	Coefficiente
Mishalani et al. (2006)	$X_{TC} = \begin{cases} 1 & \text{Si existe restricción} \\ 0 & \text{Caso contrario} \end{cases}$	$\beta_{X_{TC}} = -0,91$

Análisis literatura, elaboración propia

3.2.2.7 Del pasajero: Frecuencia de Uso

Se refiere a la frecuencia con que un usuario utiliza tanto Transantiago como el recorrido en cuestión. Esta variable es de especial importancia pues permite formular la hipótesis de que aquellos pasajeros que están acostumbrados al sistema se comportan de una forma distinta de quienes utilizan en menor medida el servicio.

A pesar de que no se hubo un efecto significativo en la revisión de la literatura, se incluirá como variable de control con el objetivo de poder discernir entre clientes habituales y esporádicos.

3.2.2.8 Del pasajero: Tiempo de Espera Promedio

A pesar de que la variable no resultó significativa en los modelos estudiados se contempla debido a las siguientes razones: el tiempo de espera promedio permite caracterizar la recordación de los usuarios respecto al sistema de transporte, otorga luces de la imagen mental del consumidor y permite contrastar con intervalos de paso programados a modo de evaluar el desempeño de Transantiago.

3.2.2.9 Frustración sobre la espera

Watkins et al. (2011) definió esta variable para responder a la hipótesis de que aquellos usuarios que esperan su bus en un peor estado de ánimo perciben, de hecho, de peor manera el tiempo de espera.

Se pregunta a los usuarios que tan agraviados se sienten sobre esperar el bus, siendo 1 muy relajado y 10 muy agravado.

Esta variable puede actuar como variable de control y como variable explicativa, ya que permite introducir el concepto de distención y/o alternativas de distracción en la parada con el objetivo de mejorar la percepción.

Tabla 18
Variable Frustración sobre la espera

Estudio	Variable Considerada	Coefficiente
Watkins et al. (2011)	$X_F = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}$	$\beta_{X_F} = 0,19$

Análisis literatura, elaboración propia

Capítulo 4 Diseño y aplicación de metodología para la recolección de datos

4.1 Instrumentos de Investigación

Cómo se mencionó previamente, se escogió la entrevista personal y la observación como instrumentos para recabar información sobre las variables consideradas relevantes. Un resumen de estas variables se encuentra disponible en Anexos, *Tabla 33*

Variables observables y *Tabla 34*

Variables no observables estudiadas.

4.1.1 Cuestionarios

En palabras de Kotler et al. (2014): “Es indispensable elaborar, probar y depurar los cuestionarios antes de utilizarlos a gran escala. A la hora de preparar un cuestionario, el investigador debe seleccionar cuidadosamente la pregunta, el modo de plantearla, las palabras y su secuencia”.

Con este fin, se elaboró un cuestionario de 18 preguntas y se evaluó su pertinencia mediante un plan piloto realizado en las cercanías de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (paradas PA344 y PA452 respectivamente) el día 28 de diciembre de 2016, a partir de las 12:30 PM.

De las 19 respuestas obtenidas, se decidió la tanto inclusión de nuevas preguntas referentes a actitud frente a Transantiago y ocupación (con el fin de controlar el sesgo político), como la supresión de preguntas que no fueron comprendidas, o bien exigieron un esfuerzo mayor por parte de los pasajeros encuestados. El detalle de las preguntas presentes en el plan piloto y las conclusiones obtenidas se encuentran en el ANEXO E.

Una vez depuradas las preguntas incluidas en el cuestionario se procedió a ordenarlas según prioridad. La primera pregunta es el objeto del estudio y se resume como sigue:

¿Cuánto tiempo (en minutos) has estado esperando por este bus en este paradero?

Esto es importante pues induce una respuesta específica y previene respuestas ambiguas (“recién”, “poco tiempo”, “menos de 5 minutos”). Las preguntas a continuación se ordenaron dando prioridad a las correspondientes al viaje, seguido por características demográficas y finalizando con la evaluación a Transantiago.

El detalle del cuestionario final se encuentra en ANEXO F.

4.1.2 Observación

El registro y observación del comportamiento de los pasajeros se obtiene mediante la filmación del paradero durante el periodo de encuesta. Según se muestra en la Ilustración 11, ubicadas a un costado del paradero, 2 cámaras registran el momento en que el pasajero

ingresa al estado de espera, el instante en que el encuestador le aborda y finalmente el minuto en que el pasajero auto-reporta su percepción del tiempo²⁰.

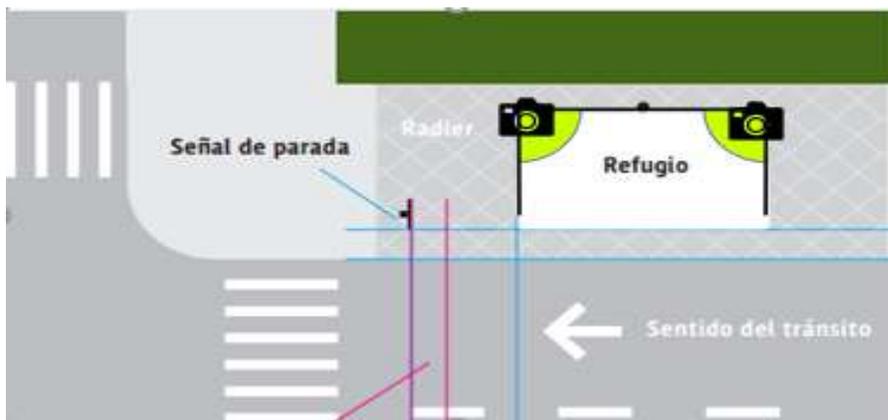


Ilustración 11 Ubicación cámaras en parada con refugio. Elaboración Propia

Se trata de una observación estructurada (por cuanto las variables a observar son especificadas de antemano), sobre hechos pasados (las variables se registran desde la filmación), natural (se espera a que el fenómeno ocurra naturalmente) y abierta, por cuanto los pasajeros saben que están siendo observados.

Este último punto es interesante, pues los investigadores no coinciden sobre el efecto que tendría la presencia de un observador sobre la conducta de las personas. Un punto de vista plantea que el efecto del observador es mínimo y de poca duración, mientras que una postura contraria es que el observador sesgaría significativamente los patrones de conducta de las personas observadas (Malhotra, 2008).

Sin embargo, para el presente informe, el impacto que posee la presencia de observadores y cámaras sobre la respuesta de los pasajeros es incierto. Si bien es posible que ante la presencia de un observador las personas declaren tiempos mayores de espera (a modo de declaración de insatisfacción con el sistema), también es posible el efecto contrario.

Estimaciones más precisas podrían ser el resultante de la adición de cámaras por la siguiente razón: dado que se encuentra registrado su tiempo de espera, el pasajero se propone ser exacto en su estimación para que su relato resulte verosímil.

²⁰ Se define como estado de espera el instante que transcurre entre que el pasajero se detiene en la zona de observación hasta que es encuestado, o, en su defecto, sube al bus.

4.2 Muestreo

4.2.1 Universo Muestral

Para el presente estudio se consideró los ejes Alameda-Providencia-Apoquindo, ya que concentran un 77% del total de viajes realizados en Transantiago. Según datos entregados por el DTPM en 2011, 2.94 millones de viajes son iniciados los 151 paraderos de los ejes mencionados.²¹

Una segunda distinción consiste en el horario de medición: en esta oportunidad de escogió el horario punta AM debido a que existe mayor concentración de pasajeros y frecuencia de buses. Por otra parte, es un horario que permite extender el tiempo de medición y permite mayor visibilidad.

Dado el carácter masivo de la población y la limitación de recursos, se escoge 3 paraderos mediante muestreo por conveniencia según los criterios expuestos a continuación:

Tabla 19
Criterios muestreo por conveniencia

Criterios elección de paraderos

Paraderos con menos de 8 servicios

Paraderos origen de un N° significativo de viajes Punta Mañana

Paradero no inicia ningún recorrido

Elaboración propia

Dichos criterios responden en primera instancia, a la restricción de presupuesto dada para el proyecto, pues se cuenta con un número acotado de encuestadores. En segunda instancia, se considera los plazos establecidos para su resolución por lo que se decide acotar la medición a un período de 3 días.

Se exige que el paradero cuente con máximo 8 servicios debido a que se requiere un tiempo de espera medio de al menos dos minutos para correcta realización del cuestionario. Inclusive, para paraderos con 8 servicios es posible que los tiempos de paso (en específico para aquellas personas que pueden tomar varios de los servicios del paradero) no aseguren el tiempo correcto de ejecución. Sin embargo, se opta por este número pues un número menor de servicios reduce significativamente los paraderos elegibles.

Adicionalmente se requiere que el paradero contemple un número significativo de viajes en el horario punta mañana ya que, como se mencionó anteriormente, se cuenta con un periodo acotado de días para realizar la medición y resulta costoso distribuir los recursos (cámaras y encuestadores) en un número mayor de paraderos. Según datos obtenidos en el plan piloto ejecutado en diciembre de 2016, se tiene que cada encuestador puede realizar potencialmente 7 encuestas por hora, por lo que se requiere al menos 35 pasajeros por hora en el paradero para lograr el 100% de efectividad de los encuestadores.

²¹ <http://www.dtpm.cl/descargas/Resumen%20Paraderos%20Buses%20Abril%202011.xls>

Sumado a lo anterior, se busca que el paradero no inicie recorrido ya que el hecho de observar el bus detenido junto a la parada puede provocar un sesgo de percepción. Si se consideran los paraderos que hacen de primera parada a un servicio, es decir, la elección dependerá de si el bus se ubica al costado de la parada mientras espera su asignación, o si bien, es asignado en otro sector.

Finalmente, se procura obtener varianza en cuanto a las características demográficas de los pasajeros, y bajo el supuesto de que el origen del viaje se correlaciona con variables demográficas de los mismos, se optó por centrar los esfuerzos en 3 zonas geográficas: Alameda, Av. Providencia y Av. Vespucio.

Se analizó la base de datos correspondiente al Resumen de Paraderos y Buses año 2011 publicado por DTPM, que muestra los viajes promedio realizados diariamente, junto a los viajes iniciados en la hora más cargada del periodo AM.²²

Como se muestra en la Tabla 20, según los criterios expuestos anteriormente se preseleccionó un conjunto acotado de paraderos.

Se escogió (en negrita), aquellos paraderos que, para una magnitud similar de viajes realizados en su hora más cargada, presentaron un número menor de servicios. Los paraderos escogidos fueron PI470, PC207 Y PC876.

Tabla 20
Paraderos Estudio (En negrita)

Nombre Parada	Viajes/Hr más cargada AM	Código Parada	Nº de servicios	Eje
PARADA 4 (M) LAS REJAS	1.147	PI470	2	Alameda
PARADA PLAZA ITALIA	543	PA383	8	Alameda
PARADA 9 (M) SANTA LUCÍA	492	PA340	6	Alameda
PARADA 8 (M) LOS HÉROES	387	PA377	6	Alameda
PARADA 2 (M) TOBALABA	776	PC207	2	Av. Providencia
PARADA 5 (M) ESCUELA MILITAR	1.463	PC876	3	Av. Vespucio

Elaboración propia

Cada uno de los paraderos fue observado en oportunidades anteriores. Sin embargo, el día de medición en PARADA 4 / (M) LAS REJAS, la afluencia de gente fue menor a la esperada²³ y se debió tomar medidas de contingencia. En consecuencia, se optó por dividir los recursos (encuestadores y camarógrafos) en dos grupos y acceder a las paradas cercanas.

²² DTPM: Consolidado de paradas. [http://www.dtpm.cl/descargas/pops2015/2015-06-01_consolidado_anexo4_\(Circunvalaci%C3%B3n\).rar](http://www.dtpm.cl/descargas/pops2015/2015-06-01_consolidado_anexo4_(Circunvalaci%C3%B3n).rar)

²³ Una posible teoría se debe a la lluvia que hubo el día 25 de abril.

Se observa en Ilustración 12 Distribución Paraderos Estudio Transantiago Elaboración propia los paraderos escogidos con el icono de bus y los paraderos de contención con el indicador de ubicación en color verde.



Ilustración 12 Distribución Paraderos Estudio Transantiago Elaboración propia

4.3 Toma de datos

La toma de datos se realizó de manera presencial en paraderos de Transantiago, pues se busca contrastar el tiempo de espera efectivo con la percepción *inmediata* de los pasajeros.

Además, hacerlo de esta forma se alinea con DTPM, que a partir del año 2013 realiza las encuestas de evaluación de los usuarios al sistema de transporte de manera presencial exclusivamente en paraderos de Transantiago, situándose así en el lugar y momento más crítico de la experiencia de viaje.

Las paradas de bus pueden ser clasificados según su infraestructura. Del total de paraderos existentes en Santiago un 82,6% fue concebido como refugio, es decir, construido para proteger a los ciudadanos. Dentro de los paraderos tipo refugio es posible encontrar refugios simples, refugios tipo vía corredor y refugio estación de traspordo (Ver ANEXO G).

Para efectos de medición se considera como área de estudio aquella abarcada por el refugio debido a que todas las paradas escogidas corresponden a un refugio de corredor.

La toma de datos se registra mediante dos vías de obtención:

1. Toma No Presencial
2. Toma Presencial

La toma de datos no presencial se llevó a cabo mediante observación estructurada, que define previamente los datos a obtener y la forma de registrar dicha información. En

particular, se busca capturar variables ligadas al pasajero (su género, si se encuentra sólo o acompañado, si lleva o carga peso y si se encuentra sentado, apoyado o de pie al momento de observación), junto a variables propias de la parada y el momento de la medición (clima, condiciones del paradero (asiento, techumbre), entre otros.

Para este propósito se utiliza la filmación, para así contar con un registro de lo sucedido y hacer el seguimiento de los pasajeros a posteriori. El número de cámaras escogido depende del tamaño del paradero, bastando con una única cámara para paraderos de menor envergadura y dos para paraderos tipo corredor, cuya extensión supera los 3,6 metros.

Como se observó en el capítulo 4.1.2, las cámaras son ubicadas en las esquinas paralelas traseras del refugio para poder abarcar el mayor ángulo de observación posible. Cabe aclarar que si se escoge las esquinas frontales o traseras dependerá exclusivamente de la afluencia de público y la posible interferencia que esto pueda ocasionar.



Ilustración 13 Comparación capacidad de observación con altura de 1,4m y 2m

Otro punto a tener en consideración es la altura a la que las cámaras son ubicadas: para el presente estudio se utilizó tripodes de 1,4 m de altura, sin embargo, se observó que para condiciones específicas de saturación del paradero, dicha altura no fue suficiente y se debió optar por encajar las cámaras en el enrejado de la parada a modo de otorgarles mayor altura (Ver ANEXO H).

El listado de materiales y especificaciones técnicas se encuentra disponible en ANEXO I.

En relación a los recursos humanos se contó con 5 encuestadores debidamente identificados con chaleco reflectante e identificación. Este punto es importante ya que el hecho de acudir debidamente identificado aumenta la disposición de los pasajeros a contestar la encuesta, generando confianza y eliminando posibles sesgos al especificar la pertenencia a una universidad y no a Transantiago.

Además, desde el punto de vista logístico, el chaleco reflectante permite observar de manera más rápida y eficiente a los encuestadores en las grabaciones.

Por otra parte, cada encuestador cuenta con una tabla de apoyo equipada con cuestionarios y un reloj, que les permite ingresar los horarios de encuesta con mayor facilidad y realizar de manera más cómoda su labor.



Ilustración 14 Materiales encuestador presencial. Elaboración propia

4.4 Metodología medición tiempos de espera

A continuación, se detalla el procedimiento efectuado para la medición de tiempos de espera.

Como primer paso se instalan las cámaras según lo mencionado en la sección anterior. Posteriormente se muestra el ángulo de visión obtenido a los encuestadores, de modo que ellos sepan con precisión qué sectores del paradero abarcar.

Una vez los encuestadores se equiparon con el chaleco reflectante y se instalaron las cámaras, es preciso esperar a que pase el siguiente bus. Esto se hace para que los pasajeros que ya se encontraban en la parada (y cuyos tiempos de llegada no conocemos) queden fuera del estudio.

Una vez que se ha vaciado el paradero y la llegada de todos los pasajeros presentes fue captada por las cámaras, los encuestadores escogen al azar un pasajero en estado de espera y le abordan. Se define el estado de espera como aquel en el que el sujeto ingresa al área delimitada por el paradero y se detiene. Se considera área de estudio aquella captada por las cámaras según se observó en la Ilustración 11, Capítulo 4.1.2.

La manera en que se procede es como sigue: se acerca el encuestador con la tabla bajo el brazo, y tras una breve introducción se efectúa la primera pregunta: “¿Cuánto tiempo, en minutos, ha esperado en este paradero?”. Al momento de obtener la respuesta, el encuestador levantará la tabla de apoyo, lo que da la señal al observador para el registro del tiempo. Posteriormente se continúa con el resto del cuestionario (ANEXO F, Ilustración 27 Preguntas Cuestionario. Elaboración Propia).

Del total de variables consideradas, las variables no observables fueron expresadas en las 18 preguntas del cuestionario, ordenadas según prioridad. De este modo se estableció como primera pregunta la percepción del tiempo (variable motivadora del presente

estudio) y a continuación se incluyó paulatinamente variables referentes al viaje, disposición del pasajero, frecuencia de uso y demográficas.

Las preguntas referentes a ingreso y evaluación de Transantiago fueron puestas al final del cuestionario, ya que al finalizar la encuesta se generó confianza tal que aumenta la probabilidad de respuesta. Asimismo, el orden de las preguntas asegura que, para encuestas incompletas, se cuente de todas formas con las variables de mayor relevancia.

Una vez terminado el cuestionario, el encuestador se acerca a la cámara, ordena su tabla de apoyo y procede a repetir el experimento.

4.4.1 Consideraciones

Dentro de las consideraciones que debe tenerse a la hora de encuestar pasajeros, la primera es evitar encuestar a más de una persona dentro del mismo grupo, pues de ese modo se evita la interdependencia de las observaciones.

Otra consideración es el procedimiento a efectuar ante la negativa de algún entrevistado. Si algún pasajero se niega a responder, es necesario apartarse y esperar el arribo de un bus antes de proceder. Esto se hace para evitar un efecto tipo contagio, en que la desconfianza de un pasajero estimula la del resto. Fue mencionada en la memoria efectuada por Ovalle (2010) y, tras experimentar la situación, se aprobó su pertinencia.

Finalmente, es posible que el encuestador perciba cierto sesgo político por parte del encuestado. En tal caso, no debe preocuparse ya que la pregunta final, orientada a la evaluación de Transantiago, permitirá medir y/o descartar dicho sesgo.

Capítulo 5 Análisis estadístico descriptivo

Luego de 3 días de grabación efectuadas los días 25, 26 y 27 de abril y tras 12 horas de medición se obtuvo un total de 324 encuestas respondidas.

Según se muestra en Ilustración 15 Gráfico dispersión Tiempos de Espera Real y Percibido, existe una tendencia lineal hacia la sobreestimación del tiempo de espera, teniéndose un tiempo promedio de espera percibido 2,53 minutos mayor al tiempo promedio efectivo.

Tiempo Percibido Promedio: 6,68 minutos
Tiempo Efectivo Promedio: 4,16

En la ilustración, se muestra en naranja la nube de puntos obtenida mediante la encuesta, mientras que el color celeste representa los resultados que se hubiesen obtenido si las estimaciones fuesen perfectas.

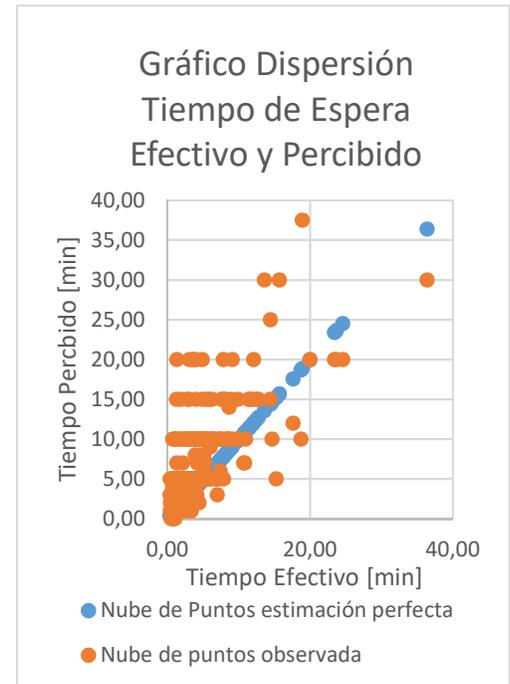


Ilustración 15 Gráfico dispersión Tiempos de Espera Real y Percibido

Por otra parte, el ratio $\frac{\widehat{T}_{espera_q}}{T_{espera_q}}$ de los valores de la muestra asciende a 2,2 en promedio.

Esto es consistente con resultados representados por Herz et al. (2010) quien reporta valores entre 2 y 4. Se reportan a continuación los resultados obtenidos.

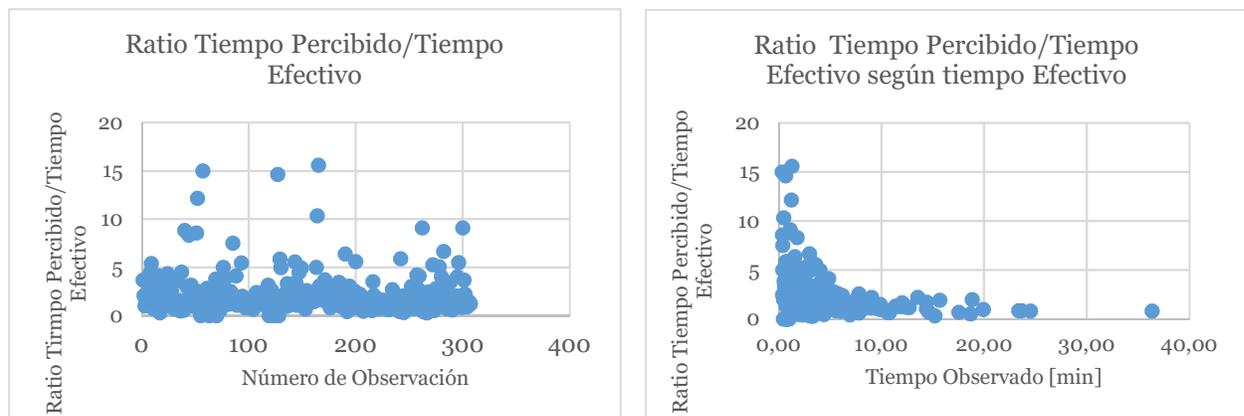


Ilustración 16 Comparación Gráficos Ratio Tiempo Efectivo y Percibido. Elaboración propia

Es posible observar que un gran porcentaje de los ratios observados se concentra en torno a 2, salvo valores atípicos que indican que, para ciertas personas, su estimación sobrepasó hasta en 10 veces el tiempo real de espera. Además, en el gráfico de la derecha se redistribuye los datos según el tiempo efectivo observado. En tal caso, es posible observar

que a medida que el tiempo observado transcurre, el ratio de tiempo percibido sobre tiempo efectivo tiende a ajustarse a la realidad.

Cabe destacar que el tiempo de espera promedio se mide al momento de la encuesta y no representa el tiempo total de espera hasta el arribo del bus.

5.1 Caracterización de la muestra

Del total de 324 encuestas se procesó correctamente 307 observaciones en un total de 6 paraderos ubicados en 3 zonas geográficas. Para consultar la distribución de las observaciones en mayor detalle, dirigirse a ANEXO J.

El proceso de depuración consistió en quitar aquellas encuestas para las que no se pudo obtener información mediante la grabación, así como valores extremos.

Un 36% de la muestra obtenida corresponde a hombres y un 72% a mujeres, todos con una edad promedio de 41 años. Si se contrasta los resultados obtenidos con aquellos propiciados por la Encuesta Origen Destino (2012), se tiene que el 47% de los pasajeros corresponden a hombres y un 53% a mujeres. Además, la edad promedio de los encuestados en la encuesta EOD corresponde a 37,12 años.

Los histogramas con las distribuciones de frecuencia tanto para la muestra obtenida como para la Encuesta Origen Destino se observan en la Ilustración 17, a continuación.

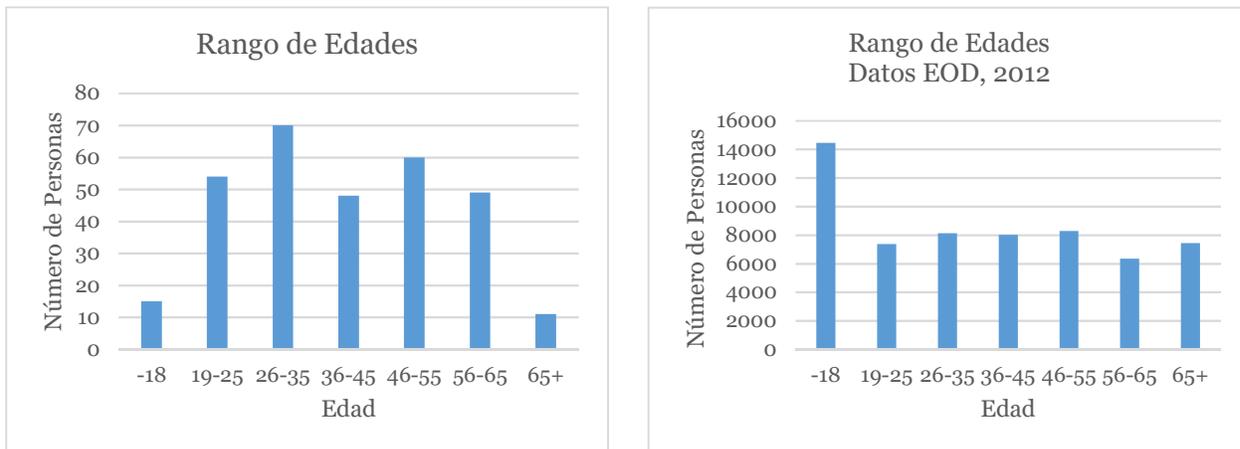


Ilustración 17 Gráfico rango de edades pasajeros encuestados y EOD. Elaboración Propia

Por otra parte, la principal ocupación de la muestra obtenida corresponde a trabajadores, seguido de un porcentaje menor de estudiantes, dueños de casa, desempleados y otros, mientras que, según datos de la EOD, estos porcentajes varían significativamente.

Se puede observar en la Ilustración 18 que, a pesar de que el número de trabajadores sigue siendo mayor al resto, tanto los estudiantes como las dueñas de casa adquieren mayor participación sobre el total en datos de la EOD (2012).

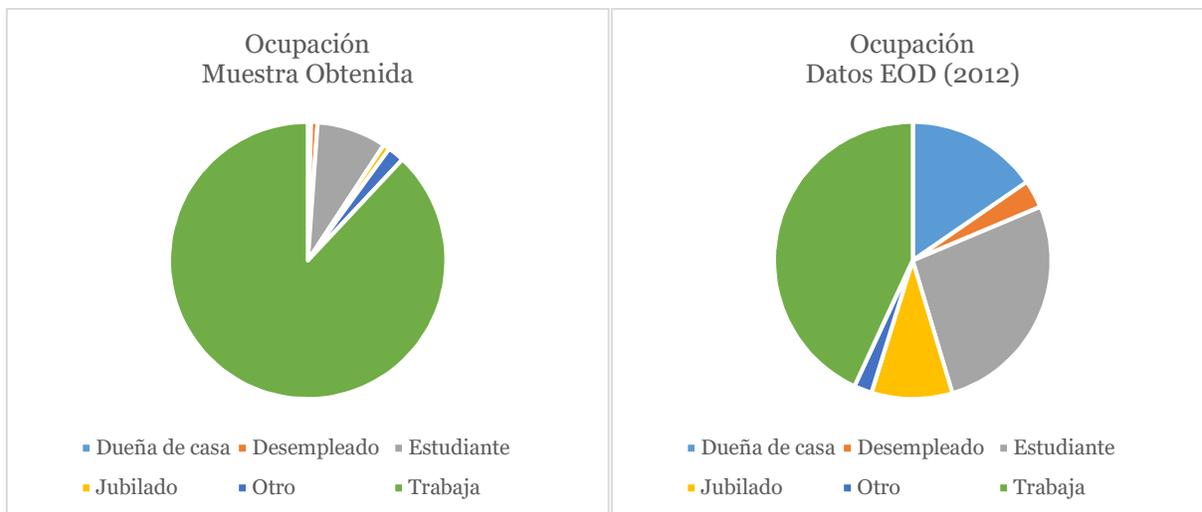


Ilustración 18 Gráfico Ocupación pasajeros encuestados. Elaboración propia

Respecto del motivo de viaje, se observa en la muestra obtenida que un alto porcentaje (87%) corresponde a trabajadores. Sin embargo, para la encuesta EOD, 2012 estos valores presentan una composición más homogénea, siendo el regreso a casa uno de los motivos predominantes con un 46% de participación. Ver Ilustración 19.

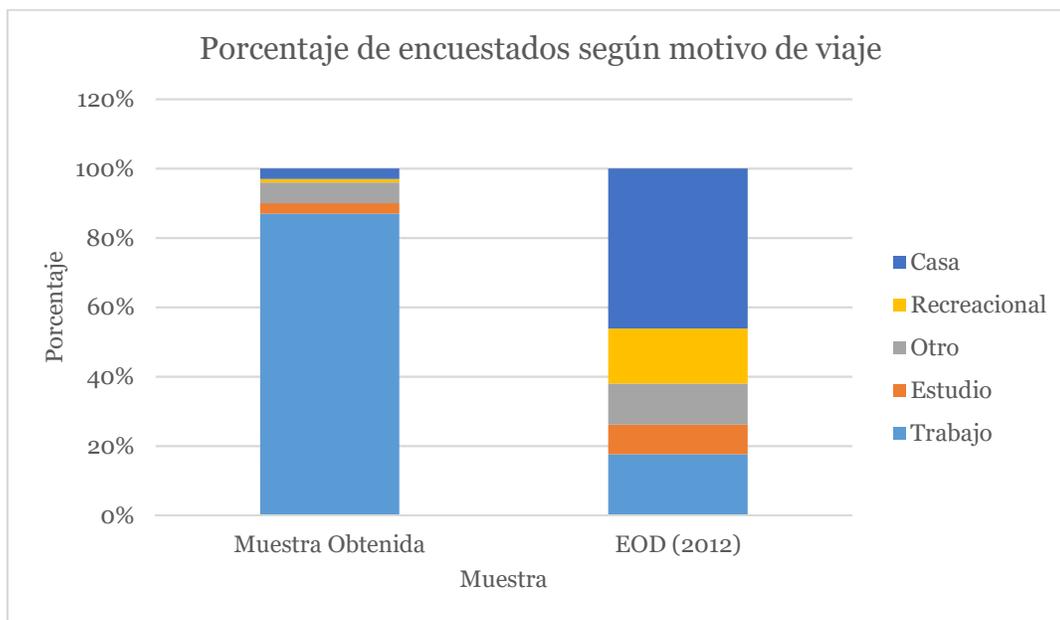


Ilustración 19 Porcentaje de encuestados según motivo de viaje. Elaboración propia

En la misma línea y en relación a la percepción, se observa que para aquellos motivos que difieren de trabajo o estudio, la sobreestimación parece ser sistemáticamente menor.

Tabla 21
Percepción según motivo de viaje

	Porcentaje de la muestra	Tiempo de Espera [min]	Tiempo Percibido [min]	$\frac{\text{T. Percibido}}{\text{T. Espera}}$
CASA	3%	2,17	2,87	1,32
RECREACIONAL	1%	1,33	2	1,5
OTROS	6%	2,83	3,73	1,31
TRABAJO	87%	4,39	7,08	1,61
ESTUDIO	3%	3,21	7,11	2,22

Elaboración Propia

Adicional al motivo de viaje, se considera los horarios en que los pasajeros se acercaron a la parada, a modo de verificar si, dentro de la mañana, la gente se ve influenciada según se trate de horario punta, transición punta mañana, o fuera de punta mañana.

Tabla 22
Percepción según horario de llegada

	Porcentaje de la muestra	Tiempo de Espera [min]	Tiempo Percibido [min]	$\frac{\text{T. Percibido}}{\text{T. Espera}}$
PUNTA	30%	4,39	6,91	1,57
TRANSICIÓN PUNTA	40%	3,65	5,94	1,62
FUERA DE PUNTA	31%	4,57	7,42	1,62

Elaboración Propia

Es posible observar que, independiente del horario en que accedan las personas a la parada, su sobreestimación ronda el 60%.

Otra variable de interés se relaciona con el ingreso familiar estimado:

Tabla 23
Percepción según rango de ingreso

	Porcentaje de la muestra	Tiempo de Espera [min]	Tiempo Percibido [min]	$\frac{\text{T. Percibido}}{\text{T. Espera}}$
0-\$300.000	15%	6,24	8,95	1,43
\$300.000-\$500.000	25%	3,58	6,90	1,92
\$500.000-\$600.000	19%	3,66	7,02	1,92
\$600.000-\$900.000	18%	5,39	7,52	1,39
\$900.000-\$2.600.000	22%	4,30	6,06	1,41
\$2.600.000+	2%	2,62	6,56	2,50

Elaboración propia

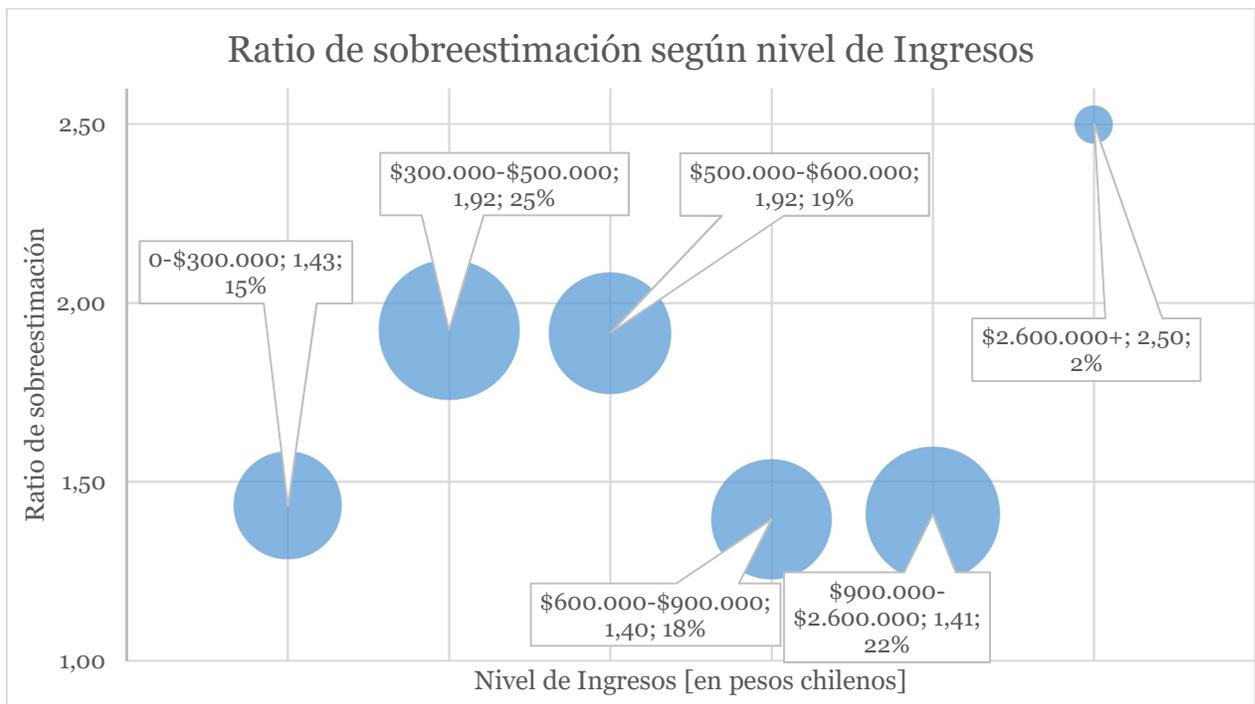


Ilustración 20 Ratio de sobreestimación según nivel de ingresos

A pesar de que la muestra se encuentra distribuida entre los rangos de ingreso presentado, es posible apreciar que no existe, a primera vista, alguna clase de patrón lineal respecto del ingreso. Sin embargo, es posible apreciar una disminución de la sobreestimación a partir de los \$600.000 pesos, con la única excepción del ingreso sobre \$2.600.000 que representa apenas un 2% de la muestra.

Capítulo 6 Modelos de medición de factores que inciden en el tiempo de espera basados en regresión lineal

6.1 Regresión Lineal Simple

Según se vio en el Capítulo 3, existen diversos modelos matemáticos a ser considerados. De los modelos expuestos, se optó por el modelo de regresión lineal debido a que fue sugerido y considerado relevante en varios de los estudios analizados. Entre estos se cuentan los modelos de Watkins et al. (2011), Mishalani et al. (2016) y Ovalle (2010).

Un segundo motivo tiene que ver con la naturaleza del análisis y su propósito mismo. Debido a que se busca cuantificar el impacto potencial de un cambio unitario las variables sobre el tiempo percibido, se privilegia el modelo lineal.

$$\widehat{T_{espera_q}} = \beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \varepsilon$$

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 24
Resultados Regresión Simple

Regresión	Coefficiente	P-valor (Contra 0)	P-valor (Contra 1)
Intercepto	2,87	2,2E-16	1,61E-08
Tiempo de Espera	0,91	2,2E-16	0,11
Significancia del modelo			2,2E-16
R ²			0,49
R ² ajustado			0,48

Elaboración Propia

En que P-valor (Contra 0) se refiere al P-valor producto del estadístico t evaluado para la hipótesis de media del coeficiente igual a 0, mientras que P-valor (Contra 1) se refiere al estadístico evaluado para media 1.

Se valida la hipótesis de que el tiempo de espera afecta positivamente el tiempo percibido, aun cuando lo hace en un valor menor a 1 (Siendo su coeficiente significativamente distinto de 0). Estos resultados son similares a los obtenidos por Mishalani et al. (2006), quienes obtuvieron un coeficiente igual a 0,92.

Sin embargo, no es posible descartar que dicho coeficiente sea igual a 1.

Se tiene además que el nivel base observado corresponde a 2,8 minutos, lo que significa que existe una sobreestimación independiente del tiempo observado. Esto es razonable a pesar de presentar un vacío conceptual, pues el modelo sugiere que para un tiempo de

espera nulo existe una sobreestimación de 2,8 minutos, lo que difiere del sentido común ya que al no existir espera en el tiempo 0, no debería existir sobreestimación alguna.

Por otra parte, la estimación lineal supone un efecto de igual magnitud independiente del tiempo de espera, lo que se contrapone a los estudios mencionados en la sección Análisis exploratorio que sugieren un decaimiento de la sobreestimación a medida que pasa el tiempo de espera.

A modo de capturar de mejor manera el comportamiento de los pasajeros y siguiendo en el ámbito de la regresión lineal, se estudia la aplicación de un modelo lineal por tramos.

$$\widehat{T}_{espera_q} = \beta_0 + \beta_1 (T_{0-10_q}) + \beta_2 (T_{10-20_q}) + \beta_3 (T_{20+_q}) + \varepsilon$$

En que (T_{0-10_q}) representa a las personas que esperaron efectivamente entre 0 y 10 minutos, (T_{10-20_q}) a quienes esperaron entre 10 y 20 minutos y (T_{20+_q}) a quienes esperaron más de 20 minutos. Dichos rangos de tiempo fueron obtenidos mediante indagación y testeo de diferentes rangos de tiempo y su significancia.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 25
Resultados regresión por tramos

Regresión	Coefficiente	P-valor
Intercepto	2,2399	0,00000005
t0-10	1,1	2E-16
t10-20	0,74	1,47E-4
t20+	0,44	0,10
Significancia del modelo		2E-16
R ²		0,51
R ² ajustado		0,50

Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, efectivamente existe diferencia en cómo los usuarios perciben el tiempo según el tiempo que efectivamente esperan, dándose que para tiempos de espera menores existe una mayor sobreestimación, la que decae a medida que los tiempos aumentan.

Una posible explicación es que se da un aprendizaje en pequeña escala, tal como Cats & Gkioulou (2015) propusieron, a medida que el pasajero se adapta al sistema de transporte, es posible que los tiempos percibidos converjan al valor real. Si se supone un aprendizaje sobre el continuo de la espera, a mayores tiempos debiese existir mayor precisión.

El modelo presentado mejora los resultados obtenidos anteriormente en cuanto a significancia y potencial de predicción. Adicionalmente, se comprueba que exista una diferencia significativa entre los coeficientes estimados mediante un test t, y se descarta que las medias para los distintos intervalos de tiempo sean iguales (P-valor < 2E-16).



Ilustración 21 Gráfico Tiempos de espera percibidos según regresión por tramos. Elaboración propia.

6.2 Regresión Lineal Multivariada

Del total de variables consideradas, se analizó en primera instancia un modelo para cada variable junto a el tiempo de espera real o efectivo con el objetivo de hacerse una idea de la significancia particular. Para esto se utilizó una regresión multivariada, en que el primer beta corresponde al tiempo de espera efectivo y el segundo beta corresponde a la variable que se esté analizando cada vez.

$$\widehat{T_{espera}_q} = \beta_0 + \beta_1(T_{espera}_q) + \beta_X(X_q)$$

Tabla 26
Resultados regresión multivariada con tiempos de espera y un factor

Variable	$\widehat{T_{espera}_q} =$	P-valor	R ²	R ² Ajustado
T. de Espera	$\beta_0 + \beta_1(T_{espera}_q)$	0,001	0,491	0,489
Género	$\beta_0 + \beta_1(T_{espera}_q) + \beta_{Mujer}(Mujer_q)$	0,283	0,493	0,489
Edad (FACTOR)	$\beta_0 + \beta_1(T_{espera}_q) + \sum \beta_{Edadi}(Edad_{iq})$	0,160	0,497	0,485
Estrés (FACTOR)	$\beta_0 + \beta_1(T_{espera}_q) + \sum \beta_{Edadi}(Edad_{iq})$	0,001	0,529	0,513
Motivo (FACTOR)	$\beta_0 + \beta_1(T_{espera}_q) + \sum \beta_{Motivoi}(Motivo_{iq})$	0,049	0,499	0,490
Obtuvo Info	$\beta_0 + \beta_1(T_{espera}_q) + \beta_{TuvoInfo}(TuvoInfo_q)$	0,723	0,490	0,486
Atraso	$\beta_0 + \beta_1(T_{espera}_q) + \beta_{Atraso}(Atraso_q)$	0,746	0,486	0,482
Ocupación	$\beta_0 + \beta_1(T_{espera}_q) + \sum \beta_{Ocupi}(Ocupi_q)$	0,330	0,488	0,478
Ingreso (Factor)	$\beta_0 + \beta_1(T_{espera}_q) + \sum \beta_{Ingresoi}(Ingreso_{iq})$	0,07	0,497	0,482

Espera Habitual	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \beta_{Esperahab}(Esperahab_q)$	0,00	0,540	0,536
Nota T.	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \beta_{Nota}(Nota_q)$	0,017	0,495	0,491
Obj. Peso	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \beta_{Objpesosi}(Objpesosi_q)$	0,747	0,491	0,487
Comodidad	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \sum \beta_{Comodidadi}(Comodidad_{iq})$	0,200	0,494	0,488
Acompañado	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \beta_{Acompsi}(Acompsi_q)$	0,594	0,492	0,488
Clima	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \beta_{Lluvia}(Lluvia_q)$	0,438	0,492	0,488
Frec	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \beta_{Frec}(Frec_q)$	0,205	0,494	0,490
ICF	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \beta_{ICF}(ICF_q)$	0,701	0,491	0,488
ICR	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \beta_{ICR}(ICR_q)$	0,440	0,492	0,488
Hora Llegada	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \sum \beta_{Hllegadai}(Hllegada_{iq})$	0,150	0,495	0,489
Licencia	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \beta_{Licencia}(Licencia_q)$	0,206	0,492	0,488
Paradero	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \sum \beta_{Paradai}(Parada_{iq})$	0,010	0,506	0,496
Servicio	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \sum \beta_{Seri}(Servi_{iq})$	0,010	0,556	0,511
Seguridad	$\beta_0 + \beta_1 (T_{espera_q}) + \beta_{Seguridad}(Seguridad_q)$	0,013	0,502	0,498

Elaboración propia

Del total de modelos analizados, se encuentran destacados en negrita aquellos modelos que contienen una variable que, junto al tiempo de espera, resultó significativa.

Entre estos destacan el nivel de estrés (ya sea con carácter numérico o como factor), el motivo del viaje, el ingreso, la espera habitual y la nota asignada por el pasajero a Transantiago.

Para el acceso a información, en particular, no se obtuvo resultados significativos en el modelo mostrado anteriormente. Sin embargo, dadas las hipótesis revisadas en la literatura, se opta por un segundo modelo exploratorio, cuyo intercepto ha sido quitado, a modo de establecer si existe diferencia entre quienes tienen o no acceso a información. Dado que el intercepto es necesario para la identificación del modelo, no es posible afirmar que el beta de la obtención de información refleje el efecto sobre la percepción.

Tabla 27
Diferencias de percepción según el acceso a información

Uso Información Web		
Regresor	Coefficiente	P-valor
Tiempo de Espera	0,905	2E-16
ObtuvoInfoSí	2,91	5,31E-11
ObtuvoInfoNo	3,09	7,43E-11

Elaboración Propia

Según el modelo presentado, quienes sí tienen acceso a información estiman el tiempo de espera 0,18 minutos por debajo de aquellos que no. Complementando esta idea, se tiene que la mitad de las personas que no tuvieron acceso a información perciben el tiempo con un error fluctuante entre 0,48 y 2,3 minutos de espera, rango que se reduce para aquellas personas que si lo tuvieron (entre 0,72 y 1,12 minutos de espera).

Es decir, salvo casos atípicos, la población que si vio información comete errores de estimación menores a aquellos que no tuvieron acceso a esta.

Se estudió además el impacto del nivel de servicio sobre el tiempo percibido de espera mediante el uso de indicadores para frecuencia, índice relativo de frecuencia e índice de regularidad para los servicios utilizados por los pasajeros.

Tabla 28
Resultados Nivel de Servicio

Indicadores de Servicio	Coefficiente	P-valor
Intercepto	9,825	0,203
TESPERA	0,909	2E-16
FRECPROG	0,07	0,202
ICF	-0,17	0,638
ICR	-7,27	0,43
Significancia del modelo	2E-16	
R ²	0,4951	
R ² Ajustado	0,4884	

Elaboración Propia

Para esto se utilizó la frecuencia programada por los operadores, el ICF e ICR, mencionados en Variables Relevantes, Del Servicio: Frecuencia.

Es preciso señalar que para el caso en que los pasajeros indicaron esperar dos servicios se utilizó la suma de la frecuencia de ambos y el promedio de los índices mencionados, mientras que para un número mayor de servicios se utilizó por defecto una frecuencia de 20 buses por hora e índices referentes al promedio de todos los servicios estudiados.

El resultado obtenido no arrojó las variables como significativas, sugiriendo que los valores correspondientes a frecuencia planificada, ICR e índice de cumplimiento no tienen impacto en la estimación del tiempo. Esto puede deberse al desconocimiento de dichos factores, al sesgo propio de los pasajeros o a la baja varianza presentada para el estimador ICR [0,0006545582]

Una hipótesis interesante a propósito de la sobreestimación de los tiempos de espera tiene que ver con el uso por defecto de “cajones” mentales a la hora de reportar tiempos percibidos. Con tal ánimo se muestra a continuación los números mencionados por los encuestados y su frecuencia.

Observar Ilustración 22.

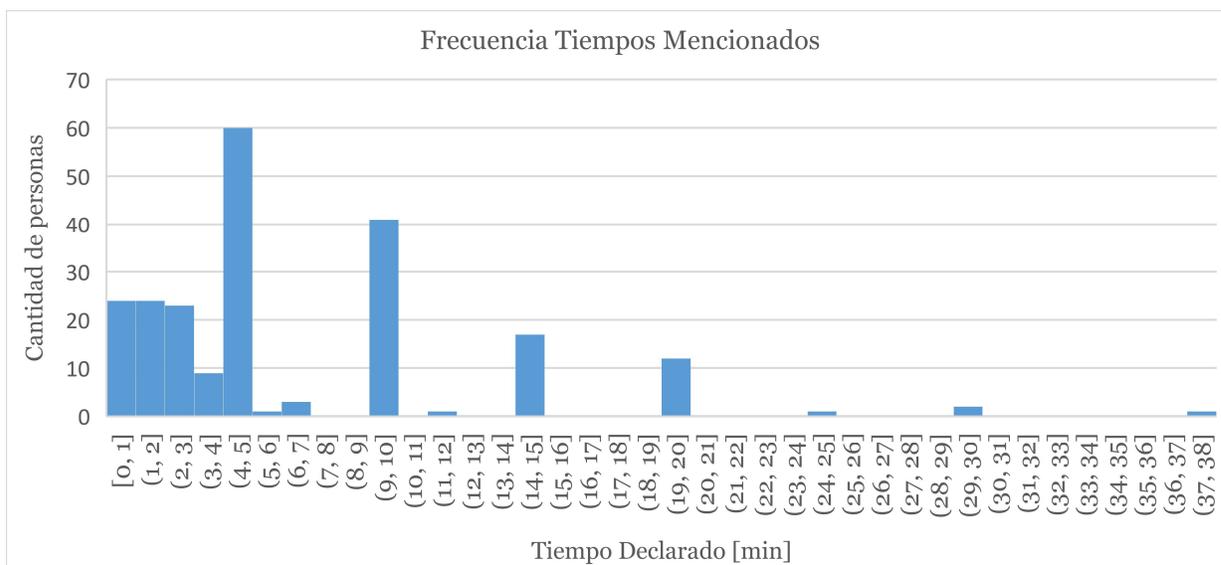


Ilustración 22 Gráfico Frecuencia Tiempos Declarados. Elaboración Propia

Se desprende que efectivamente existe un patrón en que los múltiplos de 5 suelen tener mayor frecuencia, sin embargo, no se cuenta con la evidencia estadística que permita rechazar la hipótesis. Una posible alternativa es dividir las observaciones entre quienes responden un número múltiplo de 5 y quienes no y realizar un test de diferencia entre medias.

Se busca además verificar si los paraderos de estudio influyen en la percepción de las personas encuestadas. Se observa que las PARADA 5 ESCUELA MILITAR y PARADA 5 / (M) LAS REJAS tienen un efecto significativo respecto a la variable omitida PARADA 2 / (M) TOBALABA, percibiendo de mejor manera los pasajeros en estas.

Tabla 29
Percepción según paradas. Elaboración propia

Coefficiente	Beta	P-valor
Intercepto	3.6169	8.58e-15
Tiempo de Espera	0.8962	2e-16
Parada 3 / (M) LAS REJAS	-0.7693	0.3053
Parada 4 / (M) LAS REJAS	-0.2913	0.7946
Parada 5 / (M) LAS REJAS	-1.3184	0.0164
Parada 7 / (M) LAS REJAS	-0.6586	0.6792
Parada 5 / (M) ESCUELA MILITAR	-2.4731	0-0280

Elaboración Propia

Sin embargo, esto responde a condiciones particulares del estudio y por ende no será considerado en adelante. En su reemplazo, se considerará la variable ZONA.

Con el objetivo de conocer como las variables se comportan en conjunto se formuló un modelo de regresión lineal multivariada con inclusión de interacciones. Se expone a continuación la lista de variables utilizadas para el modelamiento matemático:

- **TESPERA:** Tiempo de espera efectivo medido en minutos
- **ZONA:** Variable que captura el efecto dado por la zona de medición. Se consideran Escuela Militar, Tobalaba y Metro las Rejas. Esta última fue omitida como nivel de referencia.
- **HORAPUNTA:** Variable Categórica que toma valores para el horario Punta (06:30-08:29), Transición Punta Mañana (08:30-09:29) y Fuera de Punta Mañana (09:30-12:29). Hora Punta considerada como nivel de referencia.
- **ACOMPANADO:** Variable que toma el valor 1 si la persona se encuentra acompañada y 0 en caso contrario.
- **SENTADO:** Variable que toma el valor 1 si la persona se encuentra esperando sentada o apoyada y 0 si se encuentra de pie.
- **OBJPESOSI:** Variable que captura si el usuario lleva peso (mochila y/o maleta) al momento de la espera. Toma el valor 0 en caso contrario.
- **MOTIVO(TYE):** Variable categórica que considera los posibles motivos de viaje. Toma el valor 1 según se trate de un viaje de Estudio o Trabajo y 0 en caso contrario (Recreacional, Regreso a casa y Otros).
- **OBTUVOINFO:** Variable dummy que toma el valor 0 si la persona tuvo acceso a algún canal de información (ya sea ver la hora, usar información web o aplicaciones) y 0 si no.
- **INSEG:** Variable referente a inseguridad. Según se explicó en la sección variables relevantes, corresponde a la tasa de delitos de mayor connotación denunciados por cada 100.000 habitantes.
- **FRECPROG:** Corresponde a la frecuencia programada por los operadores
- **INDFREC:** ICF (mencionado en el apartado para la variable Paradero Inseguro).
- **INDREC:** ICR (mencionado en el apartado para la variable Paradero Inseguro).
- **GENM:** Variable tipo dummy que toma el valor 0 si el pasajero mujer.
- **ADULTO>55:** Variable que toma el valor 1 si la persona encuestada es mayor a 55 años y 0 en caso contrario.²⁴
- **INGRESO:** Variable categórica que toma el valor 1 para ingresos familiares entre \$0-600.000 y 0 para ingresos sobre \$600.000.
- **DATRASO:** Variable que considera el atraso posible que la persona declara poder tolerar. Se considera atraso de menor rango entre 0 y 10 minutos, y de mayor rango atrasos sobre 10 minutos.
- **NOTA:** Evaluación a Transantiago en una escala de 1 a 10.
- **USOT:** Variable que captura la familiaridad con Transantiago. Toma el valor 1 si la persona utiliza Transantiago 4 o más veces a la semana y 0 en caso contrario.
- **LICENCIASI:** Variable binaria que toma el valor 1 si la persona tiene licencia de conducir y 0 si no.
- **ESTRÉS:** Se refiere a la frustración asociada a la espera en una escala que va de 1 a 10.

Con estas variables se configuró dos modelos diferentes: modelo inicial y parsimonioso. Se habla de parsimonia cuando se escoge el modelo más sencillo posible. Mientras el modelo inicial busca recoger información sin detenerse a analizar su complejidad, el segundo la consolida de modo sencillo y comprensible.

²⁴ Se consideró esta variable al no encontrar resultados significativos para los rangos de edad propuestos en el cuestionario. Además, se optó por seguir el modelo de Fan et al. (2016) y proponer una variable para gente mayor.

Tabla 30
Modelos de Percepción: Inicial y Parsimonioso

Tipo de Variable	Variables	Modelo Inicial		Parsimonioso			
		Beta	P-valor	Beta	P-valor		
	INTERCEPTO	-7,53	0,52	0,23	0,85		
	ZONAESCMILITAR	-1,83	0,10	-1,08	0,18		
	ZONATOBALABA	-1,17	0,25	-0,52	0,57		
	TESPERA	0,53	0,08 *	0,73	0,00 ***		
Del Viaje	Observable	HRFUERADEPUNTA	-0,13	0,87			
		HRTRANSCPUNTA	-0,58	0,43			
		ACOMPAÑADO	0,76	0,44			
		SENTADO	-2,06	0,41			
		OBJPESOSI	-0,79	0,36			
	No Obs.	MOTIVO(TYE)	2,11	0,04 **	2,02	0,03 **	**
		OBTUVOINFO	1,14	0,17	1,52	0,05 **	**
		TESPERA*OBTUVOINFO	-0,28	0,06 *	-0,33	0,01 **	**
		TESPERA*INSEG	5,64	0,04 **	4,92	0,00 ***	***
		FRECPROG	-0,05	0,57			
Del Servicio	Obs.	INDFREC	-0,30	0,43			
		INDREG	11,51	0,43			
		TESPERA*GENM	0,14	0,59			
		TESPERA*INSEG*GENM	0,30	0,91			
		ADULTO>55	-0,20	0,80			
Del Pasajero	No Observable	INGRESO-\$600.000	1,70	0,01 **	1,38	0,01 **	**
		ATRASO>10MIN	-0,87	0,18			
		NOTA	-0,23	0,10 *	-0,22	0,08 *	*
		USAT>4VECESSEM	0,85	0,37			
		LICENCIASI	0,57	0,38			
		ESTRES	0,21	0,03 **	0,18	0,03	
Factores de Ajuste	R ²		0,63		0,61		
	R ² Ajustado			0,58		0,59	
	Significancia del modelo			0,00		0,00	

Elaboración propia

En ambos casos, el modelo resulta significativo. Sumado a esto, los valores de R² establecen que aproximadamente un 60% de la varianza de los datos puede ser explicada por las variables reportadas.

En este contexto, se realizó un análisis de varianza al modelo con el fin de determinar qué variables explican de mejor manera la varianza observada. Estas variables fueron ZONA, TESPORA, ESTRÉS, MOTIVO, INGRESO, NOTA y la interacción entre las variables TESPORA*OBTUVOINFO, TESPORA*INSEG. Las variables TESPORA*GENM y OBTUVOINFO mostraron P-valores cercanos al 0,1.

Tabla 31
ANOVA Modelo Inicial

Variable	Grado de Libertad	Suma Desv.	Media Desv.	Estadístico F	P-Valor	
ZONA	2	625,4	312,7	19,7	1,5E-18	***
TESPERA	1	3765,0	3765,0	237,2	2E-16	***
HORAPUNTA	2	30,8	15,4	0,969	0,38	
ACOMPAÑADO	1	0,1	0,1	0,0034	0,05	
SENTADO	1	6,7	6,7	0,4237	0,52	
OBJPESOSI	1	0	0	0,0007	0,97	
MOTIVO	1	65,7	65,7	4,1414	0,04	*
OBTUVOINFO	1	0,1	0,1	0,0049	0,94	
TESPERA*OBTUVOINFO	1	137,3	137,3	8,1651	0,003	**
TESPERA*INSEG	1	131,2	131,1	8,2660	0,004	**
FRECPROG	1	7,8	7,8	0,4918	0,48	
INDFREC	1	13,5	13,5	0,8503	0,35	
INDREG	1	15,9	15,9	1,0018	0,31	
TESPERA*GENM	1	42,7	42,7	2,6932	0,10	
TESPERA*INSEG*GENM	1	0,2	0,2	0,0116	0,91	
ADULTO	1	0,4	0,4	0,0254	0,87	
INGRESO	1	97,1	97,1	6,1	0,01	
ATRASO	1	22,6	22,6	1,4210	0,23	
NOTA	1	72,2	72,2	4,5471	0,03	*
USAT	1	8,9	8,9	0,5586	0,45	
LICENCIASI	1	4,9	4,9	0,3098	0,57	
ESTRES	1	146,1	146,1	9,2	0,0027	**
RESIDUALES	196	3110,9	15,9			

Elaboración propia

Como cabe esperar, el tiempo de espera efectivo resultó significativo en ambos modelos, aunque con valores distintos de los de Fan et al. (2016) [$\beta_{TESPERA} = 0,63$] y Watkins et al. (2011) [$\beta_{TESPERA} = 0,72$]. Sin embargo, y tras probar distintos modelos, se concluye que dicha diferencia viene dada por la inclusión de la variable ZONA como intercepto de control.

El horario de llegada no resultó significativo, no habiendo diferencia estadística entre quienes llegaron en horario punta, transición o fuera de punta. Esto es notable, pues resultados obtenidos por Watkins et al. (2011) indican que un viaje en horario punta incrementa la sobreestimación en 0,59 minutos.

Ni la compañía, objetos de peso o posición de espera resultaron significativos.

El primer resultado es relevante pues el modelo desarrollado por Fan et al. (2016) atribuye un incremento significativo de 0,31 minutos en la estimación de aquellos pasajeros que viajan solos. Una posible explicación es que, en este caso, menos del 1% de la muestra acudió acompañado al paradero, por lo que no existen datos suficientes que permitan el contraste.

El hecho de que el objeto de peso no resultase significativo puede deberse a que más del 80% de la muestra cargaba peso, ya sea mochila, cartera mediana o maletín. Un efecto contrario al esperado puede deberse a una interacción con el motivo de viaje, ya que es probable que aquellas personas que viajan con peso lo hagan a su casa de estudios o trabajo. Se propone redefinir la variable de modo que se consideren objetos de gran peso o envergadura.

El estudio sugiere que aquellas personas que esperan sentadas o apoyadas perciben 2,06 minutos menos en relación a quienes se encuentran de pie, lo que es coherente. Sin embargo, la variable no resultó significativa, lo que puede deberse a que un 11% de la muestra estuvo sentada o apoyada.

Otro efecto, que no pudo ser considerado, es que la gente prefiere esperar de pie para asegurar un cupo en el siguiente bus en aquellos paraderos de mayor congestión.

Respecto al motivo de viaje, se estudió en primera instancia 5 motivos acorde a la encuesta origen destino, sin embargo, sólo se observó diferencias significativas entre aquellos viajes que corresponden a trabajo y estudio en relación a los que no. En promedio, las personas que se dirigen a su casa de estudios o al trabajo, añaden 2,11 minutos a su estimación respecto a aquellos que se transportan por otras razones.

Esto es relevante pues existe discusión en la bibliografía observada: mientras que Fan et al. (2016) no obtuvo evidencia para afirmar que los motivos de viaje inciden en la percepción, Psarros et al. (2011) establecieron que todos los motivos de viaje diferentes del viaje fuera de la ciudad incrementaban el tiempo percibido.

Respecto a la obtención de información, a pesar de que esta no resultó significativa por sí sola, sí lo hizo en interacción con el tiempo de espera. Es decir, a medida que aumenta el tiempo de espera, es mayor el impacto en la reducción de sobreestimación debido al acceso a información.

Esto es importante pues abre la posibilidad de implementar medidas orientadas a la entrega de información a pasajeros de Transantiago a modo de incrementar su bienestar y ahorrar costos por concepto de espera.

En base a la muestra obtenida, el modelo de predicción estima que, si todos los pasajeros encuestados hubiesen tenido acceso a información, la espera estimada hubiese alcanzado un promedio de 7,15 minutos. Si, por el contrario, ningún pasajero hubiese tenido acceso a información, la espera percibida promedio hubiese ascendido a 7,25. Se concluye el acceso a información permite reducir la sobreestimación en 0,10 minutos promedio para el caso de estudio.

En cuanto a la inseguridad, si bien no resulta significativa por sí sola, sí lo es en interacción con el tiempo de espera, es decir: a medida que aumenta el tiempo, el efecto de la tasa de delitos ocurridos en la comuna es mayor, contribuye a una más alta sobreestimación del tiempo de espera.

Este resultado es coherente con la literatura revisada y provee interesantes conclusiones respecto a la seguridad ciudadana. Como expresó Hess et Al (2005): “Los ambientes inseguros incrementan el costo percibido relativo a la espera, pues si los pasajeros

perciben una parada de autobús como peligrosa y temen ser asaltados evitarán el riesgo del uso del transporte público”.

En este contexto, una reducción del 10% en la tasa de denuncias por delitos mayores en la comuna contribuiría a un ahorro de 0,2 minutos. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la seguridad fue considerada por comuna y otorga poca variabilidad al caso de estudio. Se evidencia dicha observación con el propósito de advertir al lector y sugerir el uso de una variable alternativa para capturar el impacto de la seguridad.

Los factores referentes a los informados por los operadores ICR e ICF no resultaron significativos. En cuanto a la frecuencia, cabe mencionar que el impacto del aumento de buses resulta en una disminución de la sobreestimación, sin embargo, la magnitud del coeficiente es del orden de 0,01 y de efecto no significativo.

A pesar de esto, existe cierta similitud respecto a la magnitud y sentido del efecto en relación al estudio realizado por Watkins et al. (2011), quienes encuentran un efecto significativo en la frecuencia de los buses, efecto menor al de la entrega de información en línea y que permitiría evaluar costos a la hora de implementar políticas de reducción de tiempos de espera.

Respecto a las características propias del pasajero, se estudió el efecto del ingreso y la posesión de licencia de conducir. Para pasajeros cuyos ingresos familiares superan los \$600.000 existe una reducción en la sobreestimación de los tiempos de espera, efecto que, según Hess, Brown and Shoup (2005) sería explicado por la elección del medio de transporte sin existencia de forzosidad.

El atraso permitido fue agregado en dos grupos: atrasos de menor rango (0-10 minutos) y atrasos de mayor rango (15 minutos o más). Como cabría esperar, un mayor rango de atrás tiene un efecto negativo sobre la sobreestimación, disminuyendo los tiempos estimados en aproximadamente un minuto (-0,87). Sin embargo, el efecto no resultó significativo.

Estos resultados difieren de aquellos obtenidos por Mishalani et al. (2006), quienes estiman que para pasajeros que cuentan con restricción de tiempo, existe una disminución en la sobreestimación de 0,91 minutos.

La nota que los usuarios ponen a Transantiago influye atenuando la sobreestimación de los pasajeros. Es decir, existe una relación entre la evaluación de desempeño de Transantiago y la estimación de los tiempos de espera, lo que abre posibilidades de mejora.

Debido a la aparente relación entre el estado de ánimo y la sobreestimación del tiempo, se modeló esta variable en forma de escala de 1 a 10, con 1 estado de relajado y 10 de estrés. Efectivamente, un ascenso de un punto en la evaluación del propio ánimo significa una reducción de 0,21 minutos en la sobreestimación.

Esto es relevante pues, concuerda con la hipótesis de que los estados de ánimo alteran la percepción y, de hecho, es posible reducir costos con pequeñas medidas como mejoras en la atención o entrega oportuna de información.

Capítulo 7 Propuestas de políticas de reducción de costo a Transantiago

En el presente capítulo se proponen mejoras al sistema acorde a los resultados obtenidos.

Como base de cálculo se utiliza el tiempo declarado por usuarios de Transantiago según DTPM (14,7 minutos), mientras que el resto de las variables se extrae de la muestra obtenida²⁵

Se considera el tiempo declarado a DTPM y no el de la muestra debido a que, como se aclaró previamente, el tiempo observado en la muestra no corresponde a la espera total hasta el arribo del bus.

El modelo propuesto sugiere que el tiempo efectivo de espera es de 13,3 minutos, teniéndose una sobreestimación del orden de 1,4 minutos. Es decir, actualmente se estaría \$71,27 pesos por viaje por concepto de sobreestimación.²⁶

Las medidas propuestas se concentran en dos ejes: seguridad y acceso a información.

Si Transantiago implementase un sistema que mostrase información en tiempo real, entonces el tiempo estimado se reduciría a 13,58 minutos, con un ahorro potencial de \$56,86 por viaje. Si se consideran los más de 3.6 millones de viajes diario, el ahorro podría ascender a más de MM\$180 (Si se implementase el sistema en cada paradero de Transantiago).

Debido a lo anterior se propone implementar paneles de información que muestren a los usuarios los tiempos programados y esperados de espera junto a la hora. De este modo los usuarios podrían planificarse y disminuir su ansiedad.

Como se advirtió en la sección de impacto económico, la implementación de 71 paneles de información alcanza el costo de MM\$12. Implementarlo en todo Transantiago (más de 11.000 paraderos) tendría un costo de aproximadamente 2000 millones.

Es de interés el hecho de que uno de los principales motivos de insatisfacción con Transantiago resida en la “baja frecuencia de recorridos”, pues en el modelo ejecutado no resultó significativo²⁷. En este contexto es posible que la falta de información incida en la percepción de las frecuencias y que su comunicación a los usuarios contribuya a mejorar esta falencia.

²⁵

<http://www.dtpm.gob.cl/tuparada/Presentaci%C3%B3n%20Satisfacci%C3%B3n%20Empresas%20Operadoras%20Noviembre%202016.pdf>

²⁶ Valor Pagado por sobreestimación = $\frac{\$52,26 \times 13,3}{14,7} * (14,7 - 13,3)$

²⁷

<http://www.dtpm.gob.cl/tuparada/Presentaci%C3%B3n%20Satisfacci%C3%B3n%20Empresas%20Operadoras%20Noviembre%202016.pdf>

Un segundo eje de acción propuesto es en torno a la seguridad a la hora de esperar un recorrido. Según los datos obtenidos, para el tiempo de espera total declarado de los usuarios, una reducción del 10% en la tasa de denuncias por delitos de mayor connotación social derivaría en \$26,6 de ahorro por viaje.

Esto es coherente con los objetivos actualmente planteados por DTPM, quien indica que 6 de cada 10 pasajeros se encuentran preocupados sobre la seguridad en paraderos y quien actualmente se encuentra trabajando en la iluminación y seguridad de los mismos.

Entre las principales medidas se sugiere la instalación de luminaria y la disposición de fuerza policial en zonas estratégicas. El ahorro potencial de poco más de 7000 millones de pesos anuales justificaría la inversión en estas áreas.

Durante el año 2013 el Sistema contaba con 3.246 refugios iluminados con energía solar, logrando disponer de este tipo de energía para el 29% de los refugios. ²⁸ Se recomienda continuar los esfuerzos en dicho camino.

Transversal a estas recomendaciones se encuentran aquellas referentes a la reducción de estrés por parte de los usuarios. En este contexto, mejorar la seguridad y la información ya son medidas eficientes, sin embargo, se sugiere explorar a futuro la implementación de medidas exclusivamente dedicadas a la reducción de estrés.

Como se mencionó anteriormente: un staff amigable, o la provisión de mensajes de disculpa pueden mejorar la percepción del usuario durante los atrasos de un tren, con una mejora de la tolerancia mayor al resultante producto de mejorar la respuesta emocional negativa, estableciendo que la mejora operacional del servicio no es el único camino para servir a los pasajeros.

A modo de ejemplo, se tiene el modelo implementado en Canadá por un estudio de diseño llamado Dayly Tous Jet Tour. Ellos implementaron columpios a modo de paradero, con notas musicales activadas por el movimiento, con el propósito de estimular la apropiación de los espacios públicos. ²⁹

²⁸ [http://www.dtpm.gob.cl/archivos/Memoria%202013-Web_Final%20\(1\).pdf](http://www.dtpm.gob.cl/archivos/Memoria%202013-Web_Final%20(1).pdf)

²⁹ <http://www.dailytouslesjours.com/>

Capítulo 8 Síntesis y conclusiones

El tiempo de espera constituye una variable crítica de la experiencia en Transporte, y, es percibido por los usuarios encuestados como un tiempo mayor al efectivo, lo que se traduce en costos para el estado y reducción del bienestar social.

Este estudio se enfocó en medir la relación entre el tiempo de espera efectivo y percibido en función de variables relevantes. Para esto se realizó un análisis de la bibliografía existente y se sostuvo conversaciones con académicos de transporte con el objetivo de identificar qué variables influyen teóricamente sobre la percepción del tiempo de espera.

Una vez identificadas las variables se diseñó los instrumentos de recolección de datos: cuestionario e instrucciones de observación, y se desarrolló una metodología de trabajo de campo en 3 zonas geográficas de Santiago, contemplando un total de 324 respuestas en 6 paraderos de Transantiago.

Con los datos obtenidos se modeló el problema mediante regresión lineal multivariada, modelo que capturó aproximadamente un 60% de la varianza de los datos y resultó significativo. El ratio tiempo de espera percibido sobre tiempo de espera efectivo ascendió a 2.2.

Los resultados indican como variables relevantes el tiempo efectivo de espera, el motivo de viaje, el ingreso, la nota puesta a Transantiago, y el estrés. Además de la interacción del tiempo de espera con el acceso a información y la seguridad.

El motivo de viaje resultó relevante para aquellos pasajeros que se dirigen a su trabajo o casa de estudios. Esto sugiere que cierto tipo de actividades genera este efecto, transversal a si existe o no restricción de tiempo.

El ingreso, por su parte, no resultó significativo al ser evaluado en múltiples tramos, sin embargo, al evaluarse en dos tramos, resultó en una percepción menor por parte de aquellas personas de mayores ingresos, lo que se aduce a la libre elección del medio de transporte.

Respecto a la seguridad y al efecto de la obtención de información sobre la percepción del tiempo, se concluyó que ambas resultan significativas en interacción con el tiempo de espera. El acceso a información disminuye en 0,1 minutos la estimación, mientras que una reducción del 90% en la tasa de denuncia de delitos de mayor connotación social derivó en 0,2 minutos de ahorro en tiempo para la muestra.

Debido a la aparente relación entre el estado de ánimo y la sobreestimación del tiempo, se modeló esta variable en forma de escala de 1 a 10, indicando 1 estrés y 10 relajó. Efectivamente, un ascenso de un punto en la evaluación del propio ánimo significa una reducción de 0,21 minutos en la sobreestimación.

Finalmente se propuso mejoras respecto a seguridad e información en tiempo real mediante la implementación de paneles de información, paneles solares y contingente de

carabineros para asegurar zonas de peligro. Estas recomendaciones se basan en los resultados obtenidos y en ningún caso representan una evaluación económica o de factibilidad.

En resumen, el presente trabajo muestra qué variables impactan la percepción tiempo de espera junto con el potencial que medidas en torno a la reducción de estrés e inseguridad, acceso a información tienen en la reducción de la percepción del mismo. Esto provee un antecedente para la evaluación de alternativas de inversión en relación al ahorro de costos por concepto de tiempo, así como una primera aproximación al entendimiento cabal del comportamiento del usuario de Transantiago.

8.1 Propuestas de Mejora sobre la Metodología

Esta sección pretende agrupar las propuestas de mejora sobre la metodología aplicada y son parte del aprendizaje generado por el presente trabajo.

Las propuestas de mejora mencionadas a continuación se agrupan en torno a 3 ejes principales: muestreo, logística y especificación de variables y modelos.

En primera instancia, es necesario aumentar el tamaño de la muestra. Para variables binarias se requiere al menos a 385 encuestas completas para un nivel de confianza del 95% con 5% de margen de error. A pesar de que, como se mencionó en 1.4 Alcances, esta estimación no es aplicable debido a la naturaleza de la variable, provee un punto de partida.

Sumado a esto, es necesario obtener una mayor varianza respecto a las condiciones del paradero y las zonas geográficas: una muestra de 3 zonas y con paraderos de similares características limita la validez del estudio. Por otra parte, 3 paradero se encuentra lejos de ser una muestra representativa del total de paraderos de Transantiago (Ver 1.4 Alcances).

En la misma línea, se recomienda incrementar el rango de días de encuesta, a modo de detectar posibles estacionalidades y responder ante cambios en el clima.

Finalmente, es necesario abarcar viajes en horario AM y PM, así como los sentidos ida y vuelta de los mismos a fin de lograr una mejor comprensión del fenómeno en estudio.

Respecto a la logística, se recomienda estudiar los paraderos con anticipación para una mejor definición de las necesidades de personal. En la investigación realizada se usó la configuración 2(camarógrafos) x 5(encuestadores); sin embargo, en PARADA 4 / (M) LAS REJAS no se justificó dicha cantidad y los encuestadores debieron ser redistribuidos.

Otro asunto se relaciona con la visibilidad del paradero: se propone instalar las cámaras en el techo del mismo, de ser posible. De lo contrario se sugiere optar por trípodes de al menos 1.75m.

En cuanto a la especificación de variables hubo dos conflictos: introducir la variable seguridad y la definición de la espera habitual. Para subsanar estas limitaciones se

recomienda incluir una pregunta sobre la percepción de la seguridad para contrastar con la tasa de denuncias sugerida, ya que la tasa de delitos abarca a toda una comuna y, en ciertos casos, podría no ser representativa de la parada en cuestión. En adición, se propone estudiar comunalmente las zonas de mayor o menor peligro.

Cuando se añadió la variable espera habitual, se consideró como una pregunta a ser aplicada sólo a quienes declararon utilizar Transantiago al menos 2-3 veces por semana. Esto añade problemas de especificación al modelo, por lo que se sugiere preguntarla a todos los usuarios, dando la alternativa de responder “No sabe/No Responde”.

Finalmente, debido a los plazos establecidos y el alcance del presente estudio, no se ahondó en la multiplicidad de modelos disponibles para tal efecto. Se propone analizar modelos logarítmicos y de duración en tiempo continuo, ya que parte de la literatura realizada sugiere la pertinencia de dichos modelos.

Capítulo 9 Bibliografía

- Cats, O., & Gkioulou, Z. (2015). Modeling the impacts of public transport reliability and travel information on passengers' waiting-time uncertainty. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 1-24.
- Cheng, Y. H., & Tsai, Y. C. (2014). Train delay and perceived-wait time: passengers' perspective. *Transport Reviews*, 34(6), 710-729.
- Correa, A., Lupiáñez, J. y Tudela (2006). La percepción del tiempo: una revisión desde la Neurociencia Cognitiva. *Cognitiva*, 18, 145-160.
- D'astous, A, Tirado, R., & Sigué, S. (2003). Investigación de mercados. Editorial Norma.
- Daskalakis, N. G., & Stathopoulos, A. (2008). Users' perceptive evaluation of bus arrival time deviations in stochastic networks. *Journal of Public Transportation*, 11(4), 2.
- de Grange, L., & Troncoso, R. (2011). Impacts of vehicle restrictions on urban transport flows: the case of Santiago, Chile. *Transport Policy*, 18(6), 862-869.
- Duboff, R., & Spaeth, J. (2000). Market research matters: Tools and techniques for aligning your business. John Wiley & Sons.
- EMOL, (2016). "Ley Uber" incluye creación de polémico fondo que beneficia al gremio de taxistas. [online] Available at: "Ley Uber" incluye creación de polémico fondo que beneficia al gremio de taxistas Fuente: Emol.com - <http://www.emol.com/noticias/Nacional/2016/10/26/828326/Ley-Uber-incluye-creacion-de-polemico-fondo-que-beneficia-al-gremio-de-taxistas.html> [Accessed 17 Dec. 2016].
- EMOL, (2016). Transantiago: Ministro de Transportes detalla nueva licitación que implicará aumento de flota en un 6,7%. [online] Available at: <http://www.emol.com/noticias/Nacional/2016/12/13/835293/Transantiago-Ministro-de-Transportes-detalla-nueva-licitacion-que-implicara-aumento-de-flota-en-un-67.html> [Accessed 17 Dec. 2016].
- Falcón, H. S. (2009). Evaluación socioeconómica y financiera de proyectos inversión y políticas de transportes.
- Fan, Y., Guthrie, A., & Levinson, D. (2016). Perception of Waiting Time at Transit Stops and Stations.
- Gálvez, T. E., & Jara-Díaz, S. R. (1998). On the social valuation of travel time savings. *International Journal of Transport Economics/Rivista internazionale di economia dei trasporti*, 205-219.

- Gutiérrez, J., Acebrón, L., & Casielles, R. (2005). Investigación de mercados: métodos de recogida y análisis de la información para la toma de decisiones en marketing. Editorial Paraninfo.
- Hensher, D.A. (2001) Measurement of the valuation of travel time savings. *J. Transport. Econ. Policy* 35(1), 71–98)
- Herz, M., Galarraga, J., & Falavigna, C. (2010). Modelo de tiempo de espera percibido en servicios de ómnibus urbanos. *TRANSPORTES*, 18(3).
- Hess, Daniel, Jeffery Brown, and Donald Shoup. 2005. Waiting for the Bus. *Journal of Public Transportation* 7 (4):67-84.
- Iseki, H., Smart, M., Taylor, B. D., & Yoh, A. (2012). Thinking outside the bus. *ACCESS Magazine*, 1(40).
- Kotler, P., Keller, K. L., Ancarani, F., & Costabile, M. (2014). *Marketing management* 14/e. Pearson.
- Litman, T. (2009). Transportation cost and benefit analysis II–travel time costs. Victoria Transport Policy Institute, Victoria, Canada.
- Malhotra, N. K. (2008). *Marketing research: An applied orientation*, 5/e. Pearson Education India.
- Mas, C. S., & Blanch, G. G. (2007). *Fundamentos de neurociencia* (Vol. 69). Editorial UOC.
- Button, K. (2010). *Transport economics*. Edward Elgar Publishing.
- Mishalani, R. G., McCord, M. M., & Wirtz, J. (2006). Passenger wait time perceptions at bus stops: Empirical results and impact on evaluating real-time bus arrival information. *Journal of Public Transportation*, 9(2), 5.
- Ovalle, M (2010). Percepción del tiempo de espera en paraderos: análisis de experiencia inmediata y recordación (Tesis de pregrado). Universidad de los Andes, Santiago, Chile.
- Psarros, I., Kepaptsoglou, K., & Karats, M. G. (2011). An empirical investigation of passenger wait time perceptions using hazard-based duration models. *Journal of Public Transportation*, 14(3), 6.
- Silva Montalva, H. E. (2010). *Análisis Microeconómico de Políticas para Combatir la Congestión Vial*.
- Transport, I. T. (2002). *The value of time in Least Developed Countries (Knowledge and Research (KaR) 2000/01 DFID Research No. R7785): Final Report*. Oxford.

- Tirachini, A., Quiroz, M. (2016) Evasión del pago en transporte público: evidencia internacional y lecciones para Santiago. Documento de Trabajo, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Julio de 2016.
- Washington, S., M. Karlaftis, and F. Mannering. 2003. *Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis*. Chapman & Hall/CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Watkins, K. E., Ferris, B., Borning, A., Rutherford, G. S., & Layton, D. (2011). Where Is My Bus? Impact of mobile real-time information on the perceived and actual wait time of transit riders. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(8), 839-848.
- Yoh, A., Iseki, H., Smart, M., & Taylor, B. (2011). Hate to wait: effects of wait time on public transit travelers' perceptions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2216), 116-124.

Capítulo 10 Anexos

ANEXO A.

TABLA 3.2 Comparación de los diseños básicos de investigación			
	EXPLORATORIA	DESCRIPTIVA	CAUSAL
Objetivo:	Descubrir ideas y conocimientos	Describir características o funciones del mercado	Determinar relaciones causales
Características:	Flexible Versátil A menudo es la parte frontal del diseño de la investigación total	Se distingue por la formulación previa de hipótesis específicas Diseño planeado y estructurado de antemano	Manipulación de una o más variables independientes Control de otras variables mediadoras
Métodos:	Encuestas con expertos Encuestas piloto Datos secundarios (analizados cuantitativamente) Investigación cualitativa	Datos secundarios (analizados cualitativamente) Encuestas Paneles Datos por observación y otros	Experimentos

Ilustración 23 Comparación de los diseños básicos de investigación (Malhotra, 2008).

ANEXO B.

Tabla 32
Variables analizadas análisis exploratorio

Variable	Tipo 1	Tipo 2	Fan	Watkins	Mishalani	Psarros	Herz	Ovalle
Periodo del día	Obs.	Viaje	0,05	0,01	0	0,05	-	0
Objetos transportados	Obs.	Viaje	-	-	-	-	-	0
Acompañado	Obs.	Viaje	0,01	-	-	-	-	0
Enfrascado en alguna actividad	Obs.	Viaje	0	-	-	-	-	-
Tiempo de Espera	Obs.	Viaje	0,01	0,01	0,1	0,01	0,01	0
Clima	Obs.	Viaje	0	0	-	-	-	-
Comodidad viaje	Obs.	Viaje	-	-	-	-	0	-
Tipo de Tren	Obs.	Servicio	0	-	-	-	-	-
Asiento	Obs.	Servicio	0	-	-	-	-	-
Refugio	Obs.	Servicio	0,01	-	-	-	-	-
Paradero Inseguro	Obs.	Servicio	0,01	-	-	-	-	-
Frecuencia del Bus	Obs.	Servicio	0	0,1	0	-	-	-
Género	Obs.	Pasajero	0	0	0	0,01	-	0
Minoría	Obs.	Pasajero	0,01	-	0	-	-	-
Uso reloj	Obs.	Pasajero	-	-	0	-	-	-
Origen-destino	No Obs.	Viaje	-	-	0	-	0	-
Motivo del viaje: Personal	No Obs.	Viaje	0	-	-	0,01	-	0,1
Inf. programación	No Obs.	Viaje	0,01	-	-	-	-	-
Caminata al destino	No Obs.	Viaje	-	0	0,1	-	-	-

Caminata al p. origen	No Obs.	Viaje	-	-	-	-	0	-
Inf. tiempo real	No Obs.	Servicio	0,05	0,01	-	-	-	-
Edad	No Obs.	Pasajero	0,05	0	-	0,01	-	0,1
Frustración sobre la espera	No Obs.	Pasajero	-	0,01	-	-	-	-
Espera Promedio	No Obs.	Pasajero	-	-	-	-	0	0
Frecuencia de uso	No Obs.	Pasajero	-	0	0	-	0	0
Tiempo máx. que estaría dispuesto a esperar	No Obs.	Pasajero	-	-	0	-	-	-
Restricción de tiempo	No Obs.	Pasajero	-	-	0,1	-	-	-
Automóvil	No Obs.	Pasajero	-	-	0	-	0	-
Ingreso familiar	No Obs.	Pasajero	-	-	-	-	-	-
¿Cuánto esperó la última vez?	No Obs.	Pasajero	-	-	-	-	0	-

Elaboración propia

ANEXO C.

*Tabla 33
Variables observables y no observables estudiadas*

Variables Observables			
Nombre	Naturaleza	Ámbito	Resolución
Periodo del día	Observable	Viaje	Válida para estudio
Objetos transportados	Observable	Viaje	Válida para estudio
Acompañado	Observable	Viaje	Válida para estudio
Clima	Observable	Viaje	Válida para estudio
Comodidad de espera	Observable	Viaje	Válida para estudio
Paradero con Refugio	Observable	Servicio	Válida para estudio
Paradero Inseguro	Observable	Servicio	Evaluar factibilidad
Frecuencia del Bus	Observable	Servicio	Válida para estudio
Género	Observable	Pasajero	Válida para estudio

Elaboración propia.

*Tabla 34
Variables no observables estudiadas*

Variables No Observables			
Motivo del Viaje: Personal	No Observable	Viaje	Válida para estudio
Inf. de programación de viaje	No Observable	Viaje	Evaluar factibilidad
Inf. tiempo real	No Observable	Servicio	Válida para estudio

Edad	No Observable	Pasajero	Válida para estudio
Frustración sobre la espera	No Observable	Pasajero	Evaluar factibilidad
Espera Promedio	No Observable	Pasajero	Evaluar factibilidad
Frecuencia de uso	No Observable	Pasajero	Válida para estudio
Restricción de tiempo	No Observable	Pasajero	Válida para estudio
Automóvil/ Ingreso	No Observable	Pasajero	Evaluar factibilidad
¿Cuánto esperó la última vez?	No Observable	Pasajero	Evaluar factibilidad

Elaboración Propia

ANEXO D.



CUESTIONES CLAVE

RECOMENDACIONES PARA ELABORAR CUESTIONARIOS

1. **Asegúrese de que las preguntas sean imparciales.** No guíe al encuestado hacia una u otra respuesta.
2. **Formule las preguntas de la forma más sencilla posible.** Las preguntas que incluyen ideas múltiples o dos preguntas en una, confundirán a los encuestados.
3. **Formule preguntas concretas.** En ocasiones es recomendable añadir claves de memoria. Por ejemplo, es muy práctico ser concreto con los periodos.
4. **Evite utilizar lenguaje técnico y abreviaturas.** Evite utilizar palabras especializadas de un sector, así como acrónimos e iniciales que no sean de uso común.
5. **No utilice palabras rebuscadas o poco comunes.** Es conveniente emplear exclusivamente las palabras del discurso normal.
6. **Evite palabras ambiguas.** Palabras como "normalmente" o "frecuentemente" no tienen ningún significado específico.
7. **Evite preguntas con vocablos de negación.** Es mejor preguntar: "¿Alguna vez ha...? que: "¿Nunca ha hecho...?"
8. **Evite las preguntas hipotéticas.** Es difícil responder a preguntas sobre situaciones imaginarias. Además, no necesariamente se puede confiar en las respuestas.
9. **No utilice palabras que puedan malinterpretarse.** Esto es especialmente importante cuando la entrevista se realiza por teléfono. Si pregunta: "¿Cuál es su opinión acerca de las sectas?", la respuesta será muy interesante, pero no necesariamente relevante.
10. **Desensibilice las respuestas utilizando rangos de respuesta.** Para cuestionarios en los que se pregunta a las personas su edad o a las empresas el número de empleados despedidos, es mejor ofrecer una serie de alternativas con diferentes rangos.
11. **Asegúrese de que las respuestas fijas no se traslapen.** Las categorías de las preguntas con respuesta fija deberían ser secuenciales y no traslaparse unas con otras.
12. **Incluya la opción "otros" en las preguntas de respuesta fija.** Cuando las respuestas están definidas, siempre se debería dar la opción de responder algo que no está en la lista.

Fuente: Adaptado de Paul Hague y Peter Jackson, *Market Research: A Guide to Planning, Methodology, and Evaluation* (Londres: Kogan Page, 1999). Véase también Hans Baumgartner y Jan-Benedict E. M. Steenkamp, "Response Styles in Marketing Research: A Cross-National Investigation", *Journal of Marketing Research* (mayo de 2001): pp. 143-156.

Ilustración 24 Recomendaciones para elaborar cuestionarios. Kotler, P., Keller, K. L., Ancarani, F., & Costabile, M. (2014)

ANEXO E.

INSTRUCTIVO PRESENCIAL VERSIÓN PILOTO			
1	¿Cuánto tiempo (en minutos) has estado esperando por este bus en este paradero? [e.g. "5"]	En general bien, evitar respuestas como "recién" o "menos de 5 minutos".	
2	¿Qué servicio está esperando? [e.g. "506"]	Se entiende.	
3	En una escala de 1 a 10, siendo 1 relajado y 10 estresado. ¿Cómo se siente esperando el bus? [e.g. "5"]	Sólo una persona se confundió.	
4	¿Cuál es su edad? (Si niega a responder, pase a la siguiente, de lo contrario avance a la n°6) [e.g. "24"]	El total de las personas accedió a contestar su edad.	
5	¿En cuál de los siguientes rangos de encuentra su edad? [e.g. "D"] No fue necesario utilizar el rango	Rango Edad	
		-18	A
		19-25	B
		26-35	C
		36-45	D
		45-55	E
		56-65	F
		65+	G
6	¿Cuál es el motivo del viaje? [e.g. "E"] Indique en caso "Otro" Se entiende. Recomendar a los chicos escribir con buena caligrafía. Entre otros se observó "trámites, visita al doctor, etc."	Motivo del Viaje	
		Trabajo	T
		Estudio	E
		Regreso a casa	R
		Otro	O
7	¿En qué paradero baja, aproximadamente? (Intersección de calles, parada) [e.g. "Estadio Nacional/Grecia con Campos de deporte"] ESQUINAS O METROS, RESPONDEN DONDE SE BAJAN	La gente responde sin mayor problema. Se recomienda considerar el tiempo de viaje más que la distancia. Pues la misma está dada por el recorrido y pertenece a otra dimensión del nivel de servicio.	
8	¿Cuántos minutos de retraso serían aceptables para su llegada a destino? [e.g. "15"] Pregunta comprendida, nadie indicó retraso de 0 minutos (lo que sugiere sesgo) y la mayoría de las respuestas se concentra en los 20 minutos o más.	Retraso Aceptable	
		0	
		5	
		10	
		15	
		20	
		30 o más	
9	¿Con que frecuencia utiliza Transantiago? En general se entiende la pregunta, sin embargo, algunas personas se confundieron. Indicando mayor frecuencia en el recorrido que en Transantiago en general. La palabra frecuencia confunde. Se sugiere: "¿Cada cuánto usa Transantiago?", "¿Cuántas veces en la semana?"	Frecuencia Uso Transantiago	
		Primera vez	A
		<1 vez al mes	B
		1 vez al mes	C
		1 vez por semana	D
		2-3 veces por semana	E
		4 o más veces por semana	F
	¿Con qué frecuencia utiliza este recorrido? Pase a la siguiente pregunta si la frecuencia es mayor a 1 vez a la semana, de lo contrario avance a n°13	Frecuencia Uso Bus	
		Primera vez	A
		<1 vez al mes	B
		1 vez el mes	C

Ilustración 25 Cuestionario versión piloto. Parte 1

11	¿Cuánto tiempo (en minutos) espera habitualmente este recorrido? [e.g. "25"]	Pregunta comprendida. Evitar respuestas del tipo "menos de 10 minutos"	
12	¿Cuánto esperó (en minutos) la última vez? (Misma regla anterior) [e.g. "15"]	Esta pregunta no se entiende, se confunde con la anterior y en última instancia hace creer a los encuestadores que fue contestada casi al azar. No se acuerdan.	
13	¿Ha visto (en su reloj o celular) la hora desde su llegada al paradero? [e.g. "Sí/No"] Aproximadamente 6/10 observan la hora. Sin embargo, algunos declaran "es probable" dado que no se acuerdan.	Sí	No
14	¿Uso, antes de llegar al paradero, alguna página de internet o mapa con información sobre los horarios de los buses? [e.g. "Sí/No"] Pregunta se comprende	Sí	No
15	¿Usó, durante la espera, alguna aplicación o servicio para saber dónde viene su bus? [e.g. "Sí/No"] 3 personas señalan haber usado apps	  paraderos.cl  iTransantiago  Transantiago Bus Checker Sí No	
16	¿En cuál de los siguientes rangos estima usted que se encuentra su ingreso familiar mensual? [e.g. "D"] Una persona se niega a responder Se confunde el ingreso familiar con personal, se duda ante el ingreso familiar.	Ingreso Mensual 0-300.000 [\\$] A 300.001-500.000 [\\$] B 500.001-600.000 [\\$] C 600.001-900.000 [\\$] D 900.001-2.600.000 [\\$] E 2.600.000+ [\\$] F NS O NR G	
17	¿Hay automóviles en su hogar? / ¿Cuántos? [e.g. "Sí, 2"] Pregunta se comprende	Sí	No
18	¿Tiene licencia de conducir? [e.g. "Sí/No"] Pregunta se comprende	Sí	No

Ilustración 26 Cuestionario versión Piloto. Parte 2

ANEXO F.

CUESTIONARIO PRESENCIAL																	
PARADERO	HORA	ID ENTREVISTA:	ENCUESTADOR:														
1	¿Cuánto tiempo (en minutos) has estado esperando por este bus en este paradero? [e.g. "5"]	10	¿Cuánto tiempo (en minutos) espera habitualmente este recorrido? [e.g. "25"]														
2	¿Qué servicio está esperando? [e.g. "506"]	11	¿Ha visto (en su reloj o celular) la hora desde su llegada al paradero? [e.g. "Sí/No/NS o NR"]														
3	En una escala de 1 a 10, siendo 1 relajado y 10 estresado. ¿Cómo se siente esperando el bus? [e.g. "5"]	12	¿Usó, antes de llegar al paradero, alguna página o mapa con información sobre los horarios de los buses? [e.g. "Sí/No"]														
4	¿Cuál es su edad? (Si niega a responder, pase a la siguiente, de lo contrario avance a la n°6) [e.g. "24"]	13	¿Usó, durante la espera, alguna aplicación o servicio para saber dónde viene su bus? [e.g. "Sí/No"] 														
5	¿Cuál es el motivo del viaje? [e.g. "E"] Indique en caso "Otro" <table border="1" data-bbox="292 861 841 949"> <tr> <td>Trabajo</td> <td>Regreso a casa</td> </tr> <tr> <td>Estudio</td> <td>Recreacional</td> </tr> <tr> <td>Otro _____</td> <td></td> </tr> </table>	Trabajo	Regreso a casa	Estudio	Recreacional	Otro _____		14	¿Hay automóviles en su hogar? / ¿Cuántos? [e.g. "Sí, 2"]								
Trabajo	Regreso a casa																
Estudio	Recreacional																
Otro _____																	
6	¿En qué paradero baja, aproximadamente? (Intersección de calles, parada) [e.g. "Estadio Nacional/Grecia"]	15	¿Cuenta con licencia de conducir? [eg. "SI/No"]														
7	¿Cuántos minutos de retraso serían aceptables para su llegada a destino? [e.g. "15"] <table border="1" data-bbox="292 1144 841 1249"> <tr> <td>0</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>30 o más</td> </tr> </table>	0	15	5	20	10	30 o más	16	¿Cuál es su ocupación? <table border="1" data-bbox="950 1087 1490 1207"> <tr> <td>Trabaja</td> <td>Dueño de casa</td> </tr> <tr> <td>Estudia</td> <td>Desempleado</td> </tr> <tr> <td>Jubilado</td> <td>Busca Trabajo 1vez</td> </tr> <tr> <td>Otro</td> <td></td> </tr> </table>	Trabaja	Dueño de casa	Estudia	Desempleado	Jubilado	Busca Trabajo 1vez	Otro	
0	15																
5	20																
10	30 o más																
Trabaja	Dueño de casa																
Estudia	Desempleado																
Jubilado	Busca Trabajo 1vez																
Otro																	
8	¿Qué tan a menudo utiliza Transantiago? <table border="1" data-bbox="292 1281 841 1428"> <tr> <td><1 vez por semana</td> </tr> <tr> <td>1 vez por semana</td> </tr> <tr> <td>2-3 veces por semana</td> </tr> <tr> <td>4 o más veces por semana</td> </tr> <tr> <td>NS O NR</td> </tr> </table>	<1 vez por semana	1 vez por semana	2-3 veces por semana	4 o más veces por semana	NS O NR	17	¿En qué rango estima el ingreso familiar mensual? <table border="1" data-bbox="950 1312 1490 1522"> <tr> <td>0-300.000 [\$]</td> </tr> <tr> <td>300.001-500.000 [\$]</td> </tr> <tr> <td>500.001-600.000 [\$]</td> </tr> <tr> <td>600.001-900.000 [\$]</td> </tr> <tr> <td>900.001-2.600.000 [\$]</td> </tr> <tr> <td>2.600.000+ [\$]</td> </tr> <tr> <td>NS O NR</td> </tr> </table>	0-300.000 [\$]	300.001-500.000 [\$]	500.001-600.000 [\$]	600.001-900.000 [\$]	900.001-2.600.000 [\$]	2.600.000+ [\$]	NS O NR		
<1 vez por semana																	
1 vez por semana																	
2-3 veces por semana																	
4 o más veces por semana																	
NS O NR																	
0-300.000 [\$]																	
300.001-500.000 [\$]																	
500.001-600.000 [\$]																	
600.001-900.000 [\$]																	
900.001-2.600.000 [\$]																	
2.600.000+ [\$]																	
NS O NR																	
9	¿Qué tan a menudo utiliza este recorrido? Pase a la siguiente pregunta si la frecuencia es mayor a 1 vez a la semana, de lo contrario avance a n°13] <table border="1" data-bbox="292 1606 841 1753"> <tr> <td><1 vez por semana</td> </tr> <tr> <td>1 vez por semana</td> </tr> <tr> <td>2-3 veces por semana</td> </tr> <tr> <td>4 o más veces por semana</td> </tr> <tr> <td>NS O NR</td> </tr> </table>	<1 vez por semana	1 vez por semana	2-3 veces por semana	4 o más veces por semana	NS O NR	18	Con una nota de 1 a 10. ¿Cómo evalúa a Transantiago?									
<1 vez por semana																	
1 vez por semana																	
2-3 veces por semana																	
4 o más veces por semana																	
NS O NR																	
OBSERVACIONES																	

Ilustración 27 Preguntas Cuestionario. Elaboración Propia

ANEXO G.



Ilustración 28 Tipos de Refugio con Techumbre

ANEXO H.



Ilustración 29 Cámara encajada en enrejado

ANEXO I.

Tabla 35

Materiales utilizados para filmación.

Materiales Utilizados para Filmación	
2 cámaras Handy-Cam HDR-PJ230	Sony
Memory Card 16G	Sony
Memory Card 8G	Sony
3 Memory Card 4G	Sony
2 trípodes 1,4 metros	-
2X Batería	Baterías de Reemplazo (NP-FV100; NP-FV100A; NP-FV50; NP-FV70)

Elaboración propia

ANEXO J.

Tabla 36

Distribución de observaciones según parada

Encuestas por parada	
P3LASREJAS	38
P4LASREJAS	15
P7LASREJAS	14
P5LASREJAS	7
P2TOBALABA	131
P5ESCMILITAR	81

Elaboración propia