



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Simulando el Santiago del Futuro: puesta en marcha de un simulador de movilidad con
trazas digitales de telefonía móvil

PROPUESTA DE TEMA DE MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN COMPUTACIÓN

Elías Moreno

PROFESOR GUÍA:
Eduardo Graells G.
PROFESOR GUÍA 2:
Daniela Opitz

SANTIAGO DE CHILE
2022

1. Introducción

Según el Censo del 2017 [6], la Región Metropolitana de Santiago cuenta con una población de más de 7 millones de personas, de las cuales más de 6 millones viven en la ciudad de Santiago. Actualmente, Santiago cuenta con autobuses, metro y tren como medios de transporte público, además de un extenso sistema de autopistas, avenidas y calles para la movilización y la implementación progresiva de ciclovías para incentivar el uso de bicicletas.

Debido al gran volumen de personas que necesitan movilizarse cada día dentro de la ciudad, los cambios en planificación urbana, políticas e infraestructura no son sencillos de hacer, requiriendo estudios previos para entender cómo se movilizan las personas y dónde es más importante invertir los limitados recursos a disposición del Gobierno.

Uno de los mayores problemas en Santiago es que no todas sus comunas reciben la misma atención o recursos en cuanto a transporte público e infraestructura. A pesar de que ha habido un importante avance en la última década con la inauguración de las líneas 3 y 6 del Metro [3], aún hay comunas en Santiago que no tienen acceso directo a él. Esto puede dar lugar, por ejemplo, a que los servicios de transporte público disponibles allí no den abasto para la cantidad de habitantes de esas comunas que necesitan movilizarse.

Por ende, es importante, desde un punto de vista de planificación urbana, evaluar la necesidad y el impacto de proveer estas comunas con proyectos de transporte público o infraestructura. Es necesario identificar dónde están los cuellos de botella en el transporte público para diseñar proyectos enfocados a resolverlos.

2. Situación Actual

Una herramienta que ha surgido para ayudar en la toma de decisiones en planificación urbana son las Simulaciones Urbanas, es decir, modelos que buscan representar procesos dinámicos e interacciones de desarrollo urbano y transporte [10]. Estas Simulaciones permiten ver qué pasaría en caso de implementarse algún proyecto de política o infraestructura de transporte.

Existen varios paradigmas de simulación para planificación urbana, como modelos basados en agentes (Agent-based models o ABMs) que simulan entidades autónomas individualmente que siguen reglas simples para entender su comportamiento a mayor escala [4]. Para estos modelos, también se puede elegir un método de toma de decisiones que, en este contexto, simula la forma en que los agentes se eligen cómo llegar de su origen a su destino.

Uno de los métodos que se ha postulado como ventajoso es el método basado en actividades (Activity-based model), que busca representar las tareas que motivan a las personas a transportarse de un lugar a otro para realizarlas [1]. Estas simulaciones pueden representar de mejor manera el comportamiento de las personas dentro de una ciudad, dando paso naturalmente a eventos como horarios punta y distribución de trabajos en ciertos lugares de una ciudad. Como mencionan Helbing et al. y Balmer [4, 1] existen otros paradigmas de simulación y métodos para simular la toma de decisiones que pueden ser comparados entre sí, por lo que no es conveniente quedarse con uno solo.

En particular, sería conveniente representar Santiago como una ciudad con una distribución dispareja de trabajos, lugares de estudio y acceso a transporte público, pero para ello se necesita una gran cantidad de datos reales para determinar los itinerarios, orígenes y destinos de estas personas simuladas, y asegurarse que sean representativos de la realidad actual.

Sin embargo, otro de los problemas que dificultan esta evaluación es que los datos de movilidad de la población son difíciles de obtener. La fuente de datos más popular en Chile, la Encuesta Origen Destino, elaborada por el Observatorio Social de la Universidad Alberto Hurtado, se realiza entre cada 5 y 10 años, siendo la del 2012 la más reciente [9]. Desde entonces, mucho ha cambiado en Santiago, como la inauguración de las líneas 3 y 6 [3], el aumento del parque vehicular de 1.621.946 en 2012 a 2.275.397 en 2021 en la Región Metropolitana [5], y es difícil considerar estos cambios dentro de una fuente de datos desactualizada.

3. Objetivos

Objetivo General

El objetivo es instanciar una simulación de la ciudad de Santiago con datos posteriores a 2012 junto a una visualización más accesible que el software de simulación, en una plataforma web. Con esto se busca reproducir el trazado tentativo de la futura línea 9 del Metro y medir su efecto.

Objetivos Específicos

1. Crear una instancia de simulación inicial de Santiago utilizando datos ya disponibles públicamente.
2. Determinar un procedimiento reproducible para obtener un conjunto de datos actualizado de movilidad a partir de trazas de telefonía.
3. Extender la plataforma de simulación utilizada para poder recibir los datos del paso anterior y generar una nueva instancia actualizada con ellos.
4. Implementar una plataforma web que permita interactuar con la simulación de manera sencilla.

Evaluación

El propósito de hacer dos instancias de la simulación de Santiago es compararlas entre ellas. La condición de éxito del trabajo es que en la simulación con datos actualizados los agentes utilicen la infraestructura de transporte que se ha desarrollado después de 2012, comparándolas lado a lado.

Evidentemente, existe una serie de pasos intermedios que también tienen sus propias condiciones de éxito o fracaso, pero se espera que cada uno de los pasos sea reproducible con datos cada vez más actualizados a futuro.

4. Solución Propuesta

Existen varias opciones de plataformas de simulación como MATSim, SimMobility o SUMO. Hay que considerar criterios de extensibilidad y versatilidad de modelos para elegir entre ellos como primera parte del proceso.

Una vez elegido un simulador, se pueden obtener datos desde fuentes públicas como OpenStreetMap para instanciar el trazado de la ciudad [7], y datos de Especificación general de fuentes de transporte público (General Transit Feed Specification o GTFS) del Directorio de Transporte Público Metropolitano [2] para determinar las rutas del transporte público dentro de ella.

Para obtener los datos de movilidad, se puede descargar la base de datos de la Encuesta Origen Destino de Santiago [8] y extraer la información sobre movilidad para el simulador.

Una vez que se tiene la instancia inicial del simulador, se puede proceder a hacer un análisis exploratorio de los datos de telefonía móvil proporcionados por Telefónica para determinar si se puede extraer información de movilidad de ellos, complementados con información de movilidad de otras fuentes como Foursquare.

Estos datos contienen, para cada dispositivo móvil, la hora y la antena de telefonía a la que se conectó en determinado día. Como las antenas son fijas, básicamente la información muestra el área aproximada en que estuvo una persona en un momento del día. A partir de esto, se podría extrapolar un itinerario de los lugares donde estuvo cada persona a lo largo del día.

En caso de que los datos de telefonía disponibles tengan la información y tamaño necesarios, se puede diseñar un procedimiento reproducible utilizando Machine Learning para extraer los datos de movilidad en un formato para simulación.

Para poder utilizar estos datos, será necesario extender la plataforma de simulación elegido para poder leer e interpretar estos datos. Una vez que se carguen, se puede crear una nueva instancia de Santiago utilizando los nuevos datos.

Utilizando esta nueva instancia, se puede editar el trazado de la ciudad para realizar los cambios que se quieran evaluar. En este caso, se agregarán las estaciones tentativas de la línea 9 del Metro.

Finalmente, se utilizará una plataforma web de visualización de datos como deck.gl para poder observar los resultados de la simulación en el navegador, en lugar de tener que utilizar la plataforma de simulación, que puede ser menos amigable para los usuarios.

5. Plan de Trabajo (Preliminar)

1. Evaluar y comparar distintos software de simulación.
2. Una vez elegido, importar datos de Santiago desde OpenStreetMap y la especificación GTFS del DTP Metropolitano.
3. Obtener los datos de la Encuesta Origen Destino e importarlos a la instancia creada.
4. Realizar análisis exploratorio de los datos de telefonía para determinar la factibilidad de extraer información de movilidad.
5. Determinar un modelo de Machine Learning que pueda convertir datos de telefonía a datos de movilidad.
6. Extender la plataforma de simulación para poder recibir los datos nuevos.
7. Crear una nueva instancia de simulación con los datos nuevos.
8. Modificar la instancia con el trazado de la línea 9, y otros posibles cambios de infraestructura que se quieran evaluar.
9. Exportar los resultados de simulación de ambas instancias y compararlos.
10. Desarrollar la visualización web con deck.gl.

Referencias

- [1] Balmer, Michael: *Travel demand modeling for multi-agent transport simulations: Algorithms and systems*. Tesis de Doctorado, ETH Zurich, 2007.
- [2] Directorio de Transporte Público Metropolitano: *GTFS vigente*. <https://www.dtpm.cl/index.php/gtfs-vigente>. Fecha de consulta: 2022-09-26.
- [3] Gobierno De Chile: *Comenzó la marcha blanca de la Línea 6 del Metro de Santiago ¡Beneficiará a más de un millón de personas!* <https://www.gob.cl/noticias/comenzo-la-marcha-blanca-de-la-linea-6-del-metro-de-santiago-beneficiara-a-mas-de> Fecha de consulta: 2022-09-25.
- [4] Helbing, Dirk y Stefano Balietti: *How to Do Agent-Based Simulations in the Future: From Modeling Social Mechanisms to Emergent Phenomena and Interactive Systems Design*. Technical Report 11-06-024, Julio 2015.
- [5] Instituto Nacional de Estadísticas: *Parque de vehículos*. <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/transporte-y-comunicaciones/permiso-de-circulacion>. Fecha de consulta: 2022-09-26.
- [6] Instituto Nacional de Estadísticas: *Síntesis de Resultados Censo 2017*. <http://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf>. Fecha de consulta: 2022-09-25.
- [7] OpenStreetMap: *Relación: Región Metropolitana de Santiago (198848)*. <https://www.openstreetmap.org/relation/198848>. Fecha de consulta: 2022-09-26.
- [8] SECTRA: *Encuestas de Movilidad*. http://www.sectra.gob.cl/encuestas_movilidad/encuestas_movilidad.htm. Fecha de consulta: 2022-09-26.
- [9] Universidad Alberto Hurtado, Observatorio Social: *Actualización y recolección de información del sistema de transporte urbano, IX Etapa: Encuesta Origen Destino Santiago 2012*. <http://www.sectra.gob.cl/biblioteca/detalle1.asp?mfn=3253>. Fecha de consulta: 2022-09-25.
- [10] Waddell, Paul y Gudmundur Ulfarsson: *Introduction to Urban Simulation: Design and Development of Operational Models*, volumen 5, páginas 204–236. Enero 2004.