

ESTIMACIÓN DE ZONA DE RESIDENCIA EN BASE A SISTEMAS TECNOLÓGICOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Margarita Amaya, Universidad de Chile, margarita.amaya.t@gmail.com
Marcela Munizaga, Universidad de Chile, mamuniza@ing.uchile.cl

RESUMEN

Los sistemas de transporte público con recolección de tarifa electrónica almacenan continuamente datos de los viajes realizados por los usuarios, que contienen valiosa información. Sin embargo, cuando la tarjeta no es personalizada se desconoce la información socioeconómica del pasajero, lo cual limita las posibilidades de análisis. Este trabajo presenta una metodología para estimar la zona de residencia de los usuarios detrás de las tarjetas, que permitirá imputar información socioeconómica asociada a la zona de residencia, enriqueciendo el análisis. Se presenta además tiempos de viaje, trasbordo y perfiles de uso de tiempo por zona agregada, mostrando que efectivamente existen diferencias.

Palabras clave: zona de residencia, tiempo de viaje, uso de tiempo

ABSTRACT

Public transport systems with electronic fare collection devices continuously store data related to the trips made by the users, which contain valuable information. However, when the card is not personalized, there is no socioeconomic information, and that constrains the analyses that can be made. This works presents a method to estimate zone of residence of the users behind the cards, which will allow socioeconomic variables imputation by zone of residence, enriching the analysis possibilities. We also show travel time, transfer time and time use profiles by aggregate zone, showing that indeed there are differences.

Keywords: zone of residence, travel time, time use

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de transporte público de Santiago, Transantiago, opera con un sistema electrónico de recolección de tarifa. Para esto se utilizan tarjetas inteligentes, con las cuales los usuarios pueden pagar la tarifa acercando la tarjeta a un dispositivo llamado validador, que a través de una señal electromagnética detecta la tarjeta próxima, procesa la información y determina el monto a pagar. La transacción de pago almacena información que puede ser utilizada para estudiar el sistema de transporte. A diferencia de otros sistemas de transporte, en este se requiere acercar la tarjeta al validador cada vez que se sube al vehículo, pero no al momento de bajar. Por tanto, no se almacena información de la bajada. Para obtener información del lugar de bajada de cada transacción se utiliza un método que requiere los datos almacenados de transacciones e información emitida por los GPS que se encuentran a bordo de los buses.

Los sistemas de transporte público integrados tarifariamente se caracterizan por permitir que los usuarios utilicen más de un medio de transporte para realizar un mismo viaje, pagando una tarifa que crece menos que proporcionalmente con el número de medios de transporte utilizados en el viaje. En este sentido, se entiende como etapa de viaje al intervalo comprendido entre la subida y la bajada por parte de un usuario a un vehículo de transporte. Por tanto, un viaje desde un origen a un destino, con un propósito determinado, puede estar comprendido por una o más etapas y los intervalos entre estas etapas. Como los trasbordos entre líneas dentro del metro no requieren validación, para este modo se considera que una etapa abarca la utilización de una o más líneas de manera consecutiva y mientras no se realice una validación.

Con la base de datos de transacciones y los datos provenientes de los GPS se cuenta con la siguiente información de cada etapa: número identificador de la tarjeta (ID), coordenadas geográficas de subida y bajada, tiempo de subida y bajada, modo de transporte, recorrido, costo de la transacción, entre otros. En base al número identificador de cada tarjeta es posible reconstruir las cadenas diarias de viaje de una persona. Con la información de las transacciones y emisiones GPS se estima los tiempos de viaje, trasbordo y se construyen perfiles de uso de tiempo.

El capítulo 2 incluye una breve descripción de la literatura, que permite extraer la información pertinente para el desarrollo de este trabajo. La metodología propuesta para estimar zona de residencia de las tarjetas se presenta en el capítulo 3. El capítulo 4 muestra los resultados de aplicar la metodología a los datos para observar tiempos de viaje, trasbordo y perfiles de uso de tiempo por zona de la ciudad. En el capítulo 5 se presentan las conclusiones.

2. ANTECEDENTES

Los sistemas de transporte público con tecnologías de pago automático almacenan todas las transacciones de pago realizadas con tarjetas inteligentes. Como cada tarjeta tiene un número identificador único, se pueden reconstruir las cadenas diarias de viajes de cada tarjeta.

Olguín et al. (2009), estudia las cadenas de viajes observadas en la encuesta Origen-Destino de Santiago 2001 (que describe detalladamente la secuencia de viajes de un día) para analizar conductas de la población y asignación de tiempo de los individuos, más allá de lo relativo a viajes. La ventaja de esta encuesta es que posee información socioeconómica detallada de los individuos y el propósito de viaje. Con esta información se construye la asignación de tiempo de cada individuo y posteriormente el patrón de actividades de los usuarios de transporte por propósito de viaje, tipo de día, zona de residencia, género y rango de edad.

Una adaptación de lo anterior, utilizando datos masivos de transporte público, es desarrollada por Devillaine (2012) y se aplica a las ciudades de Santiago y Gatineau. La metodología propuesta por Devillaine asigna propósito a cada viaje sin necesidad de muestreos o encuestas, en base a reglas de carácter temporal. Adicionalmente, en el caso de la ciudad de Gatineau, existe información del uso de suelos que permite refinar la asignación de propósito de cada viaje. Sin embargo, Devillaine no puede analizar los datos desagregando según los criterios mostrados por Olguín et al. (como zona de residencia o rango de edad), debido a la falta de información socioeconómica de éstos.

Este trabajo propone una metodología para estimar la zona de residencia de las tarjetas bip! y estudiar posibles diferencias en los perfiles de uso de tiempo y en los tiempos de viaje observados. A continuación se describe brevemente dos procesos aplicados previamente a las bases de datos: el método para estimar el paradero de bajada de cada transacción y posteriormente el método para estimar propósito de viaje.

2.1 Método de estimación de bajada

La metodología desarrollada por Munizaga y Palma (2012) para estimar el paradero de bajada de una etapa de viaje realizada en modo bus se basa en observar el lugar de subida de la siguiente transacción y estimar cuál es el posible punto de bajada más cercano a esa transacción. Para esto se minimiza la función de tiempo generalizado que busca qué punto de la ruta es más conveniente para descender, sabiendo donde se realiza la próxima transacción.

2.2 Método de estimación de propósito de viaje

El método propuesto para establecer el propósito de estos viajes fue desarrollado por Devillaine (2012). Se propone una metodología para asignar propósito a los viajes, basándose en condiciones temporales. Los posibles propósitos son: Trabajo, Estudio, Hogar y Otros. Trabajo y Estudio corresponden a las principales actividades del día según tipo de tarjeta, con una duración

de al menos 2:00 horas en día laboral y de al menos 5:00 horas en fines de semana. El propósito Hogar se asigna en el lapso de tiempo que va desde la última transacción de un día hasta la primera transacción del día siguiente. El propósito Otros se asigna a cualquier actividad que no esté comprendida entre las anteriores, es decir, actividades que se realicen fuera del hogar con una duración inferior a las 2:00 horas en día laboral e inferior a 5:00 horas en fines de semana.

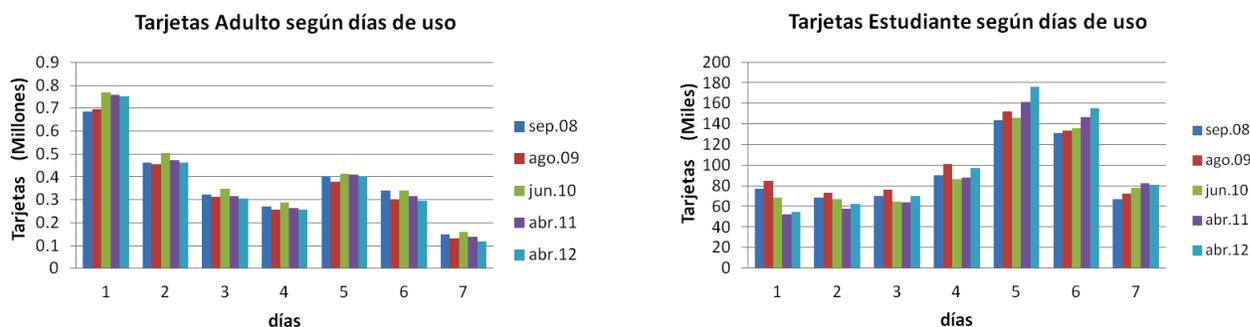
3. METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE ZONA DE RESIDENCIA

3.1 Metodología

El sistema de transporte público Transantiago está presente en 34 de las 37 comunas que componen el Gran Santiago. Una de las características de Santiago es la marcada segregación espacial de sus habitantes según ingreso, como lo muestran Jara-Díaz et al. (2013). En su trabajo agregan la ciudad de Santiago en seis grandes zonas: Centro, Norte, Sur, Poniente, Oriente y Suroriente; encuentran diferencias de más de un 350% en el ingreso promedio per cápita entre dos zonas de la ciudad. Basándose en esta información y en lo expuesto en los dos capítulos anteriores, se propone utilizar la zonificación sugerida por Jara-Díaz et al. (2013) para buscar diferencias en los patrones de viaje entre zonas de la ciudad.

Se plantea estudiar diferencias en los patrones de comportamiento de usuarios según zona de residencia, considerando la zonificación expuesta. Para ello es relevante conocer la zona de residencia de los usuarios de Transporte Público. Como esta información no está disponible en las bases de datos de transacciones, se propone una metodología para establecer a qué zona pertenece cada individuo. Esta metodología se basa en el supuesto de que el principal modo de transporte de un usuario frecuente es el transporte público. Por tanto, se espera que la primera transacción de cada día sea cercana al lugar de residencia del individuo. Si el conjunto de transacciones que son la primera de cada día se encuentran dentro de un radio caminable, se considera que el individuo vive dentro de ese radio.

Figura 1: Número de tarjetas observadas según viajes por día: Tarjetas adulto y estudiante

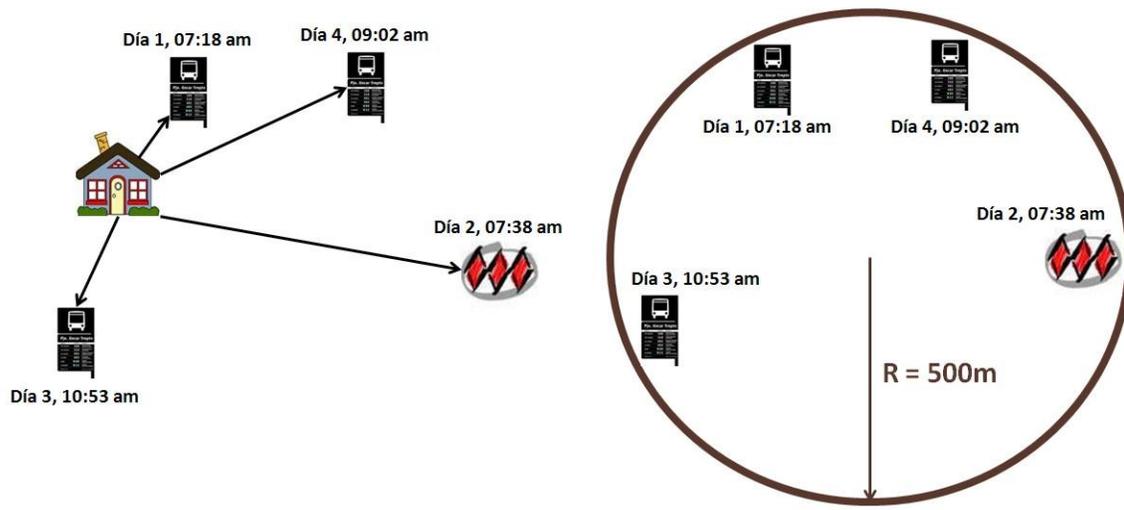


La Figura 1 agrupa a las tarjetas de cinco semanas de viaje (una semana de cada mes señalado) según el número de días que una tarjeta realiza transacciones, independiente del número de transacciones realizadas cada día. Como son semanas de datos, una misma tarjeta puede viajar entre uno y siete días. Por ejemplo, una tarjeta que presenta al menos una transacción los días martes, jueves y sábado, se contabilizará como una tarjeta que se utilizó 3 días de la semana. Para el caso de la tarjeta adulto, el usuario más común es aquel que viaja un día a la semana, mientras que los otros seis días no se observa transacciones. Si se mira la figura como una distribución de las tarjetas, se observa un máximo local que corresponde a tarjetas que viajan cinco días a la semana. En el caso de la tarjeta estudiante, el usuario más común viaja cinco días a la semana, mientras que un número similar de tarjetas viaja uno, dos y tres días a la semana. Observando ambas distribuciones se propone considerar usuario frecuente a aquel que viaja cuatro o más días de la semana.

La metodología para estimar zona de residencia se describe a continuación:

- Se selecciona a aquellas tarjetas con viajes entre 4:00 y 12:00 am durante al menos cuatro de los siete días de la semana. Esta última condición se asocia a ser un usuario frecuente.
- Para cada tarjeta que cumple la condición anterior, se selecciona la primera transacción de cada día. Por cada tarjeta se tienen al menos cuatro transacciones.
- Se selecciona la coordenada $(x_1; y_1)$, correspondiente al punto donde se realizó la primera transacción de un día.
- Se calcula la distancia entre $(x_1; y_1)$ y las coordenadas espaciales de todas las otras transacciones, primeras en cada día, $(x_i; y_i)$.
- Si la distancia con la transacción más lejana es menor o igual a 500m se establece que el individuo vive en el entorno de ese grupo de transacciones.
- Se determina a qué comuna pertenecen (mayoritariamente) las transacciones, y con esto se asigna cada tarjeta a una de las seis grandes zonas de Santiago.

Para clarificar, la Figura 2 muestra la primera transacción diaria de un usuario en una semana de datos, dentro de la ventana horaria 4:00 am - 12:00 am. En este caso el usuario tiene transacciones en cuatro días de la semana y por tanto es considerado un usuario frecuente de transporte público. Sin embargo, la posición del hogar no es información conocida, sólo se conocen las ubicaciones espaciales de las transacciones, como se muestra en la derecha de la Figura 2. El método supone que las primeras transacciones de cada día se encuentran a una distancia caminable del hogar. Para descartar tarjetas que tengan su primera transacción excesivamente lejos (razones para esto podrían ser que la persona usó un modo no integrado antes de realizar la primera transacción o que durmió en otro lugar que no corresponde a su hogar) se exige que el radio de la circunferencia que agrupa a las transacciones no exceda los 500m.

Figura 2: Ilustración método de estimación de zona de residencia

El motivo para seleccionar la primera transacción entre 4:00 y 12:00 hrs. responde a lo siguiente: En primer lugar, una cantidad importante de tarjetas realiza la última transacción de cada día de viajes después de media noche. Si se considera utilizar la primera transacción de cada día desde medianoche, lo que se obtiene es un punto espacialmente cercano a la última actividad realizada por el individuo el día anterior, pues la transacción corresponde al retorno al hogar y no al origen del hogar. En todos los cortes temporales en que se estudió la distribución de transacciones, se observa que los horarios con menor número de transacciones se ubican entre las 3:15 y las 4:00 am. Por tanto, se considera que el día de viajes de una tarjeta comienza a las 4:00 am y termina a las 3:59 am del día siguiente.

En segundo lugar, una cantidad importante de tarjetas registran el primer viaje del día en punta tarde. Es posible que esto ocurra, pero también es posible que su primer viaje del día haya sido realizado en otro modo, como auto-acompañante o colectivo, y por ello no exista registro de sus viajes. Por esto se utiliza las 12:00 hrs (previo a la punta medio día) como límite horario para realizar el primer viaje del día. Por otra parte, para tarjetas que sólo registran viajes fuera de este horario (es decir, entre 12:00 pm y 4:00 am del día siguiente) se considera implícitamente que siempre hacen el primer viaje del día en otro modo distinto al transporte público. Es importante señalar que los horarios establecidos en la metodología, así como el radio de distancia utilizado para determinar el lugar de residencia, son basados en la observación de los datos. Estos valores podrían ser mejorados mediante calibración con información adicional.

3.2 Resultados de la metodología de estimación de lugar de residencia

La metodología descrita fue aplicada a la base de datos correspondiente a la tercera semana de abril de 2012. De un total de 2.593.145 tarjetas presentes en esa semana de datos, 985.085 (el 38 %) cumple con el número de viajes diarios requeridos en la ventana horaria especificada. De este 38% de tarjetas, un 60% (591.976) tienen radios de circunferencia que circunscriben a las transacciones inferiores a 500m.

3.3 Validación exploratoria del método asignación de zona de residencia

Se realizó una validación exploratoria del método propuesto con un grupo de 55 voluntarios, quienes accedieron a entregar su número de tarjeta y comuna de residencia. De los 55 voluntarios, solo 15 tenían al menos una transacción en cuatro días de la semana entre las 4:00 y las 12:00 hrs. Los resultados de esta verificación se presentan en la Tabla 1. La tabla muestra el ID de la tarjeta y la comuna y zona de residencia declaradas por el individuo, más la comuna y zona de residencia predichas por el método. La última columna señala el radio de la circunferencia que circunscribe a las transacciones de los individuos que cumplen con la condición de realizar al menos una transacción en cuatro días de la semana entre 4:00 y 12:00 hrs. Las tarjetas que no cumplen esta condición incluyen un asterisco en la columna del radio (*). Como se observa, la predicción de comuna y zona de residencia tiene un 100% de aciertos en los casos en que se cumple la condición de radio de circunferencia de hasta 500m e incluso acierta en casos de radios mayores. Además, hay 100% de aciertos en la zona de residencia, incluyendo los casos en que no se cumple la condición para el radio de la circunferencia. Este resultado sugiere que probablemente el radio de circunferencia exigido es demasiado estricto para la zonificación utilizada en este trabajo (Jara-Díaz et al. 2013). Por supuesto, esta validación exploratoria no tiene validez estadística, pero es una primera aproximación a cómo se comporta el método expuesto.

Tabla 1: Validación exploratoria del método de estimación de zona de residencia

| ID tarjeta | Comuna Residencia | Zona Residencia | Predicción Comuna | Predicción Zona | Radio |
|------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|--------|
| XXX324 | Santiago | Centro | Santiago | Centro | 595* |
| XXX978 | Maipú | Poniente | Maipú | Poniente | 8990* |
| XXX067 | Cerro Navia | Poniente | Cerro Navia | Poniente | 57 |
| XXX052 | Maipú | Poniente | Maipú | Poniente | 70 |
| XXX036 | Las Condes | Oriente | Las Condes | Oriente | 26 |
| XXX564 | Pudahuel | Poniente | Maipú | Poniente | 2075* |
| XXX740 | Estación Central | Poniente | Estación Central | Poniente | 23 |
| XXX275 | Maipú | Poniente | Estación Central | Poniente | 10200* |
| XXX770 | Huechuraba | Norte | Huechuraba | Norte | 105 |
| XXX452 | Maipú | Poniente | Lo Prado | Poniente | 2868* |
| XXX844 | San Miguel | Sur | San Miguel | Sur | 0 |
| XXX364 | Maipú | Poniente | Maipú | Poniente | 5702* |
| XXX628 | Las Condes | Oriente | Las Condes | Oriente | 217 |
| XXX764 | La Florida | SurOriente | La Florida | SurOriente | 8688* |
| XXX876 | La Florida | SurOriente | La Florida | SurOriente | 484 |

4. RESULTADOS

El método descrito anteriormente se aplicó a una semana de datos que va desde el 16 al 22 de abril de 2012. A continuación se muestran los resultados de tiempo de viaje en vehículo, tiempo de trasbordo y perfiles de uso de tiempo por zona de la ciudad.

4.1 Tiempo de viaje en vehículo y trasbordo por zona

La Tabla 2 muestra los tiempos de viaje en vehículo y trasbordo promedio por tipo de día y por zona de residencia para tarjetas tipo adulto. Se observa diferencias de más de 10 minutos en el tiempo de viaje promedio. Las zonas con menores tiempos de viaje en vehículo son Centro y Oriente, que bordean los 30 minutos en días hábiles. Los mayores tiempos se presentan en las zonas Sur, Poniente y Suroriente bordeando los 40 minutos. El fin de semana los tiempos de viaje caen, especialmente el día domingo. La excepción es la zona Oriente que presenta tiempos de viaje similares sin importar día de la semana. El tiempo de trasbordo va de los 7,7 a los 9,2 minutos en día hábil. Los fines de semana este tiempo aumenta, alcanzando los 10,3 minutos en la zona suroriente.

Tabla 2: Tiempo de viaje en vehículo y tiempo de trasbordo por zona de residencia, tarjeta adulto

| Variable | Zona | Día Hábil | Sábado | Domingo |
|--------------------------------|------------|-----------|--------|---------|
| Tiempo de Viaje [min] | Norte | 35,4 | 31,8 | 30,5 |
| | Poniente | 39,6 | 35,6 | 32,5 |
| | Oriente | 30,4 | 29,7 | 30,0 |
| | Centro | 29,1 | 27,0 | 25,8 |
| | Sur | 41,0 | 37,5 | 34,1 |
| | Suroriente | 39,5 | 36,2 | 33,3 |
| Tiempo de Traslado [min] | Norte | 8,0 | 9,1 | 9,6 |
| | Poniente | 8,5 | 9,2 | 9,4 |
| | Oriente | 7,7 | 9,2 | 9,5 |
| | Centro | 7,9 | 8,9 | 9,2 |
| | Sur | 9,2 | 10,1 | 10,2 |
| | Suroriente | 8,8 | 10,3 | 10,2 |
| Tiempos Viaje + Traslado [min] | Norte | 43,4 | 40,9 | 40,1 |
| | Poniente | 48,1 | 44,8 | 41,9 |
| | Oriente | 38,2 | 38,8 | 39,6 |
| | Centro | 37,0 | 36,0 | 35,1 |
| | Sur | 50,1 | 47,6 | 44,3 |
| | Suroriente | 48,3 | 46,5 | 43,5 |

Las zonas con mejores y peores indicadores son las mismas para ambos tiempos, lo que genera que al sumarlos se acrecenten las distancias entre zonas, superando los 13 minutos de diferencia entre las zonas Centro y Sur en días hábiles.

Aunque es claro que existe una relación entre lugar de residencia y tiempo de viaje, usualmente sólo se estudia la variación en los tiempos de viaje por origen-destino. La información expuesta en esta sección cuantifica el impacto de la elección de lugar de residencia en los tiempos promedio de viaje en vehículo y trasbordo, por cada viaje realizado.

La Tabla 3 muestra los tiempos de viaje en vehículo y trasbordo promedio por tipo de día y por zona de residencia para tarjetas tipo estudiante:

Tabla 3: Tiempo de viaje en vehículo y trasbordo por zona de residencia. Tarjeta estudiante

| Variable | Zona | Día Hábil | Sábado | Domingo |
|--------------------------------|------------|-----------|--------|---------|
| Tiempo de Viaje [min] | Norte | 32,2 | 29,9 | 29,3 |
| | Poniente | 34,8 | 32,1 | 30,8 |
| | Oriente | 28,3 | 26,3 | 25,7 |
| | Centro | 24,9 | 24,7 | 25,0 |
| | Sur | 34,8 | 32,1 | 29,6 |
| | Suroriente | 35,5 | 32,6 | 29,9 |
| Tiempo de Traslado [min] | Norte | 7,2 | 8,4 | 9,1 |
| | Poniente | 7,9 | 8,7 | 9,3 |
| | Oriente | 7,3 | 8,4 | 9,3 |
| | Centro | 7,4 | 9,0 | 9,1 |
| | Sur | 8,3 | 9,2 | 9,6 |
| | Suroriente | 8,3 | 9,6 | 9,6 |
| Tiempos Viaje + Traslado [min] | Norte | 39,5 | 38,4 | 38,4 |
| | Poniente | 42,7 | 40,7 | 40,1 |
| | Oriente | 35,6 | 34,8 | 35,0 |
| | Centro | 32,3 | 33,7 | 34,1 |
| | Sur | 43,1 | 41,3 | 39,3 |
| | Suroriente | 43,9 | 42,2 | 39,5 |

Las zonas con menores tiempos de viaje en vehículo son Centro y Oriente, con 24,9 y 28,3 minutos en días hábiles, respectivamente. Los peores tiempos se presentan en las zonas Suroriente (35,5), Sur y Poniente (34,8 en ambos casos). El fin de semana los tiempos de viaje caen, especialmente el día domingo. A diferencia de la tarjeta adulto en que la excepción era la zona Oriente, para esta tarjeta la excepción es la zona Centro, que presenta tiempos similares sin importar día de la semana.

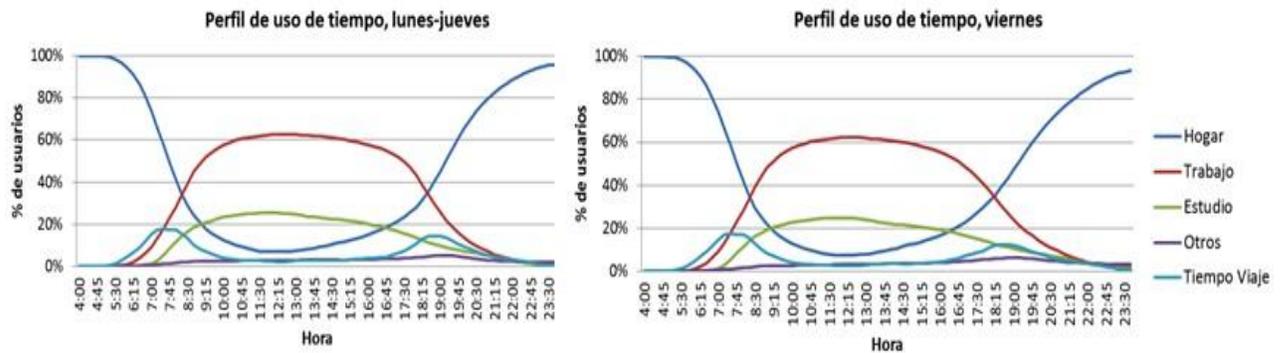
El tiempo de trasbordo va de los 7,2 a los 8,3 minutos en día hábil. Los fines de semana estos tiempos aumentan alcanzando los 9,6 minutos en las zonas Sur y Suroriente. Las zonas con mayor tiempo son las mismas que en el caso anterior, pero la zona con menor tiempo de trasbordo es la zona Norte, desplazando a Oriente y Centro del primer lugar.

En general, los tiempos son menores para la tarjeta estudiante respecto a la tarjeta adulto. Sin embargo, se conservan las diferencias de tiempo entre zonas, que llegan a los 11 minutos entre Centro y Suroriente.

4.2 Perfiles de uso de tiempo por zona

La Figura 3 muestra el perfil de uso de tiempo promedio de lunes a jueves y el del viernes. Las tarjetas que realizan la actividad trabajo superan el 60% y las que realizan la actividad estudio se acercan al 30 %. En el mismo periodo la actividad hogar muestra menos de un 10% de tarjetas en esta ocupación. La actividad otros bordea el 5% en la punta tarde.

Figura 3: Perfiles de uso de tiempo



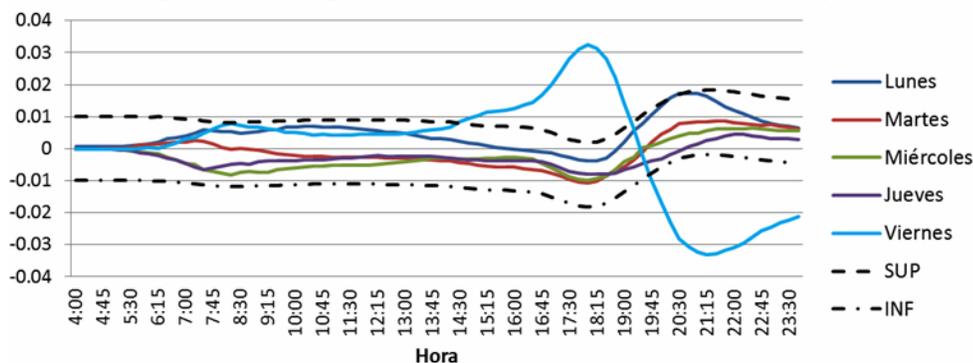
Aparentemente las diferencias entre días hábiles son menores. La curva que presenta mayores diferencias es la de tiempo de viaje que en punta tarde tiene más dispersión. Para visualizar de mejor manera las diferencias entre perfiles de uso de tiempo en días hábiles se propone lo siguiente:

1. Normalizar los datos según número de observaciones diarias
2. Calcular el promedio de los cinco días hábiles de la proporción de tarjetas dedicadas a un determinado propósito, para cada periodo
3. Calcular la diferencia de proporción de tarjetas de cada día hábil respecto al promedio, por propósito y periodo
4. Graficar las diferencias respecto al promedio

Al realizar este procedimiento para comparar los perfiles de uso de tiempo entre los cinco días hábiles, se obtienen diferencias sustanciales en todos los propósitos mostrados en la Figura 3. A

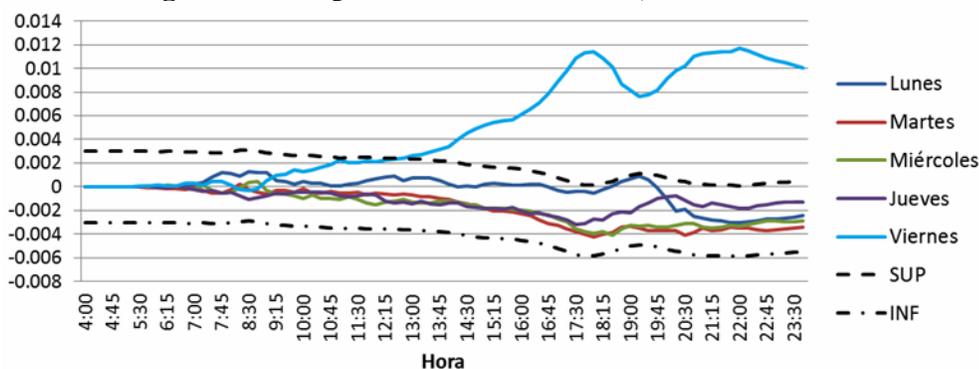
continuación se muestran dos de ellos, hogar (Figura 4) y otros (Figura 5). Las líneas INF y SUP representan una variación del 1% sobre y bajo el promedio de los días similares (lunes a jueves).

Figura 4: Comparación lunes-viernes, actividad hogar



Para el propósito hogar, hasta las 14:30 hrs las tarjetas muestran un comportamiento similar de lunes a viernes. A partir de esta hora el día viernes muestra diferencias de comportamiento, ya que la proporción de tarjetas que se encuentran en el hogar se incrementa respecto el promedio lunes-jueves. Desde las 19:45 hrs. se invierten roles y se aprecia que el día viernes se encuentra bajo el promedio, indicando que a partir de esta hora el retorno al hogar es más lento respecto a lo observado de lunes a jueves.

Figura 5: Comparación lunes-viernes, actividad otros



La actividad otros muestra diferencias el día viernes desde las 13:00 hrs (ver figura cinco). La proporción de tarjetas en esta actividad es superior al promedio lunes-jueves, alcanzando la mayor diferencia a las 22:00 hrs.

Antes de presentar los perfiles de uso de tiempo por zona, en la Tabla 4 se muestra el número de observaciones por zona y tipo de día. Se puede ver que para todas las zonas y días hay un número razonable de observaciones, que permite calcular promedios y realizar comparaciones. Sin embargo, así como es difícil observar diferencias en los perfil de uso de tiempo entre días hábiles,

también es difícil hacerlo entre zonas. Por tanto, a continuación se aplica el método descrito para ver diferencias en los perfiles respecto al promedio entre zonas.

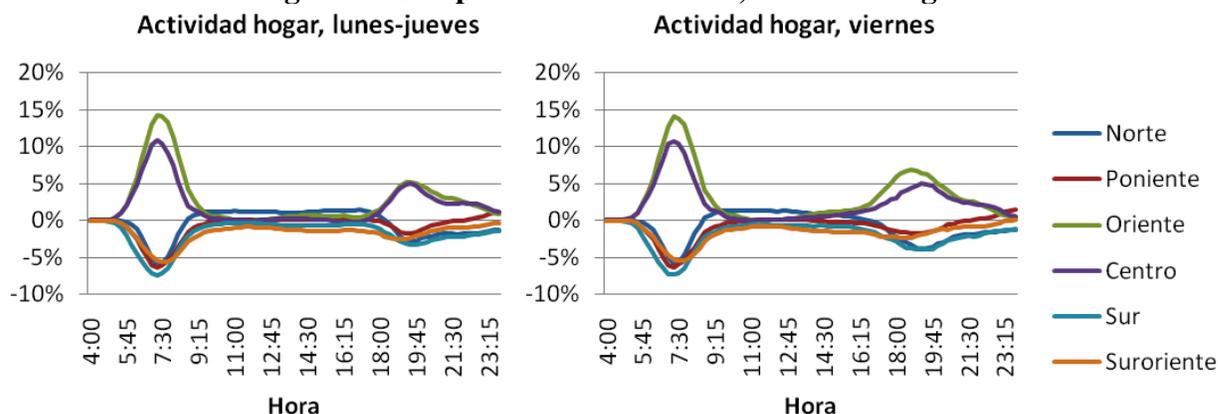
Tabla 4: Observaciones por zona y tipo de día

| Día | Norte | Poniente | Oriente | Centro | Sur | Surorientado | Total |
|--------------|--------|----------|---------|--------|--------|--------------|---------|
| Lunes-Jueves | 43.595 | 112.379 | 58.314 | 35.210 | 63.861 | 95.648 | 409.007 |
| Viernes | 40.838 | 105.372 | 54.760 | 33.448 | 60.405 | 90.472 | 385.295 |
| Sábado | 20.704 | 48.266 | 18.147 | 13.236 | 27.464 | 38.104 | 165.921 |
| Domingo | 8.503 | 20.220 | 8.679 | 6.686 | 10.865 | 16.071 | 71.024 |
| Promedio | 34.918 | 89.053 | 44.977 | 27.744 | 50.597 | 75.320 | 322.609 |
| % | 10,8% | 27,6% | 13,9% | 8,6% | 15,7% | 23,3% | 100,0% |

La Figura 6 muestra la comparación entre zonas para el propósito hogar. Aquí se aprecia con mayor claridad que las tarjetas de las zonas Oriente y Centro asignan tiempo al hogar sobre el promedio de las otras zonas entre las 6:15 y 8:45 hrs. Esto se repite entre las 18:00 y 23:00 hrs.

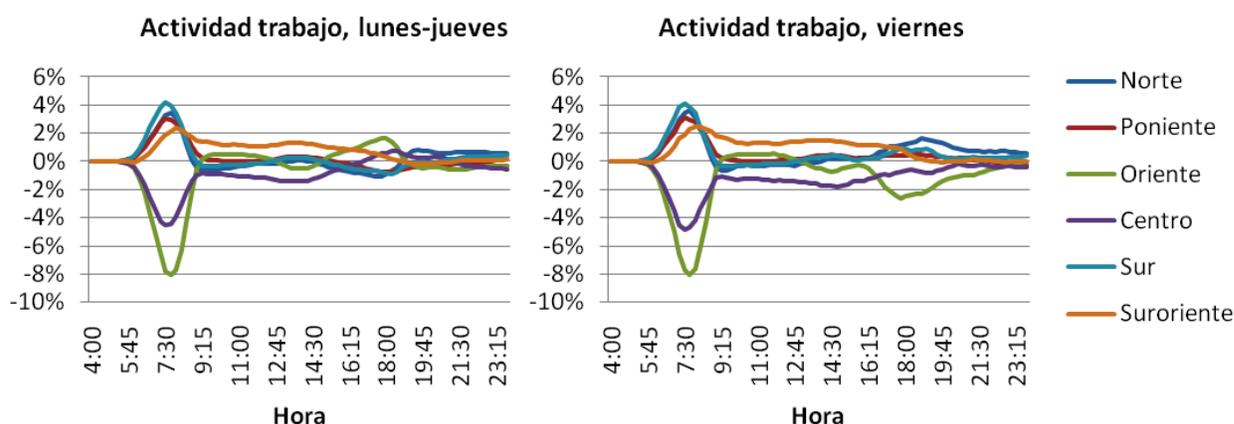
El día viernes ocurre algo semejante, con la salvedad de que en la tarde se aprecian diferencias a partir de las 16:30. Es decir, de lunes a viernes los usuarios que viven en las zonas Centro y Oriente dejan el hogar más tarde y llegan más temprano que los de las otras zonas. Notar que entre 9:00 y 18:00 hrs es muy similar la proporción de tarjetas que está dedicada a la actividad hogar en cada zona.

Figura 6: Comparación entre zonas, actividad hogar



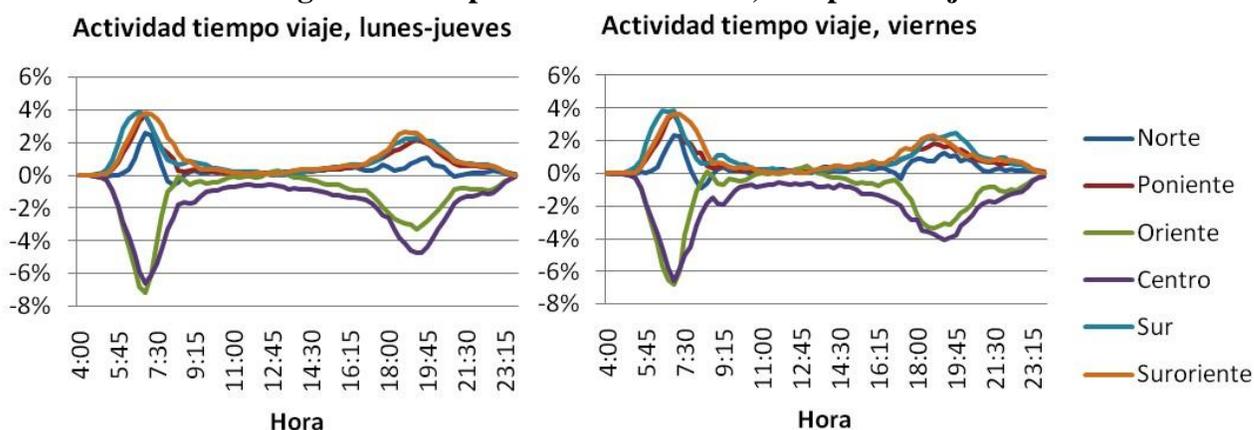
Al comparar la asignación de tiempo a trabajo entre zonas (ver Figura 7), se aprecia la ventana horaria en que Centro y Oriente están bajo el promedio: de 6:00 a 9:00 hrs. El día viernes presenta el mismo comportamiento. Esto quiere decir que Centro y Oriente comienzan horario laboral más tarde, presentando una similar proporción de tarjetas en esta actividad a partir de las 9:00 hrs.

Figura 7: Comparación entre zonas, actividad trabajo



La comparación entre zonas indica que quienes habitan en las zonas Centro y Oriente tienen tiempos de viaje menores, lo que se traduce en una menor proporción de personas en esta ocupación de manera simultánea y más tiempo disponible para asignar a otras actividades.

Figura 8: Comparación entre zonas, tiempo de viaje



5. CONCLUSIONES

La metodología expuesta en este trabajo permite asignar a cada tarjeta una variable socioeconómica tan importante como la zona de residencia. Aunque la metodología no ha sido suficientemente probada, sus resultados muestran diferencias entre zonas muy similares a lo encontrado por Olgún et al. (2009).

Se estima que el radio utilizado (500m) para determinar zona es estricto en comparación al tamaño de zona utilizado (Santiago en seis zonas) y que debe calibrarse para distintos tamaños de zona, como nivel comunal y zona ESTRAUS. Este último caso requiere un radio más estricto y

presenta algunas dificultades porque un número importante de zonas tienen formas no cóncavas y por la irregularidad de tamaños entre zonas. Se plantea estudiar estimación de residencia de un área de influencia de límites dinámicos. Cabe señalar que la principal razón por la que no se logra estimar zona de residencia es por la baja frecuencia de viaje de la mayoría de las tarjetas. Este punto puede corregirse con bases de datos de periodos de tiempo mayores, como por ejemplo un mes. Además, con información censal sobre ingreso por zona geográfica, podría asignarse a cada tarjeta otra variable socioeconómica, como es un rango de ingreso.

En cuanto a tiempos de viaje y trasbordo, el primer resultado son las diferencias de tiempos de viaje en vehículo y trasbordo según tipo de tarjeta y zona de residencia. En términos generales, las tarjetas tipo estudiante presentan tiempos de viaje y trasbordo menores que las tarjetas tipo adulto; los tiempos de viaje en vehículo los fines de semana son menores que en días de semana.

Al mirar las diferencias de tiempo por zona los resultados son contundentes: en la suma de tiempos de viaje en vehículo y trasbordo se observa que entre dos zonas hay diferencias de hasta 13 minutos por viaje para tarjetas tipo adulto y 11 minutos para tarjetas tipo estudiante.

Si una persona con tarjeta tipo adulto viaja de lunes a viernes y realiza dos viajes diarios, quienes habitan en la zona sur gastan al mes 8 horas y 44 minutos más que quienes habitan en la zona centro, sólo en tiempo de viaje en vehículo y trasbordo. Si los mismos cinco días hábiles se realizan tres viajes diarios, la asignación de tiempo de viaje difiere en 13 horas y 6 minutos entre estas zonas. Para el caso de la tarjeta tipo estudiante las diferencias entre la zona Centro y Suroriente son de 7 horas y 44 minutos si se realizan dos viajes diarios y de 11 horas y 36 minutos si se realizan tres viajes diarios. Como la red de transporte en la zona Centro es mucho más densa que en cualquier otra zona, es probable que estas diferencias crezcan al considerar tiempos de acceso y egreso.

La segunda parte presenta los perfiles de uso de tiempo para la ciudad de Santiago por propósito y zona de residencia. La primera conclusión es que los perfiles de uso de tiempo del día viernes son distintos a lo observado de lunes a jueves. Las principales diferencias del día viernes son que la jornada laboral termina más temprano y que durante la tarde/noche aumenta el tiempo asignado a la actividad otros.

De lunes a viernes las tarjetas que realizan la actividad trabajo superan el 60% y las que realizan la actividad estudio se acercan al 30 %. En el mismo periodo la actividad hogar muestra menos de un 10% de tarjetas en esta ocupación. La actividad otros bordea el 5% en la punta tarde.

Se destaca que quienes habitan en las zonas Centro y Oriente, además de pasar más tiempo en el hogar por tener menor tiempo de viaje (salen más tarde y retornan antes al hogar), dejan más tarde su hogar porque entran más tarde a trabajar. La proporción de tarjetas de las zonas Centro y Oriente en actividad trabajo es igual a las otras zonas a partir de las 9:00 de la mañana.

Agradecimientos

Financiamiento: Fondecyt (1120288), Fondef D10I-1002, ISCI (ICM P-05-004-F, CONICYT FBO16). Agradecemos especialmente la colaboración de Transantiago.

Referencias

Devilleine, F., (2012) Estimación de Viajes y Actividades en base a Sistemas Tecnológicos de transporte Público. Tesis presentada para la obtención del grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, mención Transporte, Universidad de Chile, Junio de 2012.

Devilleine, F., Munizaga, M.A. y Trepanier, M. (2012) Detection activities of public transport users by analyzing smart card data. **Transportation Research Record**, 2276, 48-55.

Jara-Díaz, S.R., Munizaga, M.A. y Olguín, J. (2013) The role of gender, age and location in the values of work behind time use patterns in Santiago, Chile. **Papers in Regional Science**, 92(1), 87-103.

Munizaga, M., y Palma, C., (2012) Estimation of a disaggregate multimodal public transport origin - destination matrix from passive smart card data from Santiago, Chile. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, 24, pp. 9-18.

Olguín, J., Jara-Díaz, S., y Munizaga, M., (2009) Análisis de Patrones de Actividades a partir de la EOD 2001. **Ingeniería de Transporte** V13 N4, pp. 31-38.