

Análisis de datos del sistema de transporte público de Montevideo

Workshop Interdisciplinario sobre Movilidad y Transporte
FCEA, Montevideo, Uruguay - 5 de junio de 2019

Renzo Massobrio – renzom@fing.edu.uy
Facultad de Ingeniería, Universidad de la República

Agenda

1. Introducción
2. Análisis de datos del sistema de transporte público
3. Estimación de matrices origen-destino (OD)
4. Estimación de tiempos de viaje
5. Conclusiones y trabajo futuro

Introducción

Transporte público y ciudades inteligentes

El **transporte público** juega un rol central en la vida de las ciudades. La incorporación de tecnología en la infraestructura de las ciudades **genera grandes volúmenes de datos**.

Transporte público y ciudades inteligentes

El **transporte público** juega un rol central en la vida de las ciudades. La incorporación de tecnología en la infraestructura de las ciudades **genera grandes volúmenes de datos**.

Montevideo

En 2010, se introduce el Sistema de Transporte Metropolitano (STM). Nuevas fuentes de datos urbanos para caracterizar la **movilidad**.

Transporte público y ciudades inteligentes

El **transporte público** juega un rol central en la vida de las ciudades. La incorporación de tecnología en la infraestructura de las ciudades **genera grandes volúmenes de datos**.

Montevideo

En 2010, se introduce el Sistema de Transporte Metropolitano (STM). Nuevas fuentes de datos urbanos para caracterizar la **movilidad**.

Objetivo

Caracterizar la movilidad en transporte público en Montevideo a través del análisis de datos urbanos.

Características del STM

- Ómnibus equipados con dispositivos GPS.
- Introducción de la tarjeta STM.
- Sistema **tap-in**: pasajeros validan la tarjeta STM **solamente al ascender al ómnibus**.

Características del STM

- Ómnibus equipados con dispositivos GPS.
- Introducción de la tarjeta STM.
- Sistema **tap-in**: pasajeros validan la tarjeta STM **solamente al ascender al ómnibus**.

Fuentes de datos

- Datos abiertos: líneas, paradas y horarios.
- Convenio IM: GPS de ómnibus y ventas con tarjetas STM (2015).

Características del STM

- Ómnibus equipados con dispositivos GPS.
- Introducción de la tarjeta STM.
- Sistema **tap-in**: pasajeros validan la tarjeta STM **solamente al ascender al ómnibus**.

Fuentes de datos

- Datos abiertos: líneas, paradas y horarios.
- Convenio IM: GPS de ómnibus y ventas con tarjetas STM (2015).

Análisis de datos del sistema de transporte público

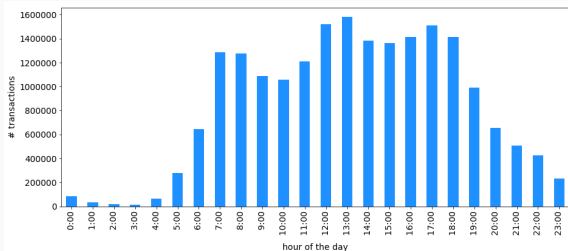
Estadísticas del uso de la tarjeta STM

Caso de estudio: mayo de 2015 (~ 20 millones de ventas).

- + **97 %** utiliza la tarjeta STM de forma personal.
- Transacciones promedio: **2.78** (por día activo) y **30.65** (al mes).
- **56 %** de viajes directos y **40 %** con un trasbordo.
- Tramos en promedio: **1.37** vs. **1.5** (encuesta de movilidad 2016).

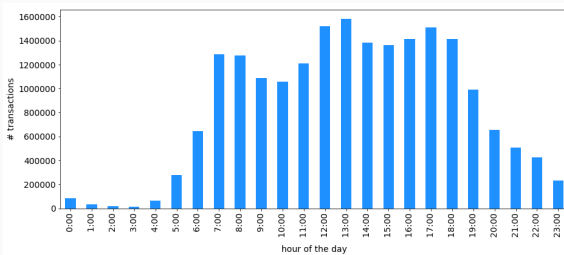


Análisis temporal - transacciones por hora del día

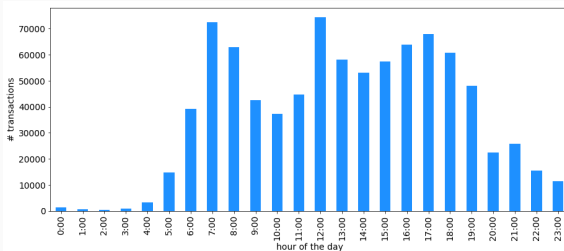


Estimación datos ITS (mayo 2015)

Análisis temporal - transacciones por hora del día

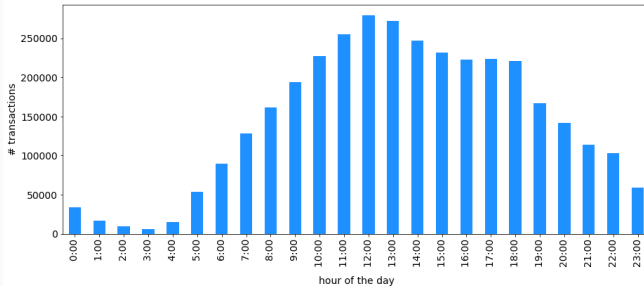


Estimación datos ITS (mayo 2015)



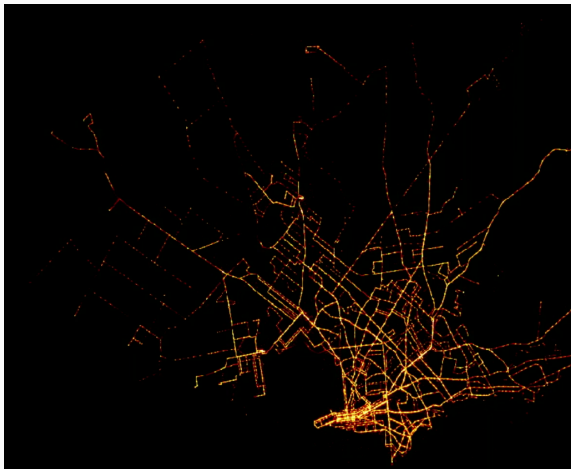
Encuesta de movilidad (2016)

Análisis temporal - transacciones por hora del día

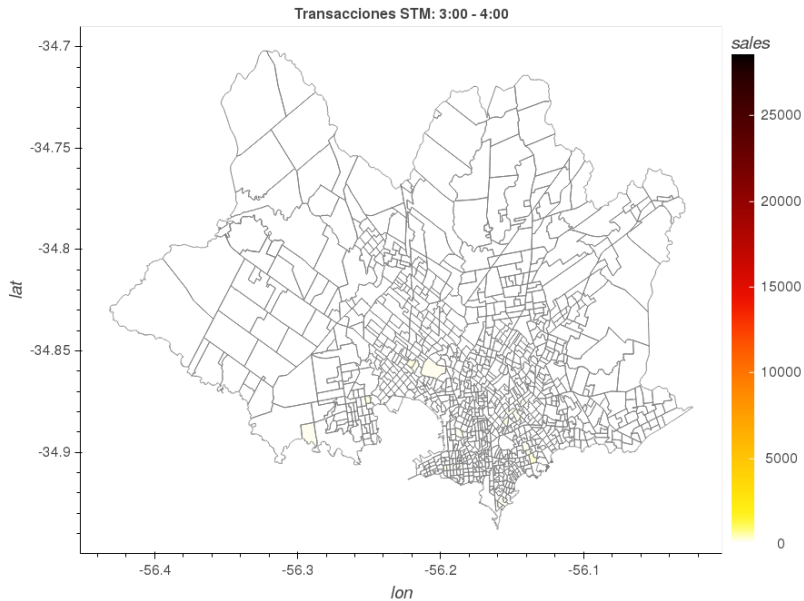


Estimación datos ITS: fines de semana mayo 2015

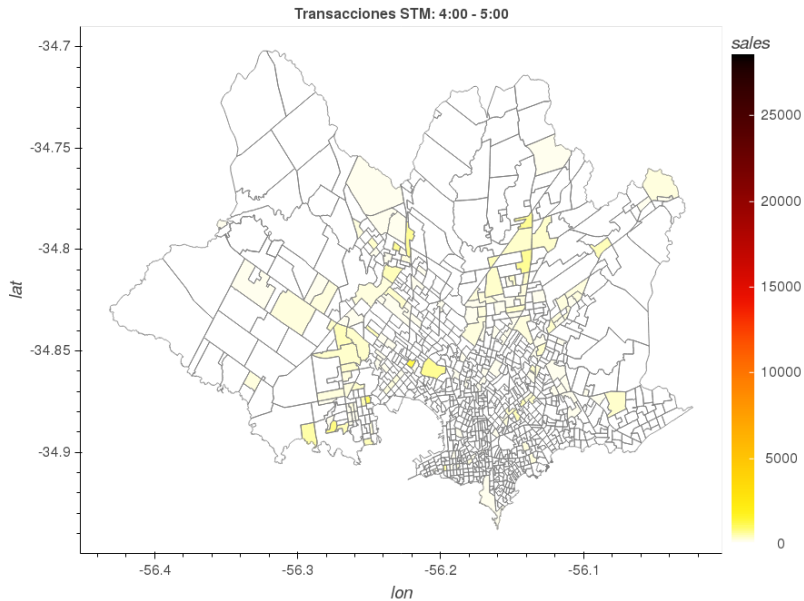
Análisis espacial - un mes de transacciones (~20 M)



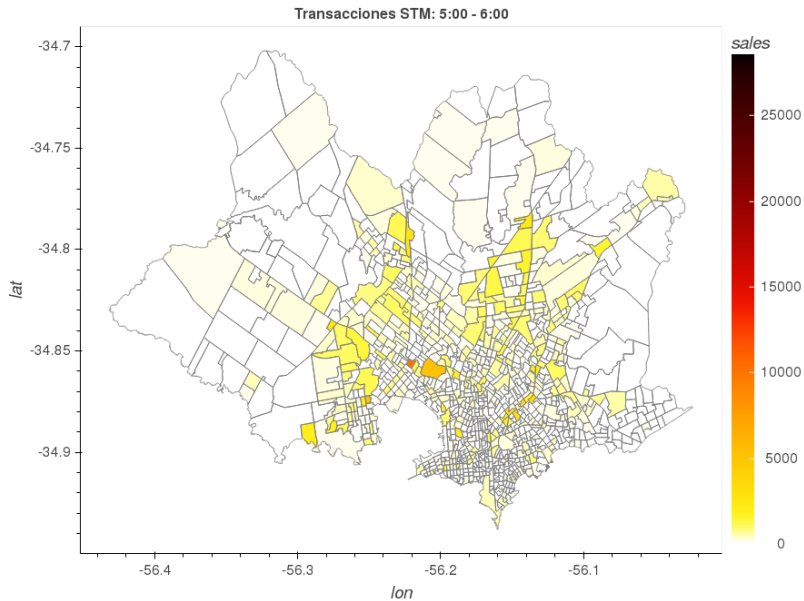
Análisis espaciotemporal



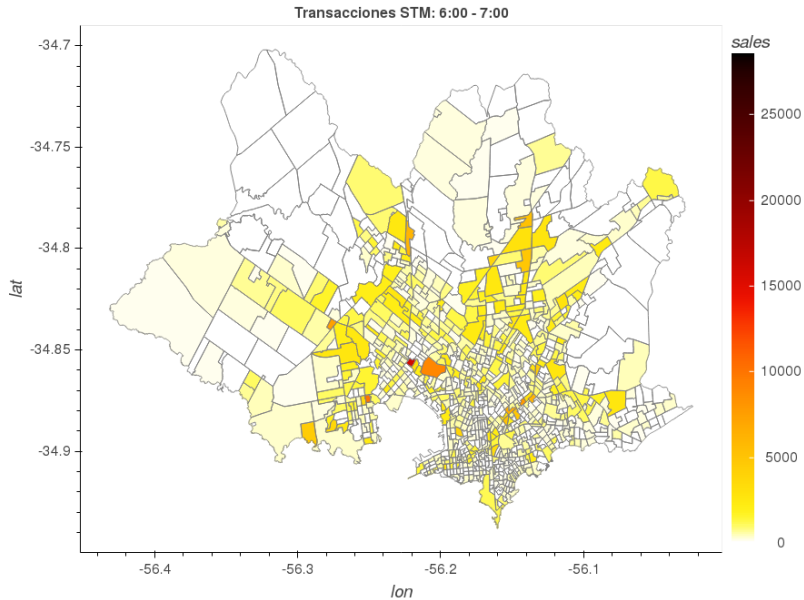
Análisis espaciotemporal



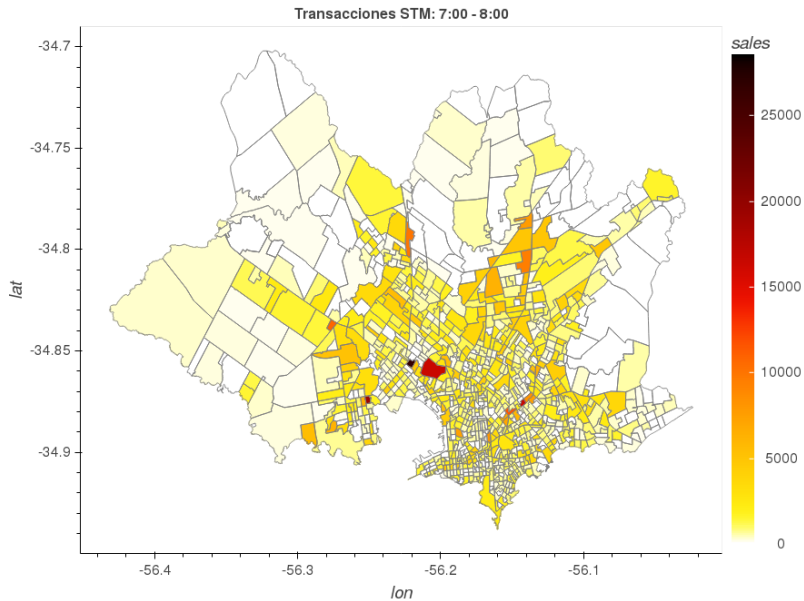
Análisis espaciotemporal



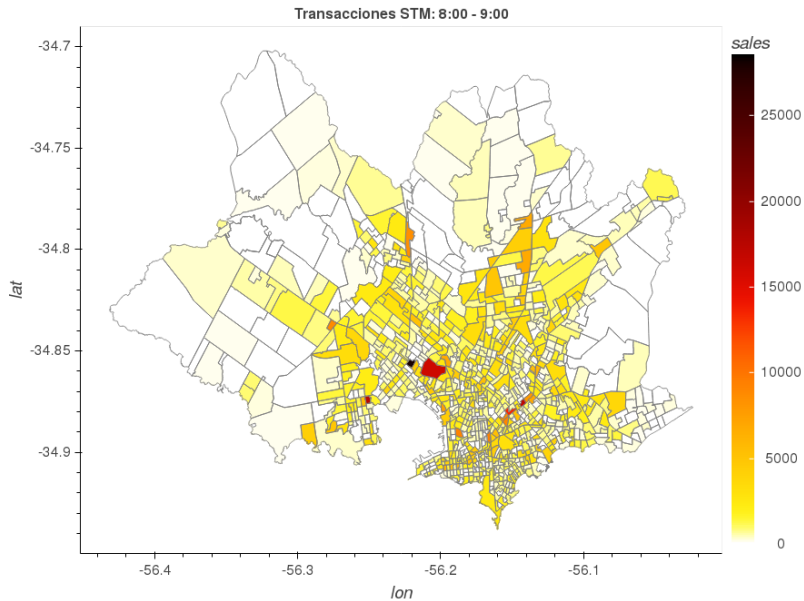
Análisis espaciotemporal



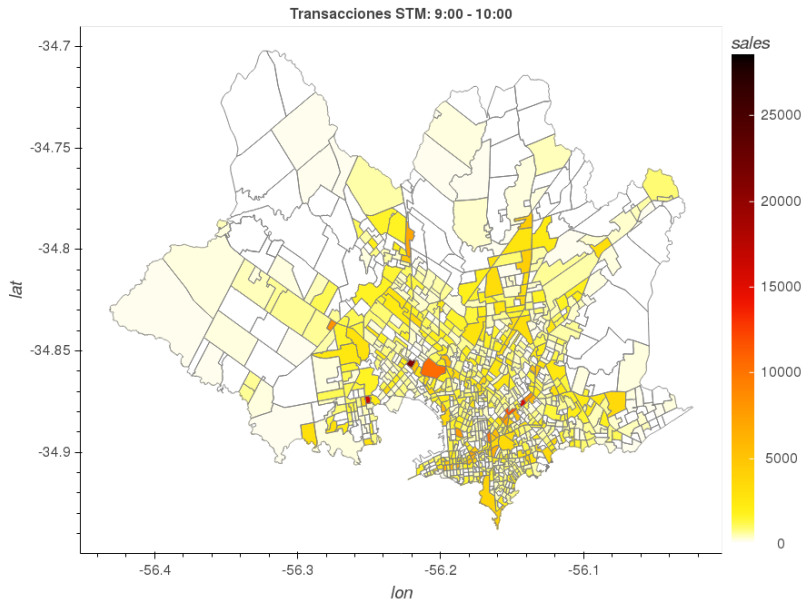
Análisis espaciotemporal



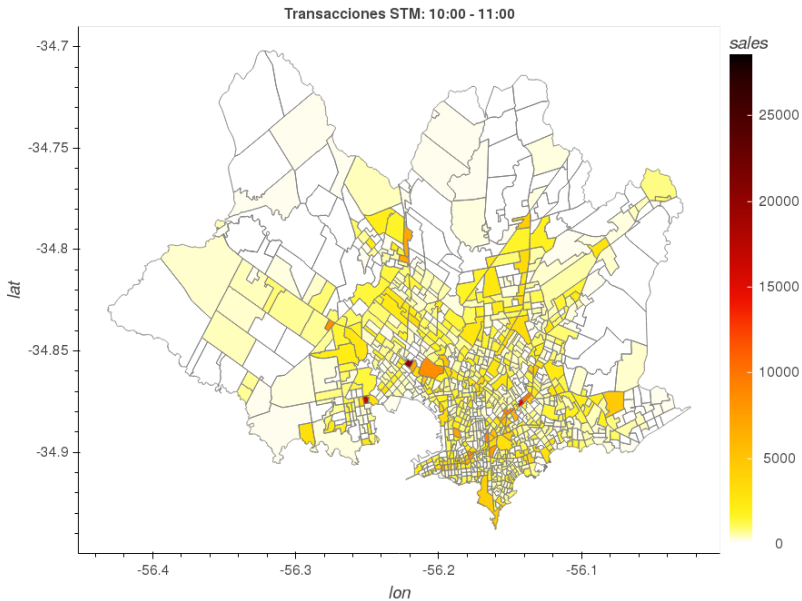
Análisis espaciotemporal



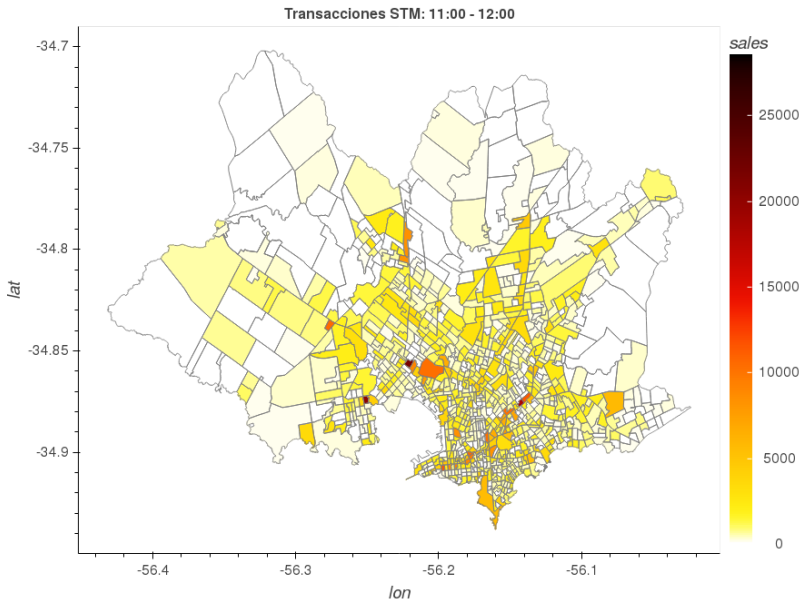
Análisis espaciotemporal



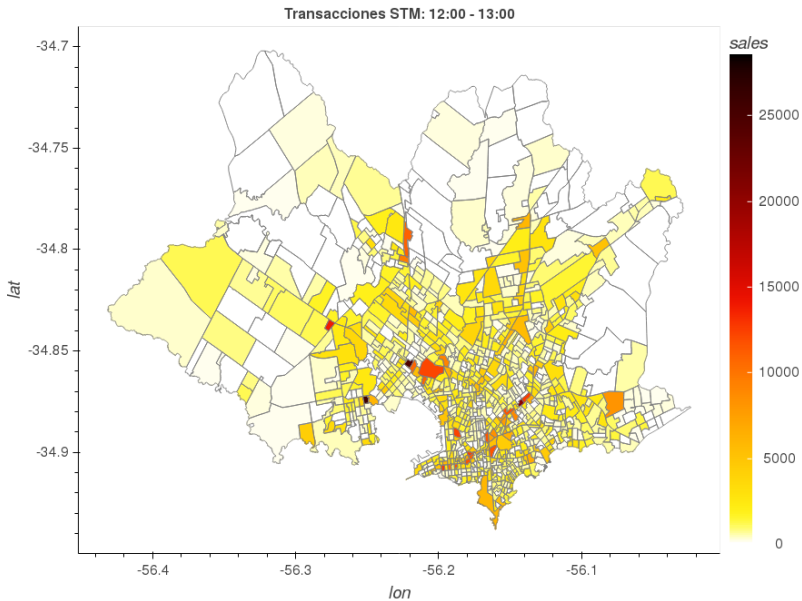
Análisis espaciotemporal



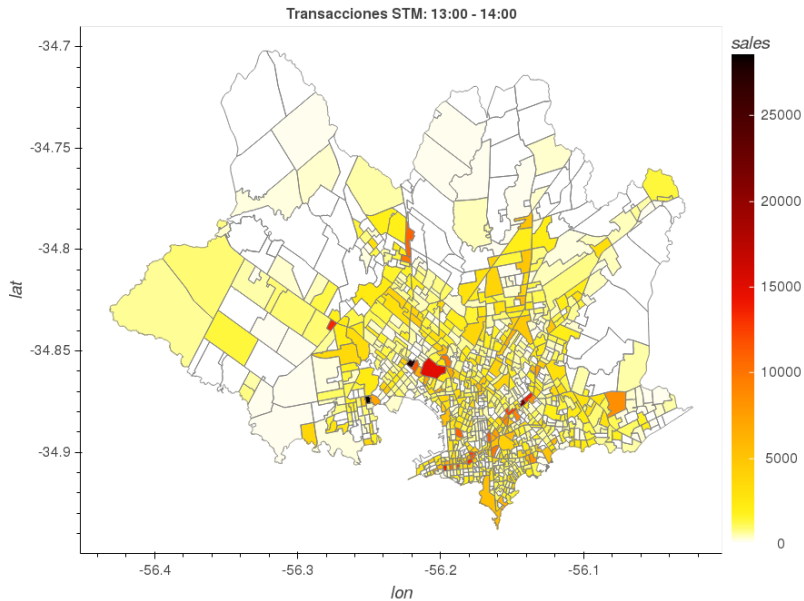
Análisis espaciotemporal



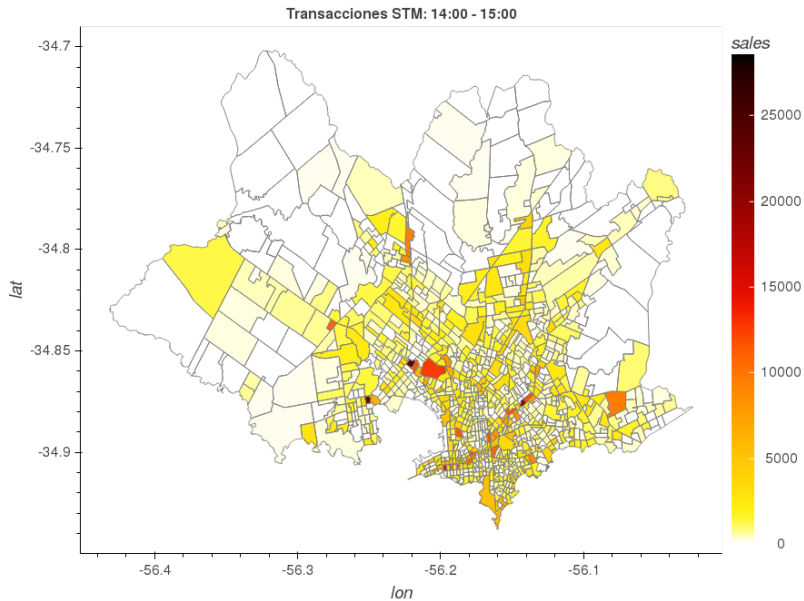
Análisis espaciotemporal



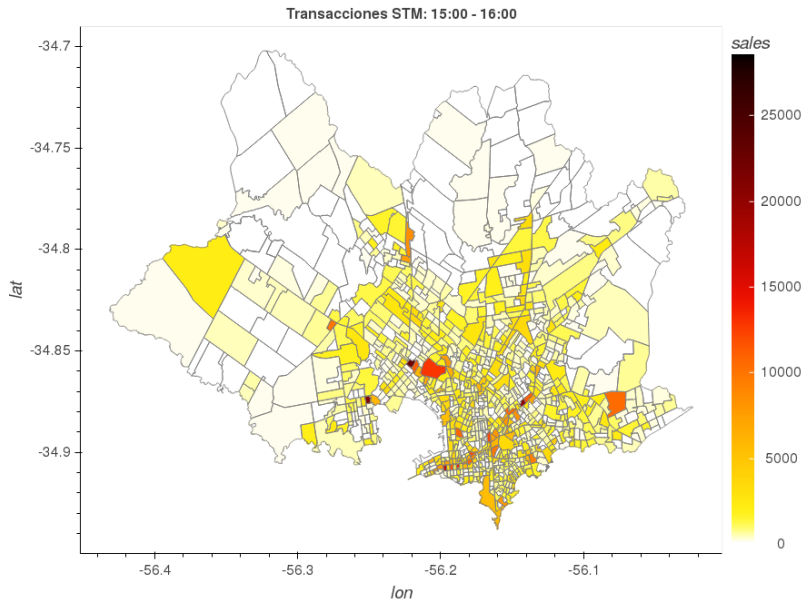
Análisis espaciotemporal



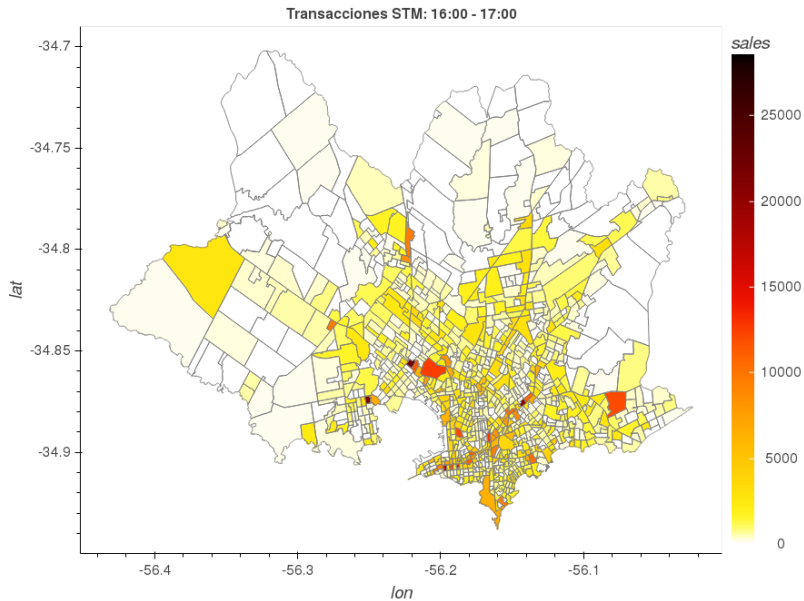
Análisis espaciotemporal



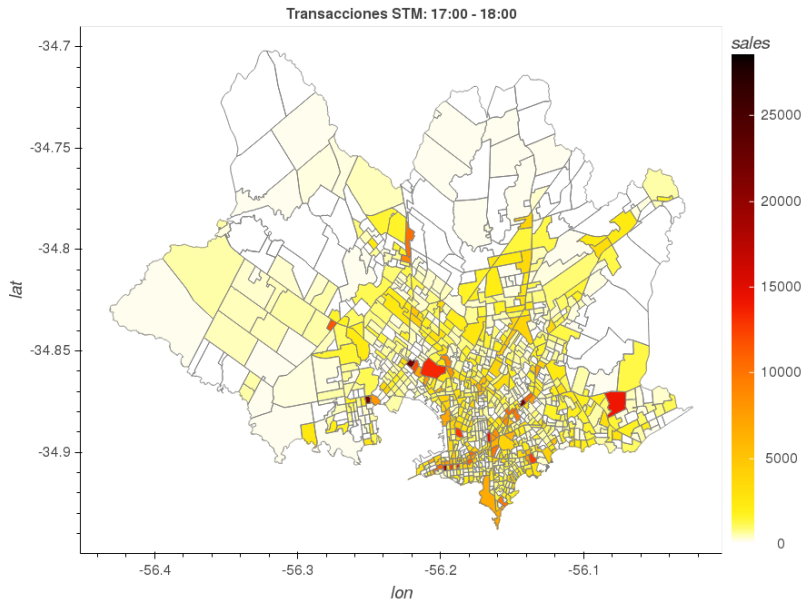
Análisis espaciotemporal



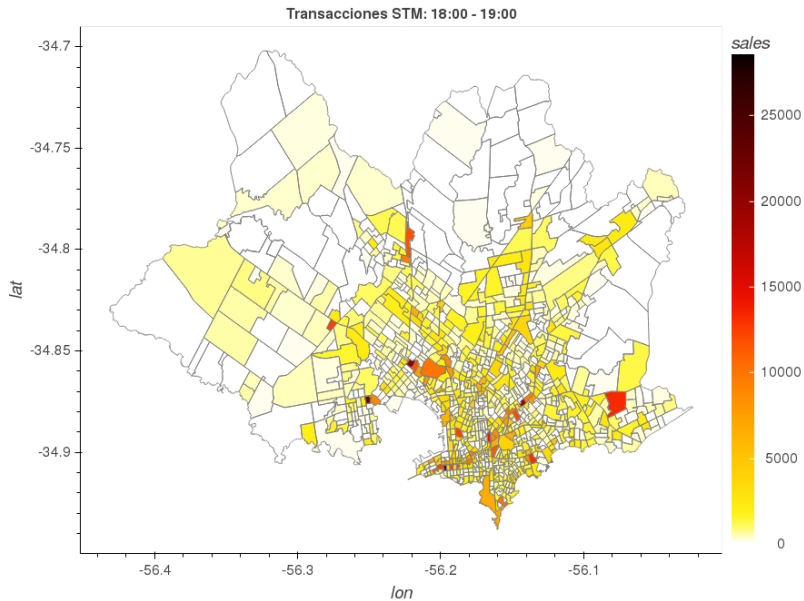
Análisis espaciotemporal



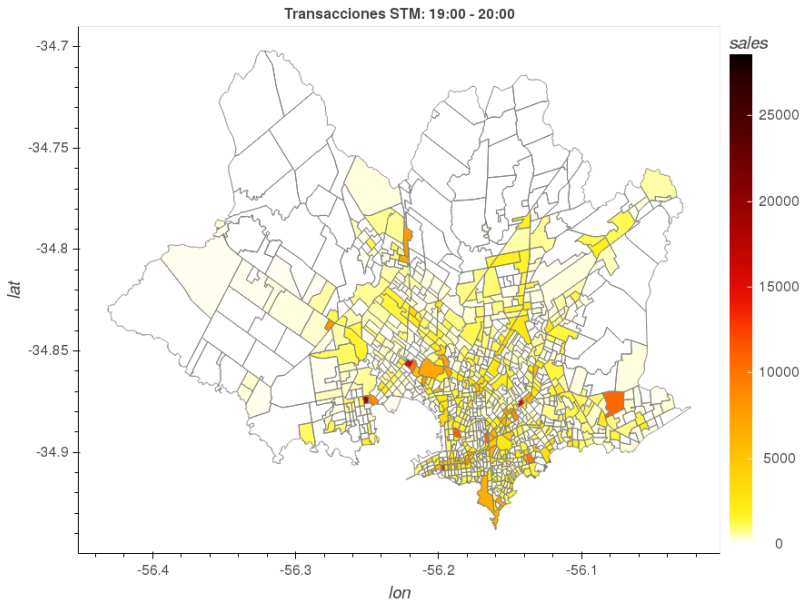
Análisis espaciotemporal



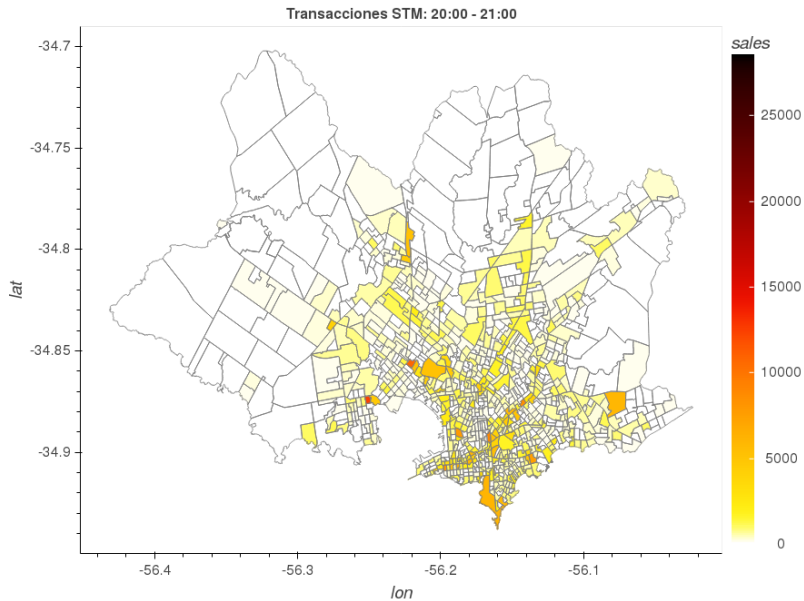
Análisis espaciotemporal



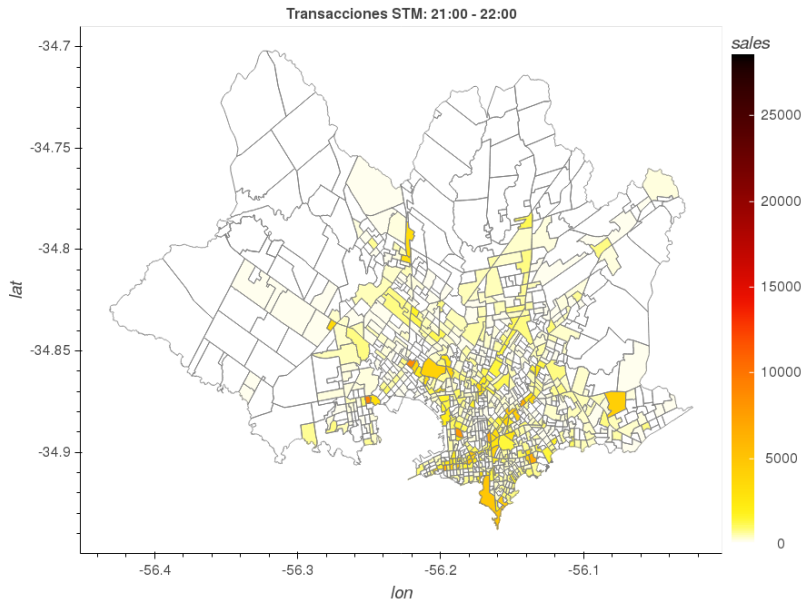
Análisis espaciotemporal



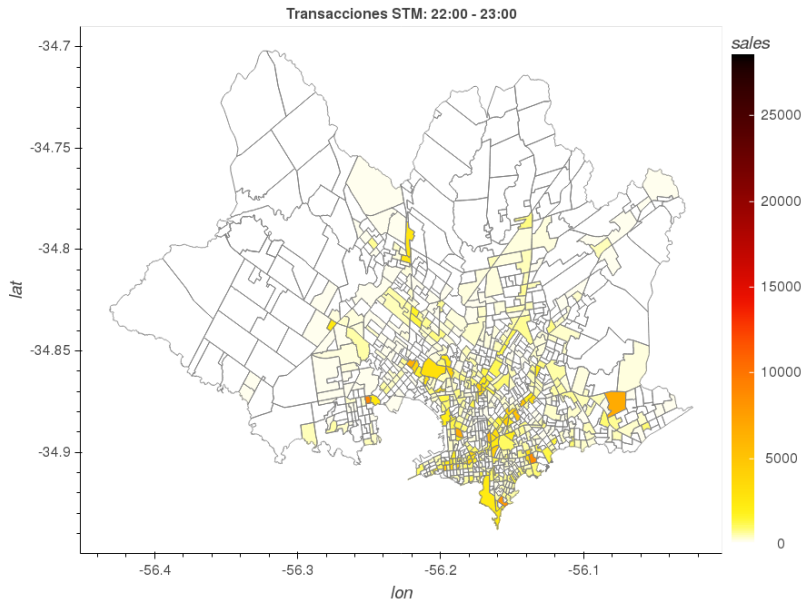
Análisis espaciotemporal



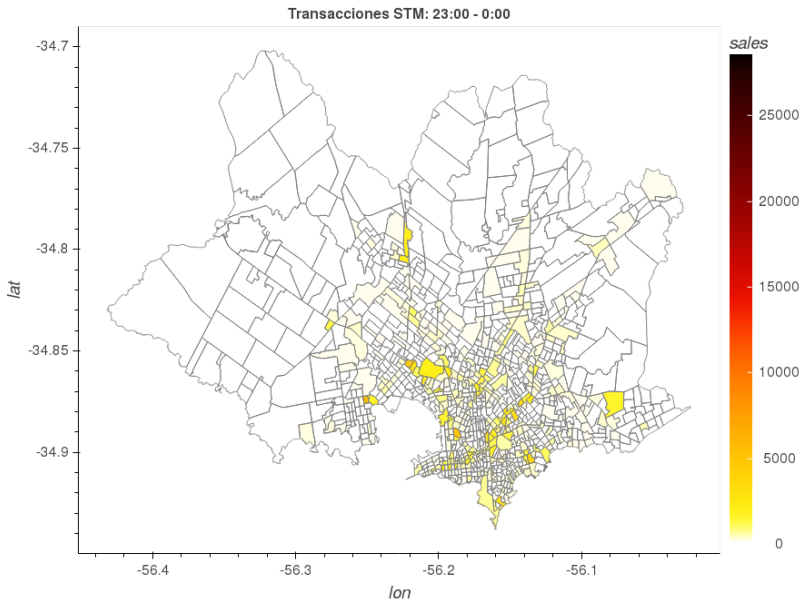
Análisis espaciotemporal



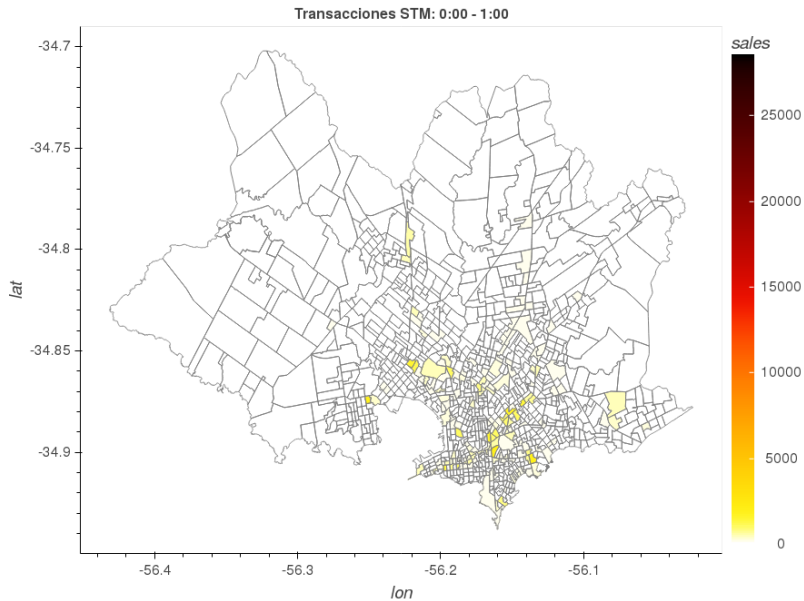
Análisis espaciotemporal



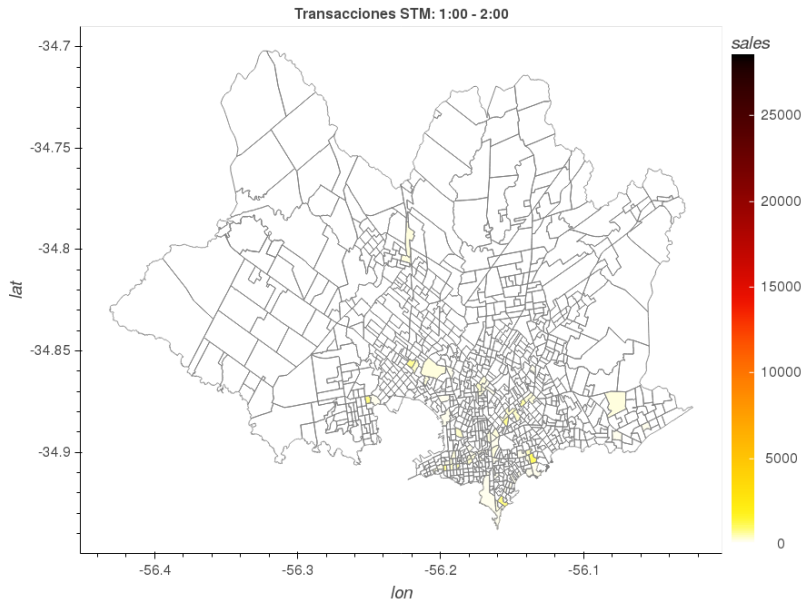
Análisis espaciotemporal



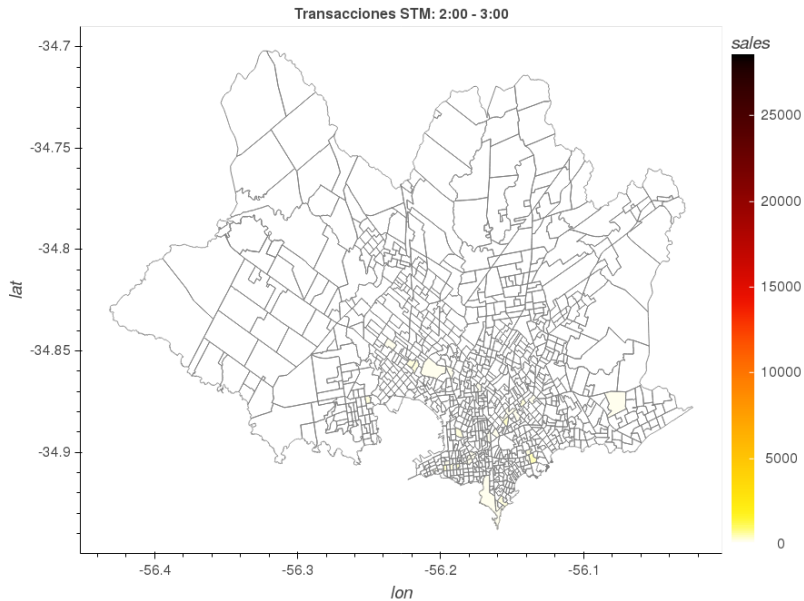
Análisis espaciotemporal



Análisis espaciotemporal



Análisis espaciotemporal



Estimación de matrices origen-destino (OD)

Estimación de matrices OD

Inferir destinos en base a información histórica. Se asume:

1. el origen de un nuevo viaje es “cercano” al destino del anterior.
2. al final del día, los pasajeros regresan al origen del primer viaje.

Estimación de matrices OD

Inferir destinos en base a información histórica. Se asume:

1. el origen de un nuevo viaje es “cercano” al destino del anterior.
2. al final del día, los pasajeros regresan al origen del primer viaje.

Resultados experimentales

- Estimación del **81.62 %** de los destinos (+**9.49 M** de pares OD).
- Matrices OD a nivel de paradas, segmentos censales y municipios.

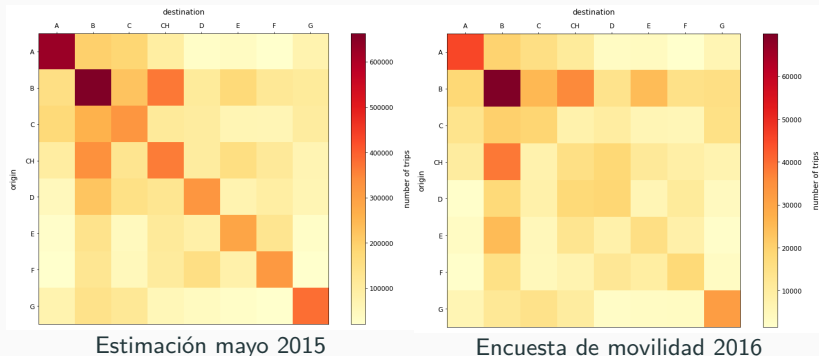
Estimación de matrices OD

Inferir destinos en base a información histórica. Se asume:

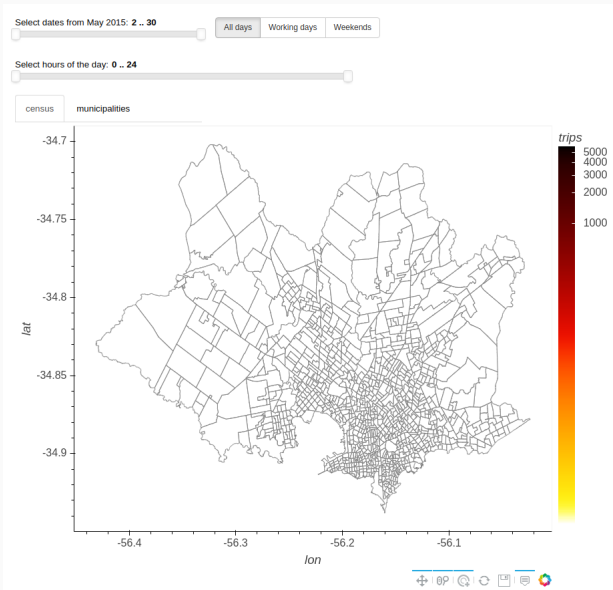
1. el origen de un nuevo viaje es “cercano” al destino del anterior.
2. al final del día, los pasajeros regresan al origen del primer viaje.

Resultados experimentales

- Estimación del **81.62 %** de los destinos (+**9.49 M** de pares OD).
- Matrices OD a nivel de paradas, segmentos censales y municipios.



Herramienta de visualización de matrices OD



Estimación de tiempos de viaje

Estimación de tiempos de viaje

Objetivo

Tiempo estimado de viaje entre segmentos censales considerando:

- caminatas directas entre segmentos
- caminata hacia la parada
- tiempo de espera del ómnibus
- viajes directos en ómnibus
- viajes con trasbordos (incluyendo caminata entre paradas)

Estimación de tiempos de viaje

Objetivo

Tiempo estimado de viaje entre segmentos censales considerando:

- caminatas directas entre segmentos
- caminata hacia la parada
- tiempo de espera del ómnibus
- viajes directos en ómnibus
- viajes con trasbordos (incluyendo caminata entre paradas)

Modelo propuesto

Construcción de un grafo + algoritmo de camino más corto.

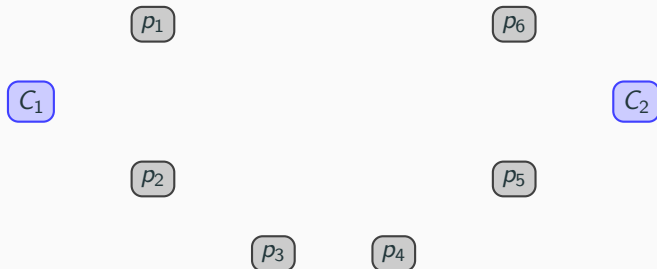
- Nodos: centroides y paradas de bus.
- Aristas: ponderadas (tiempo de viaje). Dos tipos:
 - Caminatas: tiempo caminando entre nodos (OSM).
 - Bus: promedio de espera + viaje (horarios teóricos).

Ejemplo de grafo

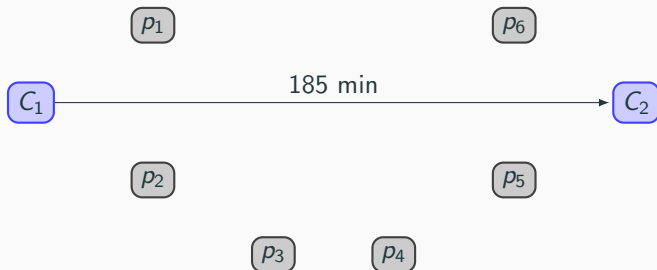
C_1

C_2

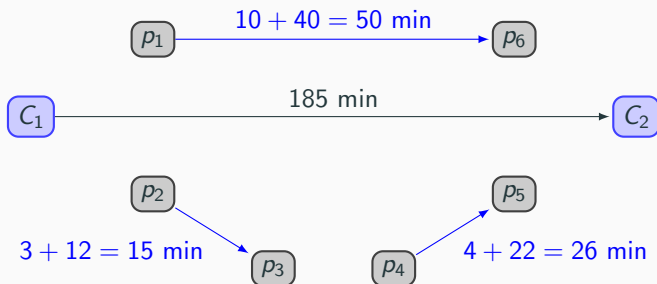
Ejemplo de grafo



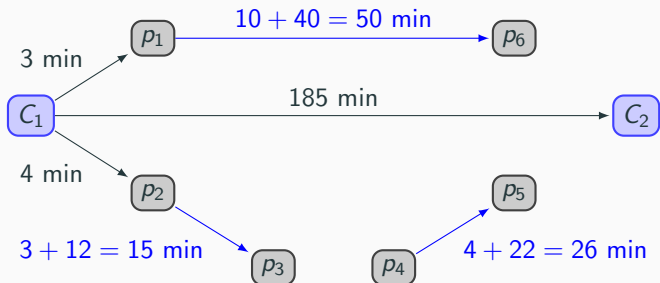
Ejemplo de grafo



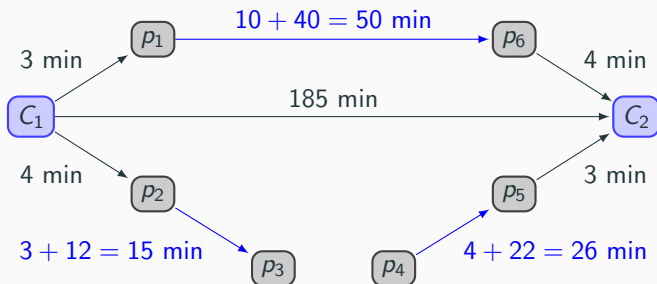
Ejemplo de grafo



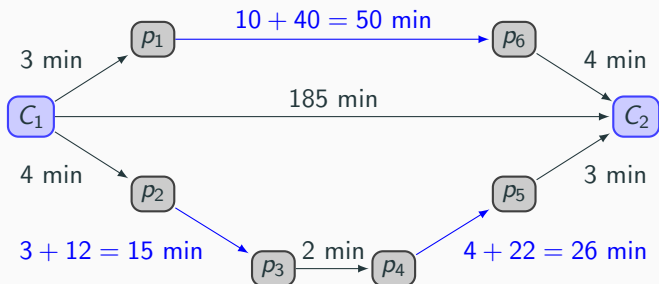
Ejemplo de grafo



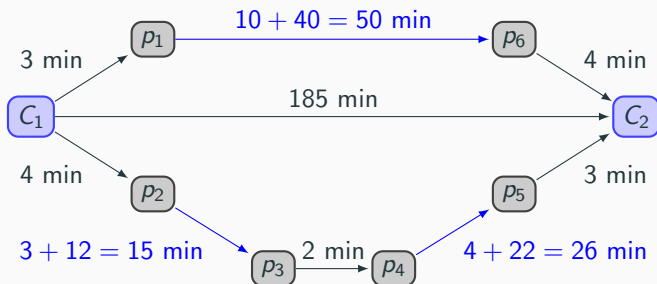
Ejemplo de grafo



Ejemplo de grafo

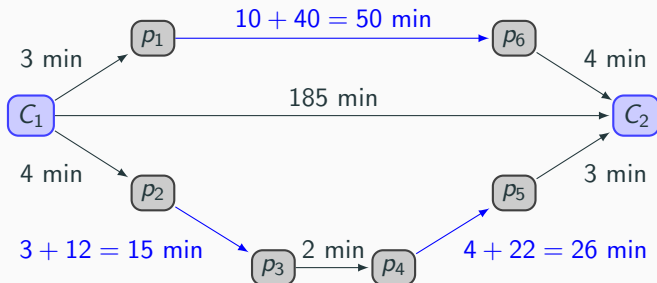


Ejemplo de grafo



Algoritmo de camino más corto sobre el grafo completo: $t_{C_1, C_2}^{bus} = 50\text{min}$

Ejemplo de grafo



Algoritmo de camino más corto sobre el grafo completo: $t_{C_1, C_2}^{bus} = 50\text{min}$

Restricciones:

- Hasta dos trasbordos.
- Tiempos máximos de caminatas.
- Se descartan líneas con tiempos de viaje elevados.

Matriz de tiempos

- Grafo: $\sim 30\text{K}$ nodos y $\sim 3,2\text{M}$ aristas.
- Cálculo de $T_{1063 \times 1063}^{\text{bus}}$: dos días de cómputo en *ClusterUy*.

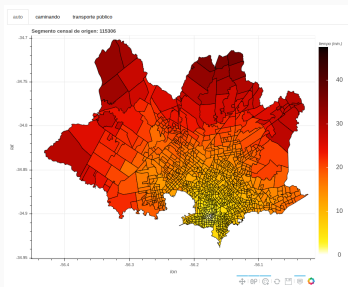
Resultados experimentales

Matriz de tiempos

- Grafo: $\sim 30\text{K}$ nodos y $\sim 3,2\text{M}$ aristas.
- Cálculo de $T_{1063 \times 1063}^{\text{bus}}$: dos días de cómputo en *ClusterUy*.

Comparación contra otras fuentes

- Cómo Ir: ~ 8 minutos de diferencia en promedio.
- Encuesta de movilidad: ~ 11 minutos de diferencia en promedio.



Conclusiones y trabajo futuro

Conclusiones

- Disponibilidad de datos urbanos para entender la movilidad.
- El análisis de datos como herramienta para extraer información.
- Importancia de mantener los métodos tradicionales (p.ej., encuestas)

Conclusiones

- Disponibilidad de datos urbanos para entender la movilidad.
- El análisis de datos como herramienta para extraer información.
- Importancia de mantener los métodos tradicionales (p.ej., encuestas)

Trabajo futuro

- Utilizar datos actualizados del STM.
- Expandir matrices OD con datos de ventas sin tarjeta STM.
- Utilizar datos GPS para refinar estimaciones de tiempos de viaje.

Matrices OD: www.fing.edu.uy/~renzom/msc

Tiempos de viaje: www.fing.edu.uy/~renzom/tt_bus



Massobrio, R. (2018).
Urban mobility data analysis in Montevideo, Uruguay.
M.Sc. thesis, Universidad de la República.



Massobrio, R., Hernández, D., and Hansz, M. (en revisión).
Travel time estimation for public transportation systems.
In High Performance Computing Latin America, pages 1–15.



Massobrio, R., Nesmachnow, S., Tchernykh, A., Avetisyan, A., and Radchenko, G. (2018).
Towards a cloud computing paradigm for big data analysis in smart cities.
Programming and Computer Software, 44(3):181–189.



Nesmachnow, S., Baña, S., and Massobrio, R. (2017).
A distributed platform for big data analysis in smart cities: combining intelligent transportation systems and socioeconomic data for montevideo, uruguay.
EAI Endorsed Transactions on Smart Cities, 2(5):1–18.



Fabbiani, E., Vidal, P., Massobrio, R., and Nesmachnow, S. (2017).
Distributed Big Data Analysis for Mobility Estimation in Intelligent Transportation Systems.
In Hernández, C. J. B., Gitler, I., and Klapp, J., editors, High Performance Computing: Third Latin American Conference, pages 146–160. Springer.



Massobrio, R., Pías, A., Vázquez, N., and Nesmachnow, S. (2016).
Map-reduce for processing GPS data from public transport in Montevideo, Uruguay.
In 45^oJornadas Argentinas de Informática, pages 41–54.



Massobrio, R. and Nesmachnow, S. (2016).
Análisis de datos de movilidad del transporte público de monteideo.
In XIX Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano, pages 1–11.



Nesmachnow, S., Massobrio, R., Cristóbal, A., and Tchernykh, A. (2018).
Planificación de transporte urbano en ciudades inteligentes.
In I Congreso Iberoamericano de Ciudades Inteligentes, pages 1–15.



Denis, J., Massobrio, R., Nesmachnow, S., Cristóbal, A., Tchernykh, A., and Meneses, E. (2019).
Parallel computing for processing data from intelligent transportation systems.
In 10th International Supercomputing Conference in Mexico, pages 1–15.

¡Gracias por su atención!

¿Preguntas?

Renzo Massobrio

`renzom@fing.edu.uy | www.fing.edu.uy/~renzom`