

## **RESPUESTA DE USUARIOS ANTE ABONOS DEL TRANSPORTE PÚBLICO**

Owen Bull, Pontifica Universidad Católica de Chile, ombull@uc.cl  
Juan Carlos Muñoz, Pontifica Universidad Católica de Chile, jcm@ing.puc.cl  
Hugo E. Silva, Pontifica Universidad Católica de Chile, husilva@ing.puc.cl

### **RESUMEN**

Diferentes ciudades han implementado abonos de transporte público para fomentar su uso y así justificar aumentos en el nivel de servicio. Para determinar su conveniencia es necesario estimar cómo cambiaría la movilidad de las personas al contar con este beneficio. Este artículo contribuye en la comprensión del cambio en aquellos que cuentan con pases. Se realizó una prueba controlada aleatorizada con 157 trabajadores en que 83 recibieron una tarjeta que les permitió viajar gratis en el sistema integrado Transantiago. Se obtuvo que el efecto fue un aumento no significativo al 95% de confianza de 0,49 viajes semanales en transporte público.

*Palabras clave:* Abonos de transporte público, transporte público gratuito, diarios de viaje

### **ABSTRACT**

Many cities have implemented travel passes as part of their strategies to increase public transport's level of service. A relevant research question then is what changes will these travelcards bring in the mobility of a city. This question can be structured in two main questions: (1) Who would buy those special tickets at a given price and (2) how will they change the trips of their users. To address the second question, a randomized controlled trial was implemented with 157 workers, concluding that a 2 weeks travelcard increased the public transport trips in 0,49 a week without 95% of confidence.

*Keywords:* Travelcards, free public transport, travel diaries

## 1. INTRODUCCION

Una herramienta utilizada desde la segunda mitad del siglo XX para hacer más atractivo el transporte público son los abonos. Estos, siguiendo la definición de White (1981), corresponden a boletos que permiten uso ilimitado de una red específica de transporte público en un período de tiempo limitado. El mismo autor enumera diferentes beneficios que este medio de pago presentaba especialmente hace 30 años. Muchos de estos aportes ya han sido abordados con la presencia de más tecnología en la operación del sistema (como evitar el pago en efectivo arriba del bus, contemplar pagos integrados en viajes que incluyen más de un bus y sus consecuencias para un diseño de sistema más eficiente en el uso de los recursos dados los transbordos gratuitos), pero se mantiene el gran atractivo para el usuario de acceder al sistema sin un tope de viajes. Por un lado le permite ahorrar en el caso de que la misma cantidad de viajes que realiza regularmente en el período de tiempo le resulte más caro a través de otras tarifas, y por otro le permite acceder sin costo adicional a los demás viajes no regulares.

De esta forma es posible incentivar el uso del transporte público dependiendo del precio al que este se transe en el mercado. Sin embargo, también se puede convertir en un medio a través del cual se puede subsidiar el transporte de grupos sociales específicos. Por ejemplo, en Londres se presenta este descuento para estudiantes y desempleados (Transport for London, 2017).

Por otro lado, ante el evidente problema de la evasión en Transantiago, Quiroz (2015) resume diferentes formas de entregar subsidios al transporte público con el objetivo de disminuir tanto la evasión crónica como la circunstancial. La primera es llamada así por tener relación con la decisión previa de no pagar, mientras que la segunda tiene que ver con condiciones del momento (no tener carga en la tarjeta bip!, único medio de pago de tarifa en los buses, o no poder subirse sino por puertas que no cuentan con validador). La disminución de la evasión por este medio estaría relacionada al nivel de penetración de los abonos.

Por las razones antes mencionadas, resulta interesante estimar los impactos sociales que podría tener la implementación de este medio de pago. Una importante pregunta relacionada corresponde al aumento de viajes en transporte público que se generarían o sustituirían luego de la introducción de los abonos. Así se podrían considerar los diferentes costos propios de la operación en los que se incurría por esta medida.

Para abordar la duda sobre el incremento en el uso de este modo, consideramos la separación de esta interrogante en dos partes. (a) Estimar quiénes accederían a estos abonos y (b) cómo cambiaría la movilidad de estas personas en particular. Como se enunció previamente, la primera pregunta podría depender de la voluntad política de entregar a un precio diferenciado estos pases a diferentes grupos de la sociedad. De esta forma el presente trabajo tiene como objetivo abordar la segunda pregunta. Se puede argumentar la existencia de una relación entre ambas preguntas correspondiente al efecto ingreso. Mientras más dinero del presupuesto se invierte en un abono, menos queda disponible para realizar actividades que necesiten movilización. Estas consideraciones las abordan y consideran Jara-Díaz *et al* (2016) en su estimación de un precio óptimo desde el punto de vista social para la venta de abonos y boletos individuales al mismo tiempo.

En la sección 2 se revisan resultados de experiencias relacionadas, además de una introducción a las pruebas controladas aleatorizadas; en la sección 3 se aborda el diseño experimental utilizado;

en la sección 4 se describe la muestra de la que se dispone actualmente; para terminar en la sección 5 con resultados parciales y las líneas de investigación pendientes junto a las que se dependen del estudio.

## 2. MARCO TEÓRICO

En la presente sección revisamos casos internacionales de implementación de abonos y estudios de gratuidad por ser experiencias similares a la que experimentaron los participantes. Además se expone la propuesta metodológica propia del estudio.

### 2.1 Implementación de abonos en otras ciudades

En 1965 se creó en Hamburg la primera autoridad metropolitana de transporte público del mundo (Doerel *et al*, 1993), formada por agentes públicos y privados, cuyas funciones incluían la coordinación de los diferentes servicios y la promoción de los mismos. Este esquema de coordinación permitió la implementación de abonos de transporte público tanto mensuales como de otras duraciones. Pucher y Kurt (1995) describen este y los sistemas de Múnich, Región de Rin-Ruhr, Viena y Zúrich, describiendo su éxito en la atracción de pasajeros hasta 1993, en contraste con otras ciudades de la región que solo bajaron su participación modal de transporte público. Si bien no se presenta el efecto marginal de los abonos en estos cambios, sí se menciona que al menos un 50% de los usuarios de los sistemas utilizaban esta forma de pago. Se concluye así una activa participación de este instrumento en las diferencias medidas.

Gilbert y Jalilian (1991) analizan la implementación en Londres de diferentes pases, como la *Travelcard* en 1983, que permitía el transbordo gratuito entre bus y metro. Tomando información desde 1972 hasta 1987, estiman mediante una simulación el comportamiento de los usuarios en un escenario sin los abonos. Calculan haciendo la comparación de ese escenario con los datos reales que año a año el uso de los buses fue entre 6,7% y 16,9% mayor de lo que hubiera sido sin los pases, mientras que los viajes en metro bajo la misma comparación habrían aumentado todos los años en hasta un 10,1%, con excepción del primero luego de su implementación.

Un análisis para cuatro ciudades suizas (FitzRoy y Smith, 1999), concluye mediante diferentes regresiones, que la venta de estos pases habría aumentado entre 5% y 23% los viajes en transporte público a lo largo de los años.

Matas (2004) por su parte analiza con un enfoque similar el caso de Madrid, estimado entre varias medidas tomadas, que la venta de abonos habría sido responsable de un aumento en el corto plazo de 3,4% de viajes en bus y 5,3% de viajes en metro, además de un aumento de 7,1% y 14,9% de viajes en los modos respectivos para el largo plazo.

Finalmente, Dargay y Pekkarinen (1997) analizan los pases introducidos para las localidades cercanas a las ciudades finlandesas de Uolu y Kuopio. Ahí un 6% y 20% de los usuarios de las ciudades respectivas se convirtió en usuario del abono mensual. Si bien los resultados de la encuesta no fueron estadísticamente significativos, un 14% de usuarios encuestados en 1994 reconoció haber utilizado el automóvil como modo de transporte previamente, y un 20% en 1995.

## **2.2 Estudios sobre transporte público gratuito para individuos**

Al considerar como tema de estudio al cambio en el comportamiento de las personas debido a una intervención de transporte público gratuito, podemos considerar el caso llevado a cabo en Flanders, Bélgica (Cools *et al*, 2016). Se encuestaron 670 personas quienes mediante preferencias declaradas respondieron qué medios de transporte utilizarían si es que contaran con una opción de transporte público gratuito. Los resultados indican que habría un efecto positivo de la gratuidad en el número de viajes en transporte público al trabajo y a las compras. En el caso de los viajes por recreación ocurriría lo mismo, solo que con un menor nivel de significancia.

Sobre experiencias de preferencias reveladas, Fujii y Kitamura (2003) invitaron a estudiantes de la universidad de Kyoto que utilizaban frecuentemente el automóvil a participar de un estudio respondiendo encuestas. 23 de los 43 miembros de la muestra recibieron un pase mensual para el sistema de buses. Todos respondieron una encuesta inicial, una inmediatamente después del mes que duraban los pases y una tercera correspondiente a un mes después de la segunda encuesta. La frecuencia en el uso del transporte público se estimó en base a lo que declararon los participantes en cada ocasión. Si bien el objetivo del estudio era más amplio, se descubrió un 20% de aumento en el uso de transporte público durante ese mes.

Finalmente, Thøgersen (2009) luego de un proceso de selección contactó a 597 habitantes de Copenhagen con licencia de conducir y en posesión de al menos un auto. Aleatoriamente escogió a 373 de 597 para regalarles un pase mensual en transporte público. Los resultados en la intensidad de uso de modos se midió antes y después de la intervención con la pregunta: ¿Cuántos de los últimos 10 viajes al trabajo/estudio se realizaron en transporte público? Los resultados arrojaron un aumento durante el mes de estudio de entre 5% y 10%.

Los últimos dos estudios mencionados al enfocarse más bien en los cambios de actitud por parte de los participantes, entregan resultados valiosos en el aumento de viajes en transporte público, pero miden este aspecto de manera limitada. Por un lado en Kyoto esta información se recopiló dándose a elegir entre 6 categorías de intensidades de uso de transporte público para el mes (desde “casi todos los días varias veces al día” hasta “para nada”), y por otro en el estudio de Copenhagen se dejaron de lado propósitos que no fueran en relación al trabajo/estudio y cualquiera que hubiera ocurrido antes de los último 10 viajes.

## **2.3 Prueba controlada aleatorizada**

Duflo (2005) argumenta que para poder probar causalidad en el efecto de alguna intervención, el mejor recurso es conocer el valor que habrían tenido las variables medidas en ausencia del estímulo. Para esto, una alternativa es contar experimentalmente con un grupo al que se le aplican los cambios en su realidad (tratamiento) y otro de similares características al que no (control). De esta manera, al efectuar mediciones en los indicadores del grupo de control se gana una referencia de lo que habría pasado si es que no se le hubiera hecho nada al grupo de tratamiento.

Surge entonces el problema de cómo seleccionar de una muestra a quienes conformarán el grupo de tratamiento y quiénes el de control. La metodología que evita el sesgo de selección en estos casos es aleatorizar este proceso. Es posible incluir en los pasos una estratificación de la muestra,

de tal manera de agrupar a los miembros que comparten ciertas características. Si posteriormente se aleatoriza dentro de cada subgrupo, se facilitaría la obtención de un grupo de control y tratamiento aún más balanceados que en el caso sin estratificación. Para eso es importante escoger estratégicamente el criterio de división.

Uno de los beneficios que entrega esta metodología, es que de estar bien construidos los grupos y tener un número suficientemente grande de participantes, el efecto debería observarse directamente de la comparación de las medias de la variable a medir.

Bloom (1995) indica una fórmula para saber cuál es el efecto mínimo detectable (EMD) de un tratamiento tomando en cuenta algunos parámetros. Dado que el objetivo es determinar una diferencia de medias entre dos distribuciones, mientras menor sea el efecto del tratamiento que se quiere medir, mayor deberá ser la muestra necesaria para poder hacerlo con determinada significancia y poder estadístico. De la misma forma, mientras mayor sea la varianza de la variable de interés, mayor deberá ser la muestra para observar un determinado efecto. En el caso de que se cuente con mediciones de la variable de interés en un período anterior al inicio del tratamiento, llamada línea base, es posible incluir esta información en la inferencia econométrica, haciendo más pequeño el EMD. Finalmente, la proporción de controles y tratamientos dentro de la muestra también influye, siendo un 50% de cada grupo la distribución de minimiza el EMD con todo lo demás fijo.

La ecuación que relaciona estos conceptos corresponde a (1).

$$EMD = (t_{(1-\kappa)} + t_\alpha) * \sqrt{\frac{1 - R^2}{P(1 - P)}} \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}} \quad (1)$$

En ella se observan las variables de poder ( $\kappa$ ), significancia ( $\alpha$ ), porcentaje de la muestra correspondiente al grupo de tratamiento ( $P$ ), la varianza de la variable a comparar ( $\sigma^2$ ), el poder explicativo de una regresión que relaciona el valor de la línea base con el resultado a medir en ausencia de tratamiento ( $R^2$ ) y el tamaño final de la muestra ( $N$ ).

### **3 DISEÑO EXPERIMENTAL**

#### **3.1 Selección y obtención de la muestra**

El estudio se enfocó en la fuerza laboral de Santiago. Corresponde a un grupo de interés para la prueba de los abonos, porque en primer lugar, los viajes al trabajo representan un 26% de todos los viajes hechos en Santiago sin contar aquellos con motivo volver a casa (48% de todos los viajes) (SECTRA-UAHurtado, 2015). En el caso de considerar solo días laborales, el porcentaje asciende a 33%. En segundo lugar, especialmente considerando a quienes poseen un contrato laboral, corresponde a un grupo de la sociedad relativamente sencillo de controlar por parámetros relacionados al empleador y empleado para la adjudicación de beneficios de transporte como política pública. Finalmente, este grupo presenta ventajas desde el punto de vista logístico para la

puesta en marcha de un estudio como este, dado que los miembros deben asistir regularmente a un mismo lugar para desarrollar sus labores.

Junto a la selección del grupo de interés, se tomó la decisión de excluir a quienes tuvieran acceso a la Tarjeta Nacional Estudiantil y también a descuentos de tarifa en metro de adulto mayor, para comparar exclusivamente a las personas que enfrentan un mismo costo monetario de usar el transporte público. Por su parte, quienes tomaran más de cuatro días de vacaciones dentro de las 2 primeras semanas del estudio, o presentaran licencias médicas con las mismas condiciones, no fueron incluidos o posteriormente fueron eliminados del cálculo de modelos. En el caso de que esto ocurriera durante la tercera semana, se consideraron sus resultados de las dos primeras, excluyendo la información de la tercera.

Finalmente, si bien el esquema de turnos laborales es una realidad presente en el mercado, se buscó incluir solamente horarios variables que no cambiaron en “bloque” entre una semana y otra, dado que nuestra toma de datos terminaría comparando solo tres de ellas. De esta manera se consideraron personas a los que se les exigían los mismos horarios semana a semana (fijos o flexibles) y también quienes poseían turnos que implicaban semanas laborales diferentes pero con similar número de horarios trabajados por semana. Un ejemplo del último caso mencionado es el del personal de hotel que alterna sus días libres semana a semana, pero siempre cuenta con ellos.

Dados los recursos humanos con los que se contaron, el número de lugares a visitar en un mismo periodo de experimentación debía ser limitado. Dada esa restricción, se intentó maximizar el número de participantes dentro de cada lugar contactado. En segundo lugar, para buscar diversidad de realidades laborales, se recurrió a la Encuesta Nacional de Empleo realizada por el INE (Instituto Nacional de Estadísticas, 2016). El trimestre móvil disponible para el momento en que se realizó la revisión correspondía a octubre – diciembre de 2015. De ahí se obtuvieron las proporciones de trabajadores por rama de actividad económica para la región metropolitana. De esta manera los esfuerzos se concentraron en alcanzar instituciones dedicadas a las ramas con mayor proporción de trabajadores. El número de personas incluidas por rama se desarrolla en la sección 4.

Para encontrar un balance entre un tamaño de muestra suficiente con el efecto mínimo observable, se recurrió a los cálculos de Bloom (1995) indicados en (1). Si bien en el estudio se recogieron varias variables, la principal a medir corresponde al número de viajes a la semana en transporte público, realizándose la recolección de una línea base de datos. Se asumió que los viajes a la semana en transporte público para cada persona estarían altamente correlacionados, por lo que se tomó un  $R^2$  de 80%. Por otro lado, de un piloto con cerca de 30 personas entre julio y agosto de 2016 se estimó para el número de viajes a la semana en transporte público una desviación estándar levemente menor a 5. Considerando un poder de 80%, significancia de 5% y una proporción de 50% de la muestra en el grupo de tratamiento, se concluyó que 200 personas entregarían un efecto mínimo detectable de 0,885. Dados los recursos humanos y monetarios disponibles, además de los alcances del estudio, se consideró esta muestra con su efecto respectivo como suficientes.

### **3.2 Recolección de datos**

Se efectuaron dos tomas de datos. En la primera participaron 3 empresas, donde los interesados comenzaron a registrar sus viajes durante la semana del 17 de octubre. Si bien no comenzaron todos

el mismo día, hubo un día particular para el inicio de cada empresa. Lo mismo ocurrió en la segunda toma de datos, comenzando 10 instituciones distintas en la semana del 20 de marzo de 2017.

Luego de conversar en cada institución de las características en las que podríamos tener acceso a los trabajadores, se realizó una explicación para cada grupo de personas sobre las condiciones de su participación, solicitándoles firmar un consentimiento informado.

Posteriormente se recopiló información personal en una encuesta de caracterización. En algunos casos se difundió en formato online y en otros en papel. La encuesta preguntaba por nombre, sexo, fecha de nacimiento, número de tarjeta bip, dirección, número de habitantes en el hogar, ingresos líquidos del hogar, si la red de metro se encuentra a una distancia caminable para el encuestado, número de vehículos en el hogar y si es que el encuestado tenía disponibilidad para usar alguno, además de número y correo de contacto. Cabe destacar que no siempre se respondieron todas las preguntas, lo que con el paso del tiempo se intentó cambiar y se logró solo parcialmente. La efectividad final de esta recolección se detalla en la sección 4.

A todos los participantes se les solicitó que por 3 semanas predefinidas reportaran todos sus viajes en un diario de viajes. En particular las consultas correspondían al motivo de cada viaje, hora de inicio desde que se dejaba el lugar de actividad, hora de término correspondiente al arribo al destino, comuna de destino y modo de transporte. No se les solicitó más información con el objetivo de que fuera simple familiarizarse con el instrumento y también se evitara un efecto de fatiga por la duración del estudio.

Al igual que la encuesta de caracterización, el diario de viajes se entregó en algunas empresas de manera física y en otras en formato online. Se prefirió mantener homogeneidad en la forma de responder en cada institución. Hubo solamente una excepción que no se convirtió en una dificultad logística. El diseño físico se basó en el diario de viajes utilizado en la EOD 2001 (SECTRA, 2002) y consistió en una página por día con espacio para 6 viajes. Además se agregaron dos páginas al final para escribir más de 6 viajes en días diferentes. La versión online consideraba una encuesta por día registrado con alta flexibilidad en el número de viajes que se podían ingresar.

En el caso de las personas que quedaron seleccionadas para ser parte del grupo de tratamiento, se procuró entregar una tarjeta bip! que estuviera conectada a una cuenta de postpago CMR, que permite viajar con un límite de 8 viajes diarios y después cancelar los viajes en la cuenta de crédito mensual. En algunos casos de la toma de datos 2016 hubo que recurrir a entregar una bip! cargada con el máximo de dinero posible, equivalente a \$25.000, que en ningún caso fue insuficiente para realizar todos los viajes deseados dentro de las 2 semanas. Respecto al límite de 8 viajes, resultó ser también un valor suficiente, dado que no se reportó la necesidad de más durante el estudio.

Se les solicitó a los beneficiados que las utilizaran de manera personal e intransferible. De esta forma, el resultado busca observar los efectos de la gratuidad para trasladarse sobre un individuo sin tener efectos en amigos y familia. La aplicabilidad de un sistema de abonos personalizado en Santiago, por lo demás, podría aumentar, de existir una fiscalización individual incluyendo dispositivos tecnológicos para reconocimiento facial.

Respecto a la duración del tratamiento, debe reconocerse que arrojaría resultados de corto plazo. Puede argumentarse que los viajes en transporte público se incentivarían menos que al disponer de

un pase mensual (o por más tiempo), dado que los viajes planificados, incluyendo los modos con los que realizarlos, no alcanzarían a encontrar un nuevo equilibrio que considere este cambio en la tarifa. Sin embargo, también puede esperarse que las personas consideraran la corta duración del beneficio como un incentivo a favor de realizar más viajes en transporte público durante las semanas del estudio en comparación a lo que realmente harían si este durara más tiempo. Por ejemplo, alguien que tiene planificado hacer 2 viajes mensuales para comprar ropa podría considerar realizar ambos en las 2 semanas de gratuidad en vez de mantenerlos equiespaciados dentro del mes solo para ahorrar en transporte. De esta manera podría terminar midiéndose un efecto mayor al que ocurriría con el individuo estando expuesto durante un plazo mayor a este pase.

Se buscó entregarlas con al menos un día de anticipación, con tal de que el grupo de tratamiento pudiera utilizar la tarjeta desde primera hora del día. Esto implicó en dos ocasiones atrasar el inicio de las dos semanas de tratamiento. Lo anterior no significó un problema para el grupo de control, que aceptó continuar registrando por más días sus viajes sin aumentar la recompensa inicialmente ofrecida, equivalente a \$15.000. El monto se aproxima a lo que se debería gastar para hacer 20 viajes en hora punta de metro.

Una vez iniciado el proceso, se dejó el contacto del investigador responsable a los participantes para cualquier duda o noticia. Sumado a eso se procuró visitar a la mayoría de las empresas e instituciones para resolver dudas de reportes y mantener lo más posible la disposición de los miembros en la participación del experimento.

Al finalizar las 3 semanas de registro, se procedió a retirar los diarios de viaje cuando correspondía, además de las tarjetas bip! y realizar el pago de compensación para el grupo de tratamiento. Luego de una inspección visual y también de la digitación del contenido de los diarios, se observaron diferentes elementos mal o dudosamente registrados. En algunos casos faltaban horarios o modos de transporte, y en otros se reportaban viajes extremadamente largos o días sin retorno al hogar. Se intentó rescatar la mayor cantidad de información posible, sin lograr un 100% de éxito.

Para la toma de datos 2017 se entregó además una hoja adicional donde se solicitaba la revisión de los viajes por parte de los mismos participantes antes de entregarlos. Para quienes respondieron el diario de viajes online, se les entregaron sus respuestas impresas, dado que no contaban con acceso a estas de manera autónoma.

Cabe destacar que el periodo de recolección de datos se extendió en más de dos meses después de terminadas las semanas de reporte, principalmente debido a que hubo personas que tomaron vacaciones o tuvieron periodos extensos de licencia que comenzaron durante la tercera semana del estudio o inmediatamente después de esta.

Como el análisis aquí presentado evalúa diferencias de viajes semanales, se optó por no asignar información a los elementos sin contestar, para no asumir determinados tipos de comportamiento. De esta manera, los días no registrados no suman viajes, y aquellos que no indicaron el modo tampoco. De la misma forma, aunque pareciera evidente que algunos días no reportaron retornos al hogar que sí debieron ocurrir, no se imputaron a la muestra. Los viajes que no reportaron horarios de inicio o final, o la comuna de destino de todas maneras figuran en los conteos de viajes, dado que para estos análisis no representan información necesaria. Finalmente, para los casos en que el diario de viajes no se reportó de forma adecuada (por ejemplo, cuando el usuario supuso que solo

se debían anotar los viajes que no fueran hacia/desde el trabajo), se descartaron totalmente. La tasa de respuesta efectiva se presenta con mayor detalle en la sección 4.

### **3.3 Selección de grupo de tratamiento**

Como la cantidad de lugares considerados en la muestra fue de 3 en la primera toma de datos y 10 en la segunda, cualquier evento o condición que afectaran a alguna de estas instituciones en términos de la movilidad de sus trabajadores (problemas temporales en la estación de metro más cercana, diferentes coberturas de redes de transporte) resulta relevante para la conclusión que se quiera obtener con respecto a la muestra. Por eso es importante aleatorizar la pertenencia al grupo de tratamiento y de control dentro de cada institución, de tal forma que cada una cuente con un número similar de participantes de cada tipo.

Sumado a lo anterior, se intentó considerar en la estratificación otras variables con potencial influencia en los resultados. En particular, se tomó en cuenta la intensidad de viajes en transporte público de manera previa al período de reporte. Para esto, en la nómina de personas consideradas en cada empresa se dejó aparte a quienes no habían reportado oportunamente el número de su tarjeta bip!. Para los demás se consultaron los últimos 90 días de movimientos de la tarjeta, excluyéndose los que correspondían a los primeros días de reporte. Se separaron a las personas en tres grupos: (a) quienes habían validado al menos 10 viajes por semana, (b) quienes habían realizado menos de 3 y (c) quienes habían marcado entre 3 y 10. De quedar grupos conformados por menos de 4 personas, se juntaron con el grupo más cercano en la mayoría de los casos. Si un grupo quedaba conformado con al menos 8 personas, se revisaba la posibilidad de dividirlo en 2 grupos con al menos 4 personas cada uno en torno al criterio de cercanía al metro desde el hogar. Para lo anterior se recurrió a la respuesta provista por las personas en la encuesta de caracterización, respecto a si estaban dispuestas a caminar al metro cuando lo utilizaban para trasladarse a algún otro lugar.

Con los estratos seleccionados, se asignó un número aleatorio entre 0 y 1 a todas las personas. Así, se consideraron tratamiento a la mitad que tenía números mayores dentro de cada estrato. En caso de que el total de personas en el grupo de tratamiento dentro de una empresa difiriera en más de una unidad con el grupo de control, se escogían individuos que debían ser cambiados de grupo para compensar el desequilibrio. Este último ajuste también ocurrió tomando en cuenta los números asignados.

## **4. MUESTRA DISPONIBLE**

Si bien se logró contactar a un grupo de más de 200 personas, la muestra presentó dos tipos de deserciones. Uno que ocurrió antes de la aleatorización, principalmente por haber sido incluidos por error personas con acceso a una Tarjeta Nacional Estudiantil (que considera una tarifa rebajada y única para todo horario), y otra cantidad por falta de información (en particular de la toma de datos 2016, situación perfeccionada el 2017), entre otras razones. El otro tipo de deserción correspondió al que ocurrió posterior a la distribución de las personas entre tratamiento y control. Si bien hay todo tipo de razones para explicar estas bajas, se encuentran cambios de fuente laboral, vacaciones y licencias que comenzaron antes de la tercera semana de estudio, entre otras.

Finalmente, hay 19 personas que a pesar de no desertar del estudio, no completaron el diario de viajes como se esperaba. Ya sea por no haber comprendido la forma de rellenarlo, comenzar a registrar más de 4 días después del inicio, falta de tiempo o incluso haber perdido el instrumento.

En la siguiente tabla se muestra el número de personas contactadas y que desertaron en los dos períodos antes mencionados, además de los casos en los que nos quedamos sin declaración de viajes, remarcando el número de personas que finalmente se incluyó en los cálculos presentados.

Tabla 1: Número de participantes y deserciones por rama de actividad económica

Rama de la economía	Número de contactados	Deserción pre aleatorización	Deserción post aleatorización	Sin reporte de diario	Muestra final
Industrias manufactureras	47	4	4	1	38
Construcción	9	1	3	0	5
Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos	39	11	6	4	18
Hoteles y restaurantes	13	0	2	3	8
Intermediación financiera	17	2	2	0	13
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	51	6	8	3	34
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	8	0	0	1	7
Enseñanza	32	1	5	5	21
Servicios sociales y de salud	7	2	0	2	3
Hogares privados con servicio doméstico	11	0	1	0	10
<b>Total</b>	<b>234</b>	<b>27</b>	<b>31</b>	<b>19</b>	<b>157</b>

La rama económica con mayor número de empleados que no se pudo incluir a pesar del intento, fue la de Transporte, almacenamiento y comunicaciones. Abarca un 8,17% de los puestos de trabajo de la región metropolitana según la Encuesta Nacional de Empleo del trimestre previamente mencionado (Instituto Nacional de Estadísticas, 2016).

A continuación se presenta una tabla con el valor medio, mínimo y máximo de diferentes variables consultadas en el estudio a los participantes, junto al número “N” de personas que entregaron la información solicitada. Se incluye la media del grupo de control y tratamiento junto a un test-t que evalúa la hipótesis de que las medias son iguales. Dados los valores-p presentados, se concluye que en torno a estas variables, el grupo de tratamiento y control están balanceados con un 5% de significancia.

Tabla 2: Número de participantes y deserciones por rama de actividad económica

Variable	Media	Mín.	Máx.	N	Control	Tratamiento	Valor-p
Sexo [1=hombre]	0,59	0	1	157	0,61	0,58	0,71
Edad [años]	41,54	20	70	156	42,51	40,66	0,36
Distancia caminando al trabajo [km]	10,78	0,00	98,00	156	12,10	9,58	0,13
Número de miembros en hogar	3,88	1	14	153	3,89	3,86	0,93
Ingresa monetario familiar [\$]	1.224.791	140.000	7.000.000	141	1.220.989	1.228.540	0,97
Ingresa monetario familiar per cápita [\$]	392.309	28.000	2.000.000	138	414.120	370.497	0,50
Número de automóviles en hogar	0,61	0,00	3,00	154	0,64	0,59	0,64

El ingreso monetario familiar fue construido sumando todos los ingresos del hogar que declaró cada uno de los miembros de la muestra. El valor medio presentado para esta variable es mayor a la media de la Región Metropolitana obtenido de la CASEN 2015, equivalente a \$1.084.766 (Ministerio de Desarrollo Social, 2016). La diferencia puede deberse a que solo un 2,5% de la muestra final corresponde a trabajadores independientes, quienes componen un 20.5% del universo de ocupados en la región para el trimestre móvil antes mencionado (Instituto Nacional de Estadísticas, 2016).

## 5. RESULTADOS PARCIALES

Hasta el momento es posible presentar los resultados de la comparación entre los viajes declarados en los diarios de viaje de la primera y segunda semana del estudio. De esta manera, es posible observar el cambio en la intensidad de uso de transporte público luego de siete días debido a la posesión de un pase que otorga viajes sin costo por dos semanas.

De esta manera, la siguiente tabla muestra la media de viajes en transporte público declarados tanto para el grupo de control como tratamiento.

Tabla 3: Promedio de viajes en transporte público para semana línea base y tratamiento

Grupo	Viajes promedio semana línea base	Viajes promedio primera semana tratamiento	Diferencia	Muestra
Tratamiento	8,95	9,29	0,34	83
Control	7,91	7,96	0,05	74
Efecto			0,28	

Puede observarse en primera instancia que el efecto registrado corresponde a uno menor que el del efecto mínimo observable calculado en la sección 3.1.

Sin embargo, es posible profundizar el análisis estimando una regresión lineal que permita controlar por la realidad de cada institución dentro de la que se asignaron personas al grupo de tratamiento y control. La regresión mencionada corresponde a (2).

$$S2_i = \beta T_i + \mu S1_i + \sum_j \theta_j E_{ij} + \varepsilon_i \quad (2)$$

Para cada individuo  $i$ ,  $SX$  corresponde al número de viajes en transporte público de la semana X,  $T$  indica si es que pertenece al grupo tratamiento,  $E_j$  si es que pertenece a la institución  $j$ , y  $\varepsilon$  es el residuo de la estimación. De esta manera,  $\beta$  toma el valor buscado del efecto (número de viajes en transporte público adicionales debido al tratamiento) tomando en cuenta el efecto de los viajes realizados en la línea base de la semana 1 del estudio y la pertenencia a cada institución representada. Cabe mencionar por ende que los valores de  $\theta_j$  solo representan la diferencia de viajes entre  $\mu S1$  y  $S2$  sin tratamiento, entre las semanas específicas consideradas en el estudio.

Junto a los resultados de la regresión se presentan los valores-p del test Breusch-Pagan, cuya hipótesis 0 es la homocedasticidad de los errores, y los del test Lilliefors, cuya hipótesis 0 es la distribución normal de los mismos. Observando estos resultados, se concluye que no se rechazan las hipótesis nulas con un 5% de significancia, confirmando la consistencia de la modelación de regresión lineal.

Finalmente, se probó mediante un test F la posibilidad de reducir las variables de control a una sola que indicara si la empresa comenzó su estudio en la semana considerada del 2017. Para eso se añadió la variable  $A\_2017$  que toma el valor de 1 si el individuo formó parte del estudio el año 2017. Al comparar el modelo general y el restringido se obtuvo la validación del modelo restringido con 5% de significancia. La regresión resultante se muestra en (3) y los resultados en la tabla 4, incluyendo las validaciones de homocedasticidad y normalidad de los residuos en cada modelo.

$$S2_i = \alpha + \beta T_i + \mu S1_i + \gamma A\_2017_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

Tabla 4: Resultados de las regresiones lineales

Modelo 1				Modelo 2				
Estimador	Error Estándar	Valor T	Pr(> t )	Estimador	Error Estándar	Valor T	Pr(> t )	
$\alpha$	-			0,66	0,64	1,03	0,30	
$\mu$	0,76	0,06	13,39	2,00E-16	0,79	0,05	14,84	2,00E-16
$\beta$	0,49	0,50	0,98	0,33	0,49	0,50	0,98	0,33
$\gamma$	-				1,65	0,51	3,20	0,00
E1	1,52	0,72	2,10	0,04				
E2	-0,35	1,01	-0,35	0,73				
E3	0,13	1,19	0,11	0,91				
E4	2,55	0,77	3,30	0,00				
E5	0,80	1,43	0,56	0,58				
E6	1,05	1,48	0,71	0,48				
E7	3,06	0,93	3,30	0,00				
E8	1,40	1,14	1,23	0,22				
E9	2,32	1,08	2,14	0,03				
E10	1,93	1,27	1,52	0,13				
E11	2,21	1,87	1,18	0,24				
E12	4,78	1,26	3,78	0,00				
E13	3,61	1,19	3,03	0,00				
R <sup>2</sup>	0,913			0,611				
BP test	valor-p		0,251	valor-p		0,669		
Lilliefors	valor-p		0,156	valor-p		0,061		
Test F	valor-p		0,243					

De estos resultados se extrae que el efecto promedio del tratamiento corresponde a 0,49 con una confianza menor al 95% para ambos modelos. La diferencia entre el cambio del número de viajes de la semana 1 con la semana 2 entre las tomas de datos 2016 y 2017 recogido en  $\gamma$  puede atribuirse a que la toma de datos 2016 consideró al final de la segunda semana un fin de semana extendido al siguiente martes por la presencia de 2 feriados.

## 6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio buscó encontrar de manera experimental el cambio en la movilidad de trabajadores de Santiago si es que cuentan con un pase de transporte público por dos semanas. Ante eso, se recurrió a la utilización de una prueba controlada aleatorizada con más de 150 trabajadores afiliados a 13 instituciones de diferentes rubros de la economía.

En el presente paper se exponen los resultados del cambio en el número de viajes que 157 trabajadores declararon haber realizado durante tres semanas, dentro de las cuales a 83 de ellos se les facilitó una tarjeta bip para que validaran viajes de manera individual y gratuita durante las últimas dos. Se compararon los viajes mediante regresiones lineales que tomaban en cuenta las diferencias entre las diferentes instituciones que se incluyeron en el estudio, concluyéndose que el efecto observado es de 0,49 viajes con un nivel de confianza inferior al 95%. De esta manera, el estudio no reporta un efecto significativamente distinto de cero para el aumento de viajes en transporte público para el grupo observado.

De existir un efecto distinto de cero y cercano al valor estimado en esta ocasión, sería necesario contar con una muestra mayor de individuos. Por otro lado, cabe recordar que los resultados corresponden al uso de un pase de duración de 2 semanas, que no necesariamente se condice con los cambios que se tendrían ante la posesión de un abono por más tiempo. Finalmente, la muestra con la que se contó representa mejor, por su composición, al grupo de trabajadores asalariados que al total de trabajadores de Santiago.

Como futuras líneas de investigación, se pretende incluir en el análisis la tercera semana de estudio, además de comparar los viajes en modos de transporte privados motorizados y no motorizados. En paralelo, también sería posible comparar la información provista por los diarios de viaje con la provista por las bases de datos generadas de las validaciones bip! de las personas.

## AGRADECIMIENTOS

El presente estudio no pudo haber sido realizado sin el decidido apoyo del Centro de Excelencia ALC-BRT, y de CEDEUS (CONICYT/FONDAP 15110020). Sería imposible dejar de agradecer a todas las empresas, diversos amigos y parientes que nos abrieron las puertas para llegar a todas las personas que finalmente participaron del estudio.

## REFERENCIAS

- Bloom, H. S. (1995). Minimum detectable effects: A simple way to report the statistical power of experimental designs. *Evaluation review*, 19(5), 547-556.
- Cools, M., Fabbro, Y., y Bellemans, T. (2016). Free public transport: A socio-cognitive analysis. *Transportation Research Part A*, 86, 96-107.
- Dargay, J., y Pekkarinen, S. (1997). Public transport pricing policy: empirical evidence of regional bus card systems in Finland. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1604), 146-152.
- Dörel, T., Goßler, C., y Runkel, M. (1993). Aufgaben und Organisation des Hamburger Verkehrsverbundes. *Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen: ZögU/Journal for Public and Nonprofit Services*, 105-116.

- Duflo, E., Glennerster, R., y Kremer, M. (2007). Using randomization in development economics research: A toolkit. **Handbook of development economics**, 4, 3895-3962.
- FitzRoy, F., y Smith, I. (1999). Season tickets and the demand for public transport. **Kyklos**, 52(2), 219-238.
- Fujii, S., y Kitamura, R. (2003). What does a one-month free bus ticket do to habitual drivers? An experimental analysis of habit and attitude change. **Transportation**, 30(1), 81-95.
- Gilbert, C. L., y Jalilian, H. (1991). The demand for travel and for travelcards on London Regional Transport. **Journal of Transport Economics and Policy**, 3-29.
- Instituto Nacional de Estadísticas (Chile) (2016) **Encuesta Nacional de Empleo, trimestre móvil octubre – diciembre 2016**. INE.
- Jara-Díaz, S., Cruz, D., y Casanova, C. (2016). Optimal pricing for travelcards under income and car ownership inequities. **Transportation Research Part A**, 94, 470-482.
- Matas, A. (2004). Demand and revenue implications of an integrated public transport policy: the case of Madrid. **Transport Reviews**, 24(2), 195-217.
- Ministerio de Desarrollo Social. (2016). CASEN 2015: Evaluación y Distribución de Ingresos. Recuperado de: [http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen-multidimensional/casen/docs/CASEN\\_2015\\_Ingresos\\_de\\_los\\_hogares.pdf](http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen-multidimensional/casen/docs/CASEN_2015_Ingresos_de_los_hogares.pdf)
- Pucher, J., y Kurth, S. (1995). Verkehrsverbund: the success of regional public transport in Germany, Austria and Switzerland. **Transport policy**, 2(4), 279-291.
- Quiroz, M. (2015) **Diseño de un mecanismo tarifario y de subsidio dirigido a personas de bajos ingresos y estimación de efectos sobre la evasión en Transantiago**. Memoria para optar al título de ingeniero civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- SECTRA (2002). **Encuesta Origen Destino de Viajes 2001 Gran Santiago**. Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte, Secretaría Ejecutiva, Santiago
- SECTRA-UAHurtado. (2015). Estudio de Origen - Destino Santiago RM. Obtenido de Santiago, Chile
- Thøgersen, J. (2009). Promoting public transport as a subscription service: Effects of a free month travel card. **Transport Policy**, 16(6), 335-343.
- Transport for London. (2017). Tube and rail fares. Recuperado de: <https://tfl.gov.uk/fares-and-payments/fares/tube-dlr-lo-fares>
- White, P. R. (1981). "Travelcard" Tickets in Urban Public Transport. **Journal of Transport Economics and Policy**, 17-34.