

# A VERY LONG-TERM MODEL OF THE CITY: VLT-LUT

## 21° CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE

FRANCISCO MARTÍNEZ CONCHA

PEDRO DONOSO

RICARDO DE LA PAZ GUALA

DANIEL MARTÍNEZ

LEONEL GUTIÉRREZ

UNIVERSIDAD DE CHILE

MARTES 24 DE OCTUBRE, 2023

# MOTIVACIÓN

“La ciudad del mañana depende de las decisiones de hoy”  
La necesidad de entender mejor la complejidad de la ciudad

- Entender las dinámicas a largo plazo de las ciudades
- Modelos actuales abordan mediano plazo (20 años)
- Largo plazo: de 100 a 300 años o una población de 1 a 30 millones

## Preguntas clave

- Crecimiento urbano: ¿está contenido?
- Transporte: ¿cómo cambian los tiempos de viaje?
- Aglomeración y segregación: ¿existen patrones?
- Crecimiento del valor del suelo: ¿ocurre siempre? ¿cómo?

# VLT-LUT: THE VERY LONG-TERM LAND USE AND TRANSPORT MODEL

## INPUTS EXÓGENOS

Población: Saltos incrementales

Ciudad: Zonas cuadradas etiquetadas como rurales o urbanas

Transporte: Red de transporte privado; Funciones de congestión BRP

## MODELO

Uso de suelo & Transporte: Modelos logit

Desarrollo urbano: Modelo económico discreto y estocástico

Oferta: Desarrolladores producen propiedades por zona según máximo profit

Localización: Funciones de postura por tipo de agente considerando acceso, densidad, construcción, densidad y terreno, según equilibrio estocástico

Viajes: Matriz OD de viajes diarios según modelo de restricción doble de entropía

Tráfico: Modelo Markoviano de equilibrio estocástico de tráfico

Expansión urbana: Uso rural y urbano compiten en cada zona

## DINÁMICA

Memoria en la oferta de propiedades

Evolución del límite urbano

Patrones de localización de agentes

Population Increment  
Model Step

Agents' Population  
Demog & Firmog  
Hh & Firms

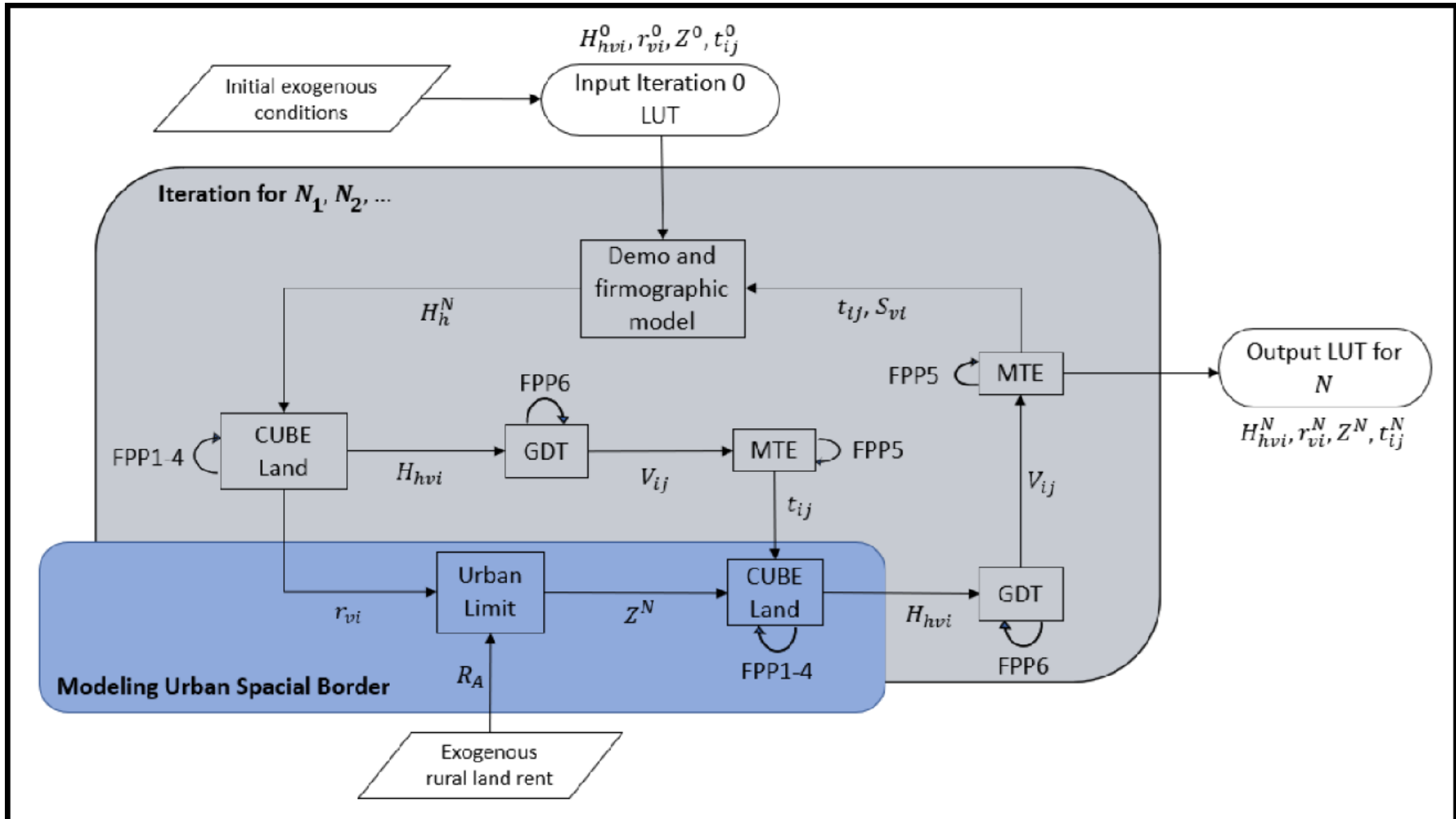
Land-Use  
Cube-Land  
Equilibrium

OD Trips  
GDT  
Entropy

Traffic  
MTE  
Stochastic Route Assign.

Urban Sprawl  
City size  
Land auction

# ALGORITMO VLT-LUT



# SIMULACIÓN EN UNA CIUDAD ARTIFICIAL

## CONSIDERACIONES GENERALES

### CONTEXTO

Incrementos poblacionales de 2 millones de habitantes (de 1 a 29 millones)

400 zonas cuadradas

3 grupos residenciales (por ingreso), 1 comercial y 1 industrial a proporción constante

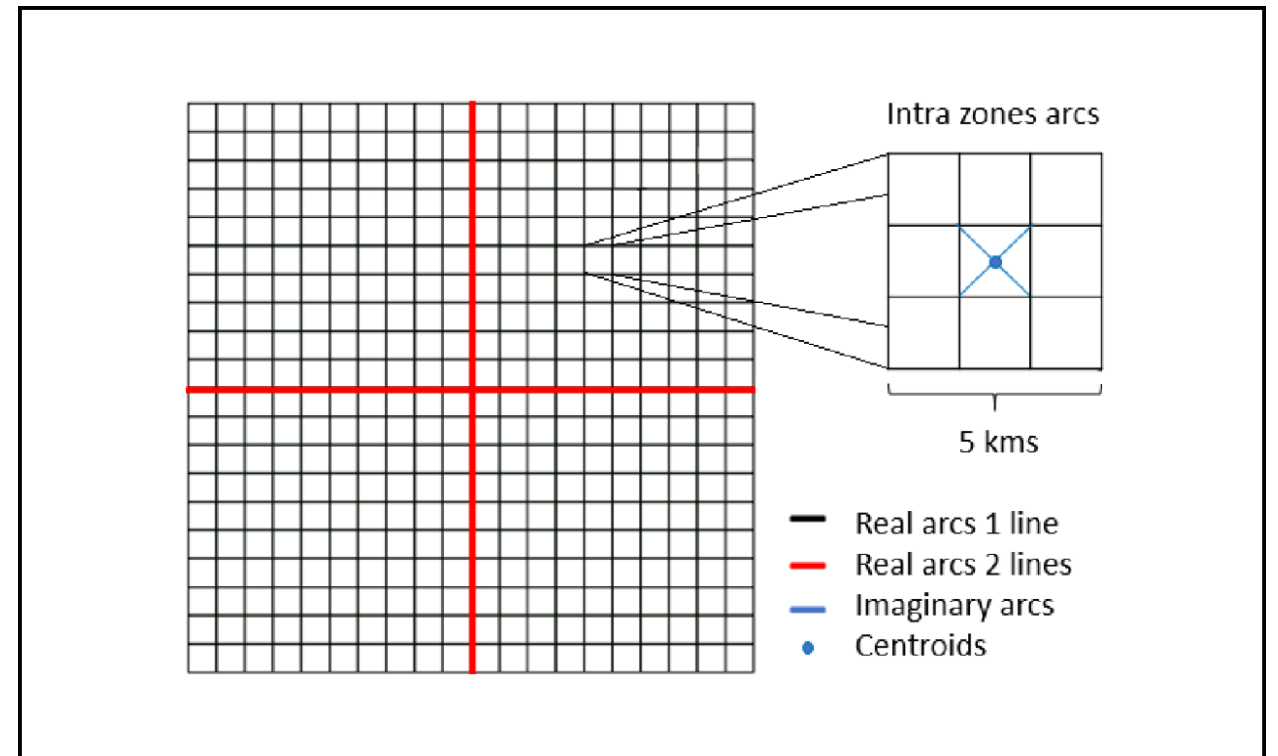
5 tipos de propiedades

### CONDICIONES INICIALES

Localización homogénea de agentes

16 zonas urbanas en el centro

Red de transporte homogénea con autopista central en cruz



# SIMULACIÓN EN UNA CIUDAD ARTIFICIAL

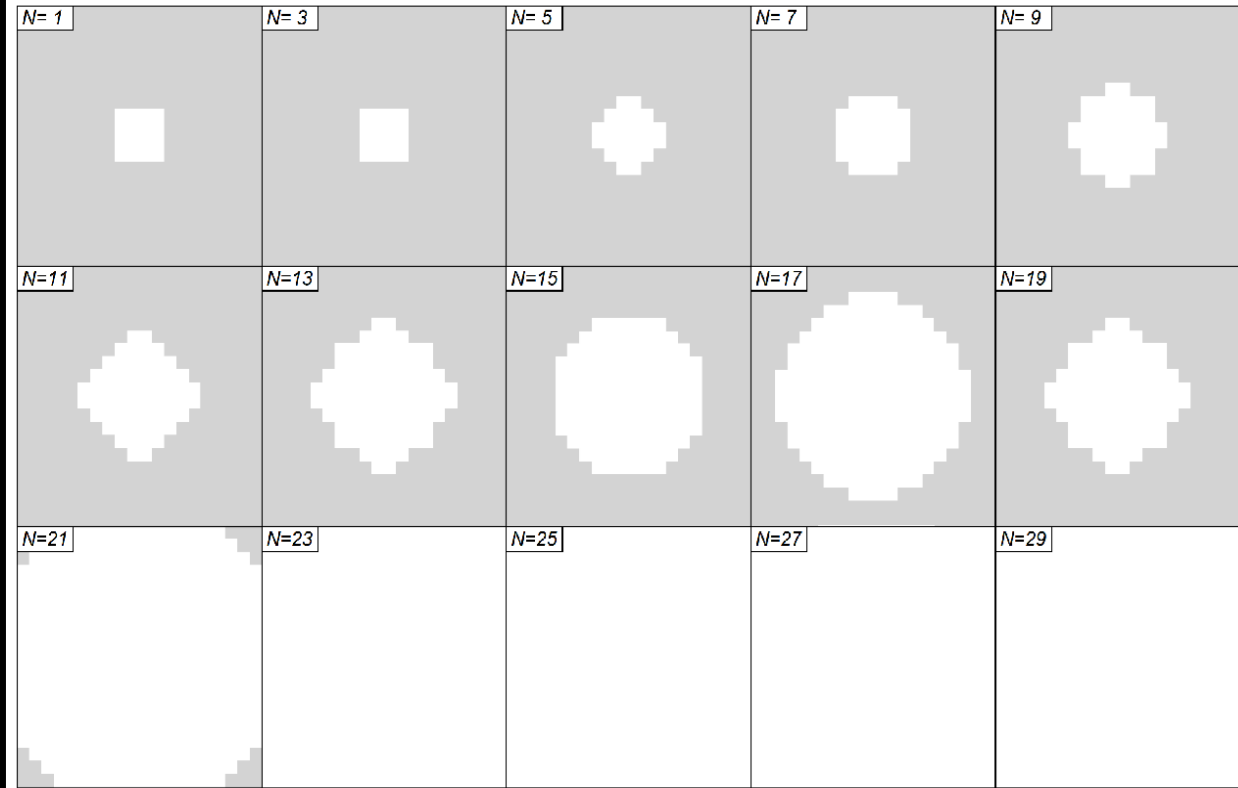
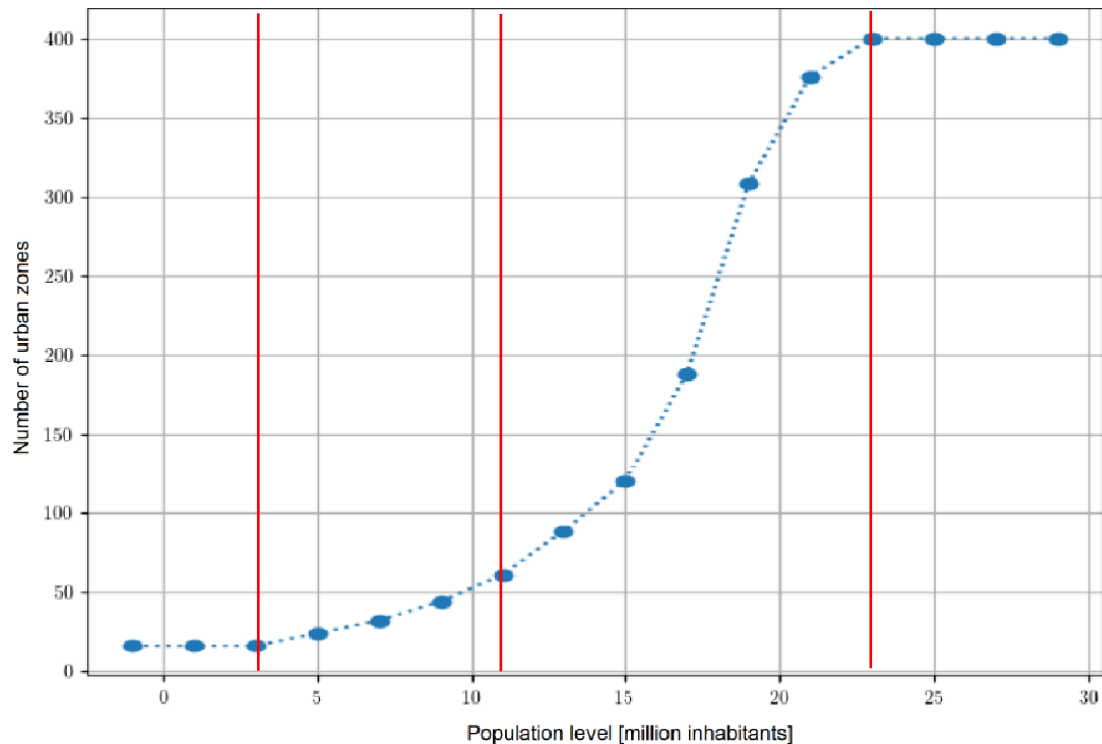
## TIPOS DE AGENTES Y TIPOS DE PROPIEDADES

<i>h</i>	characteristic	label
1	low-income home	residential
2	mid-income home	residential
3	high-income home	residential
4	industry	non-residential
5	commerce	non-residential

<i>v</i>	characteristic
1	small house
2	big house with yard
3	apartment/office
4	commercial store
5	large land lot

# SIMULACIÓN EN UNA CIUDAD ARTIFICIAL

## EXPANSIÓN URBANA: 4 FASES

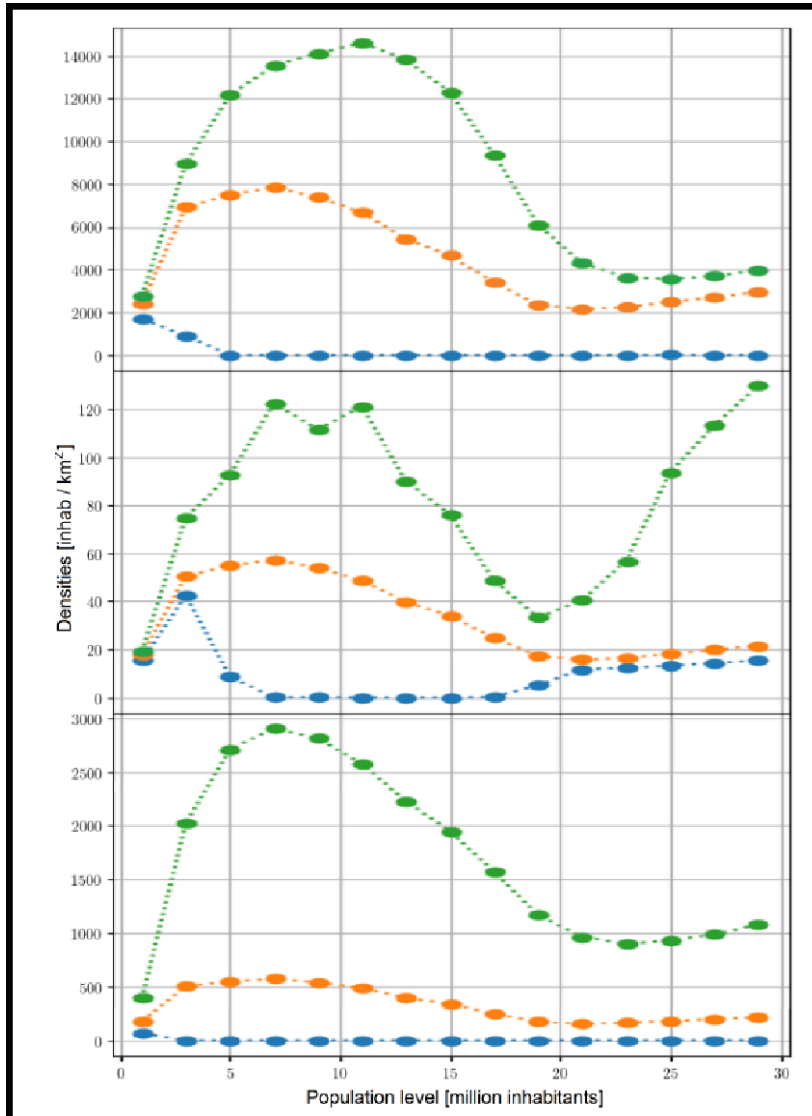


**OBS: La ciudad, en total de zonas urbanas, se expande no linealmente en 4 fases: constante, lento, rápido y constante. Especialmente, crece radialmente y sutilmente respecto a la autopista**

# SIMULACIÓN EN UNA CIUDAD ARTIFICIAL

## EVOLUCIÓN DE DENSIDADES

Residenciales



Industria

Comercio

Residentes siguen un rápido incremento, luego lento, una caída rápida y finalmente estabilidad

Industria tiene 3 peaks

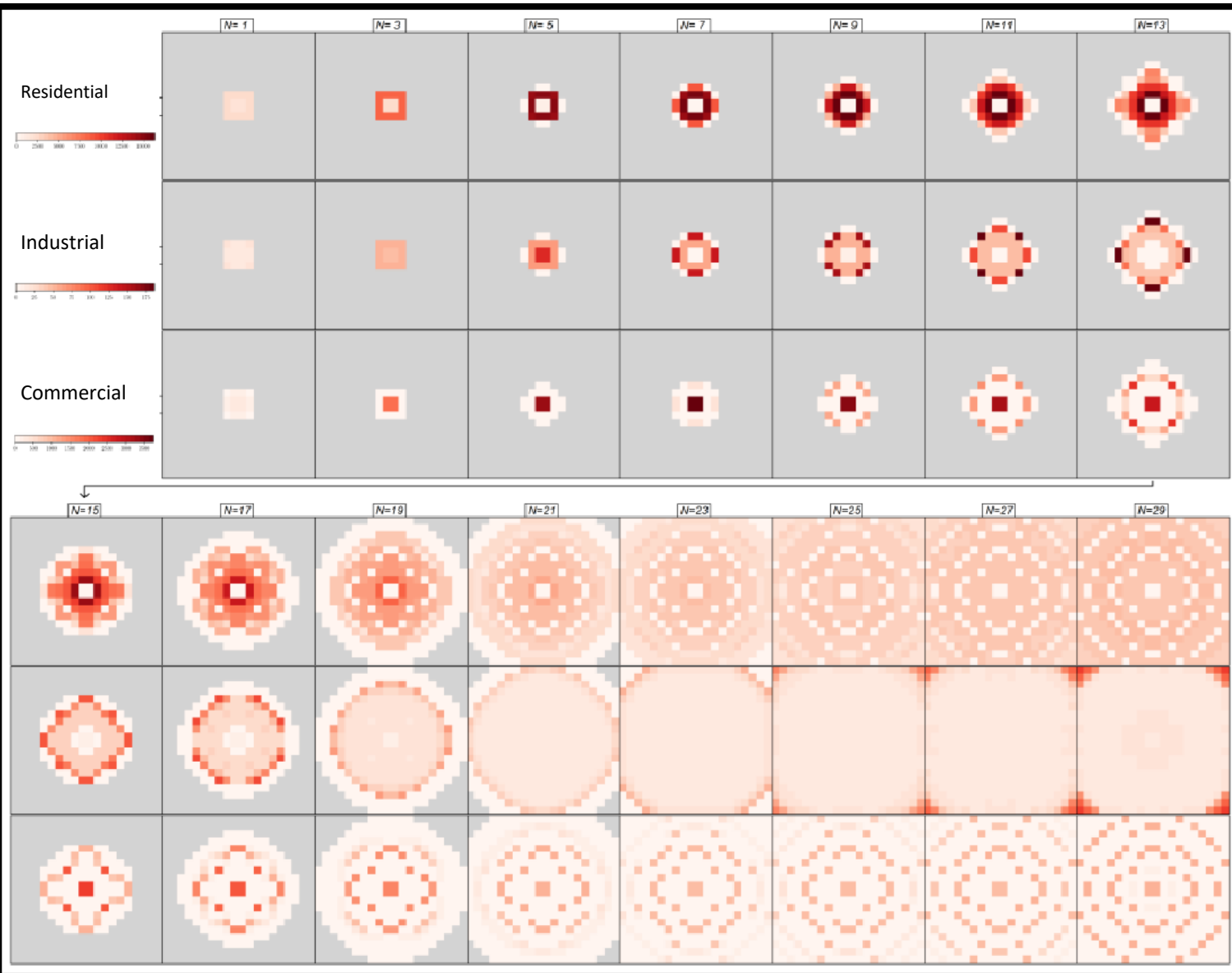
Comercio alcanza un único peak, antes de los otros

**En general: Las densidades siguen un incremento rápido hasta que la competencia urbana sobrepasa la rural, luego crecen lentamente mientras se sigue expandiendo la ciudad, para luego estabilizarse cuando la ciudad se satura (no puede expandirse más)**



# SIMULACIÓN EN UNA CIUDAD ARTIFICIAL

## DENSIDADES ESPACIALES



Residentes tienden a ubicarse alrededor del centro y la autopista

Industria se mueve al anillo exterior

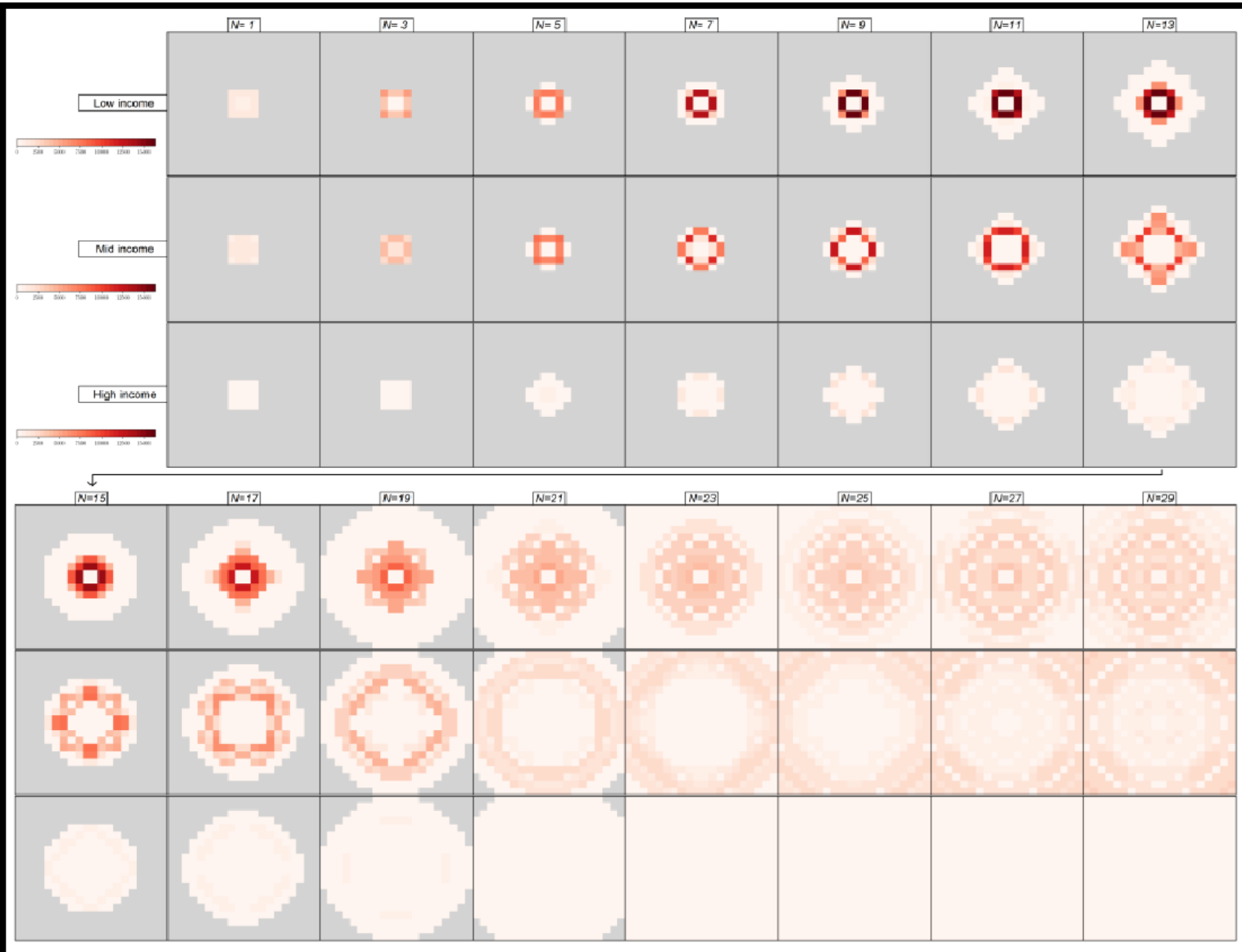
Comercio domina al centro, ubicándose en anillos concéntricos y hotspots

Residenciales y comercio se intercalan en anillos

**OBS:** Se aprecia un patrón de segregación a pesar de las atractividades asociadas a las posturas, resultado de las competencias entre tipos de agentes por los tipos de propiedades

# SIMULACIÓN EN UNA CIUDAD ARTIFICIAL

## MIGRACIÓN DE RESIDENTES



Ingresos bajos en el anillo central

Ingresos medios en segundo anillo y alrededor de autopista

Ingresos altos en anillo exterior

**OBS: El patrón de segregación es causa únicamente de la competencia con diferentes disposiciones a pagar, no a especulación de la oferta, siguiendo diferencias socioeconómicas**

# SIMULACIÓN EN UNA CIUDAD ARTIFICIAL

## OFERTA: DENSIDADES DE PROPIEDADES

Las densidades de las ofertas de los 5 tipos de propiedad presentan patrones similares:

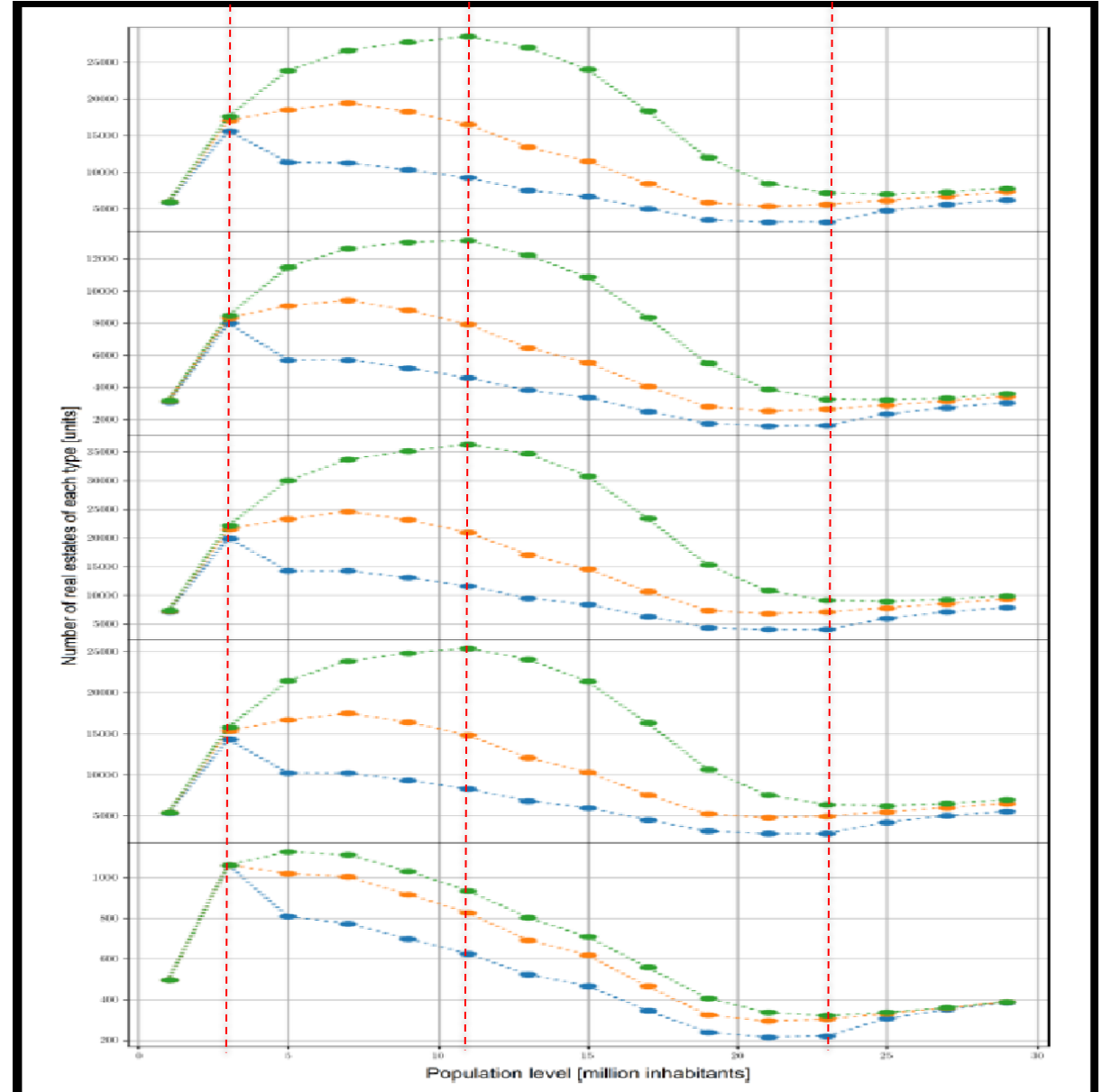
Homogéneas antes de la expansión rápida

Peaks durante la expansión rápida

Inmediata caída brusca

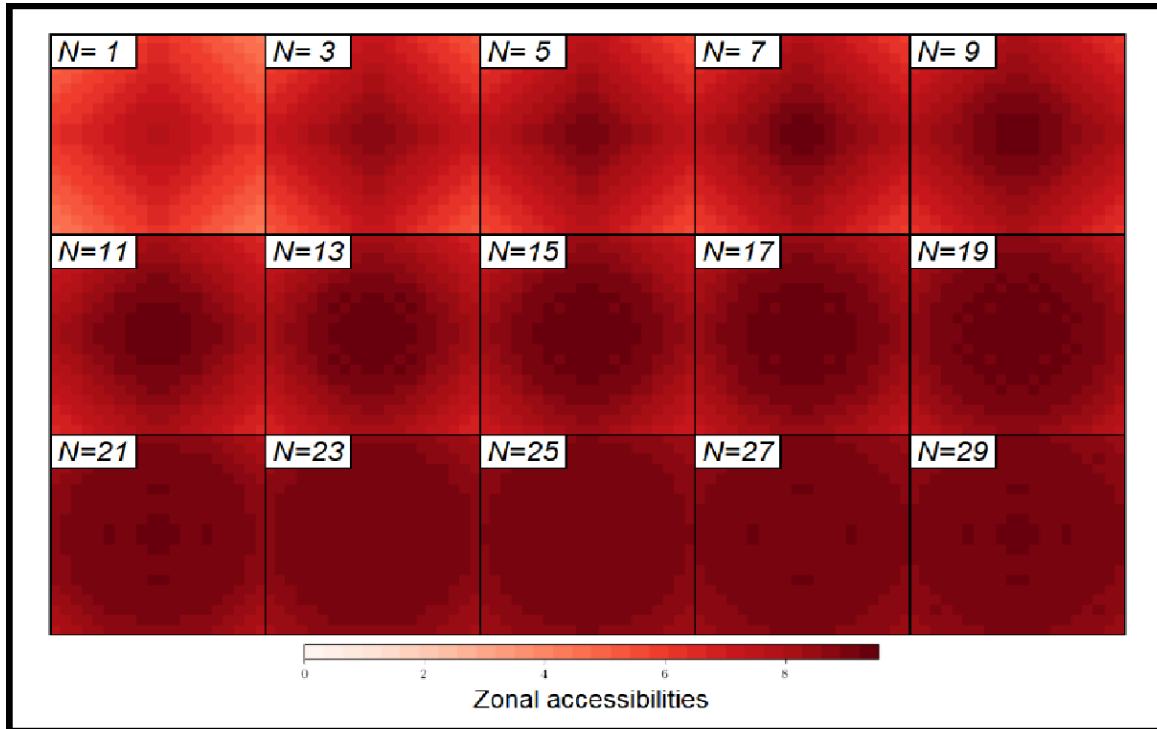
Homogéneas y estables al final

Propiedades grandes decaen antes que el resto

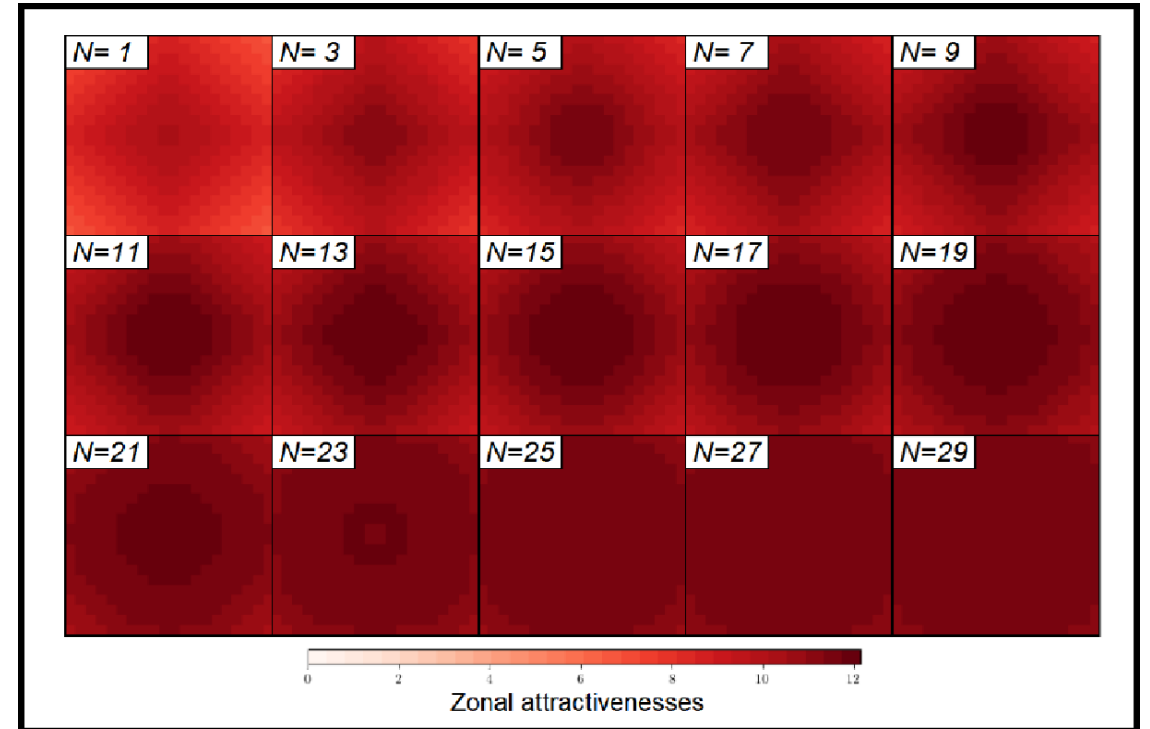


# SIMULACIÓN EN UNA CIUDAD ARTIFICIAL

## ACCESIBILIDAD



## ATRACTIVIDAD



Combina efectos de densidad y de tiempos de viaje

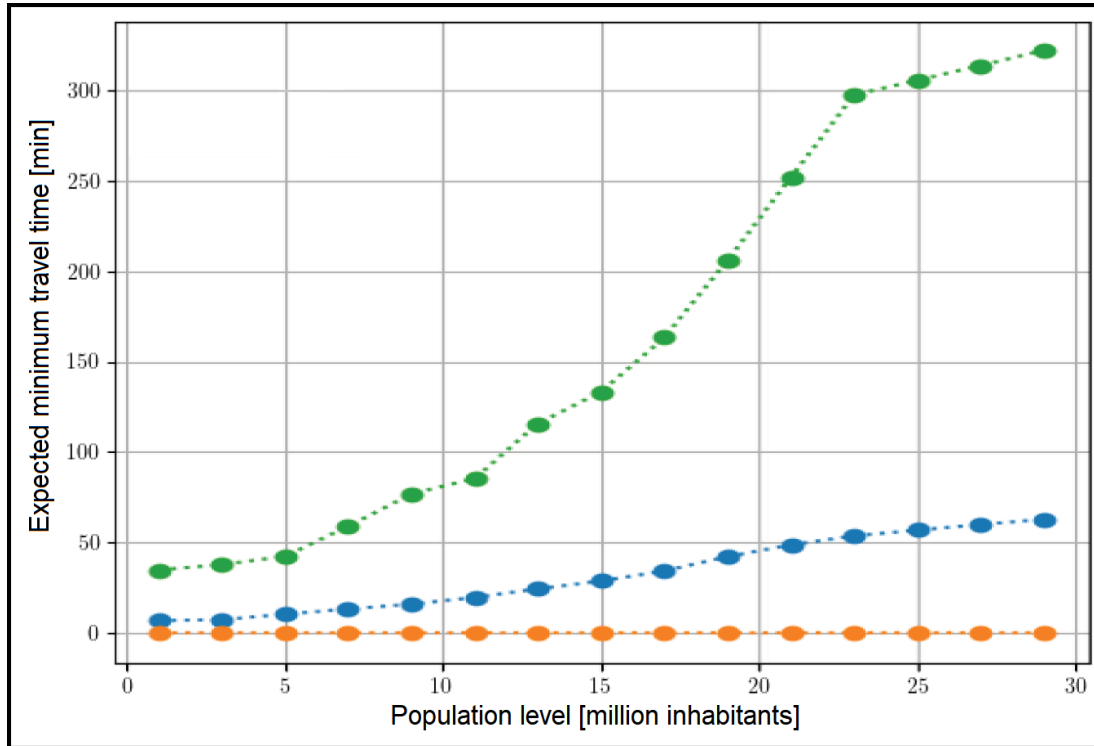
Se calculan para zonas urbanas y rurales

Tienen patrón monocéntrico y desarrollo respecto a la autopista

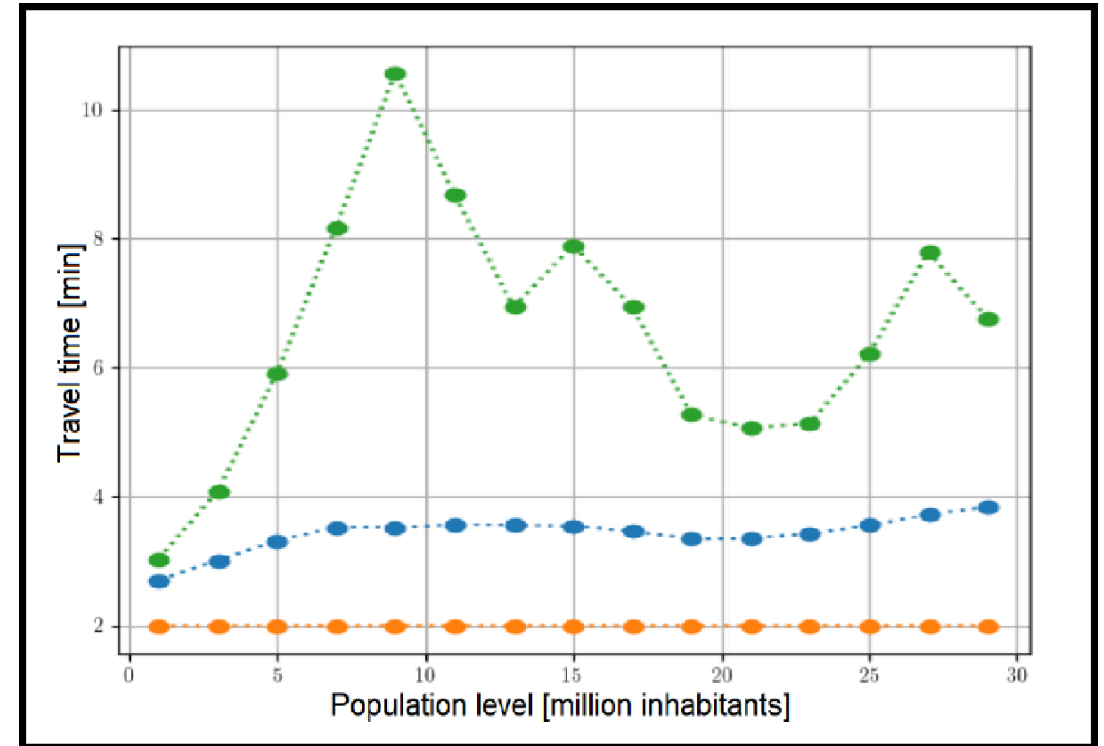
# SIMULACIÓN EN UNA CIUDAD ARTIFICIAL

## TIEMPOS DE VIAJE

### TIEMPO ESPERADO ENTRE PARES OD



### TIEMPO DE VIAJE EN ARCOS



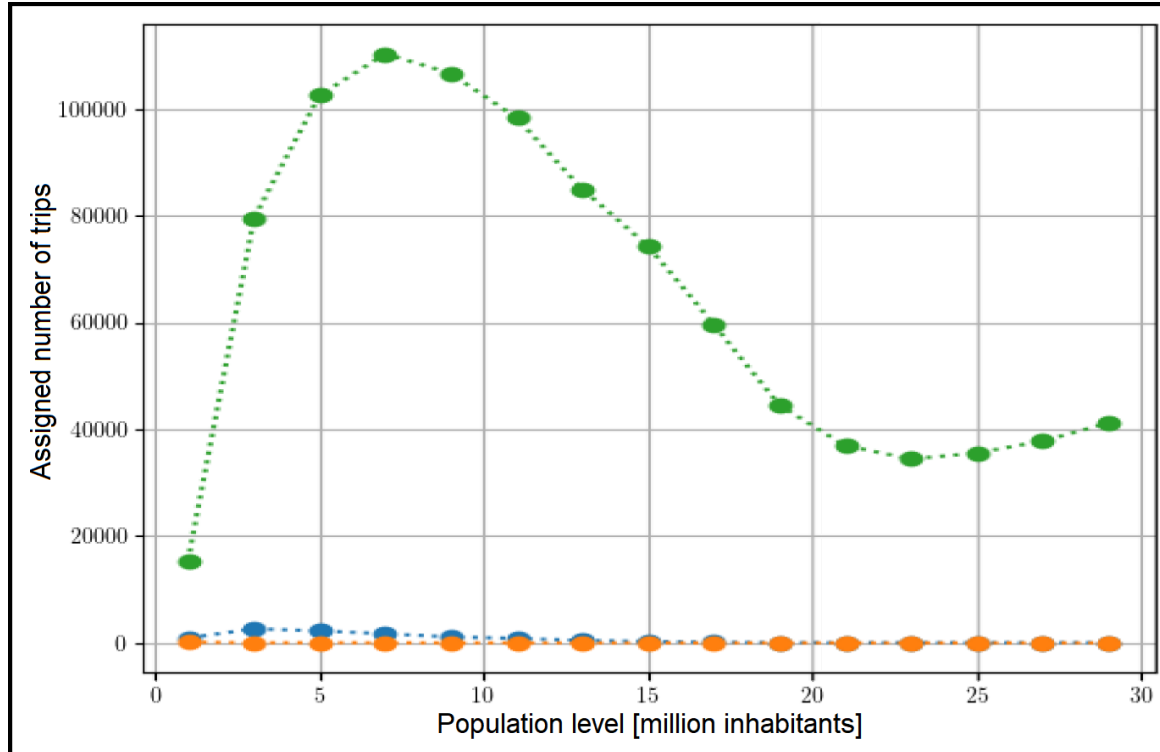
Los tiempos de viaje crecen moderadamente con la población

Relocalización de actividades compensa en buena medida la expansión

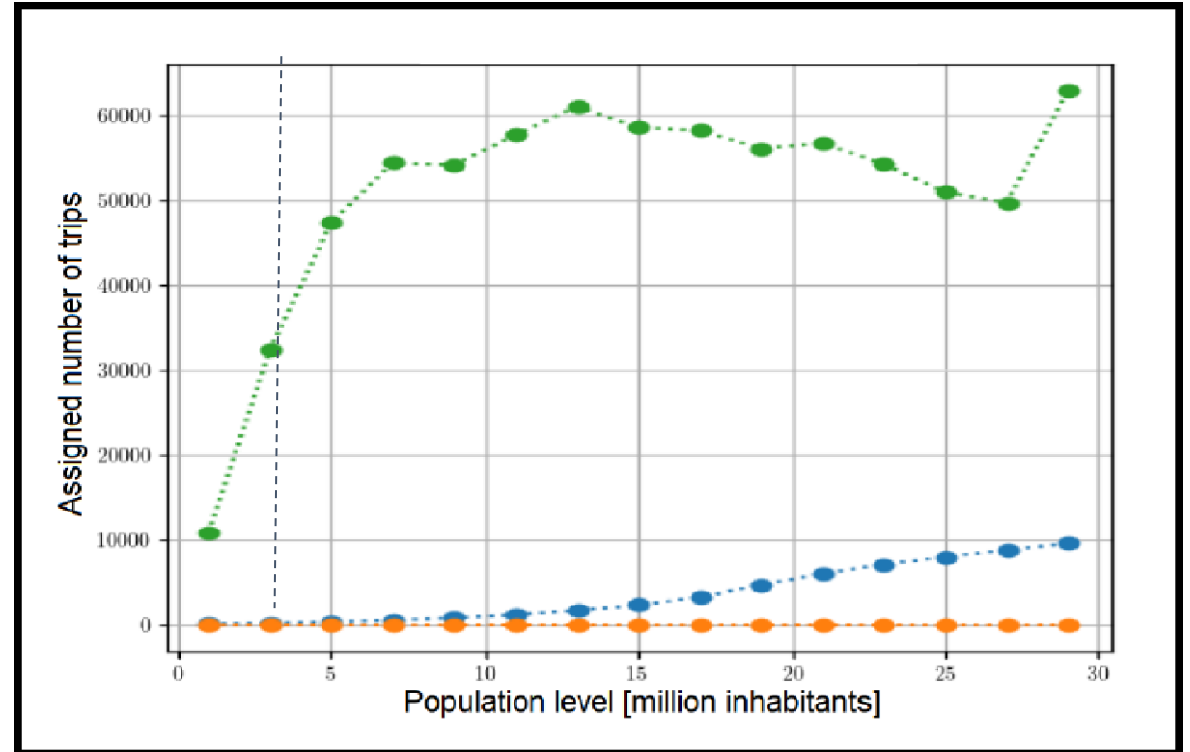
La congestión en arcos disminuye ante la expansión de la ciudad

# SIMULACIÓN EN UNA CIUDAD ARTIFICIAL

## DEMANDA DE VIAJES ENTRE PARES OD

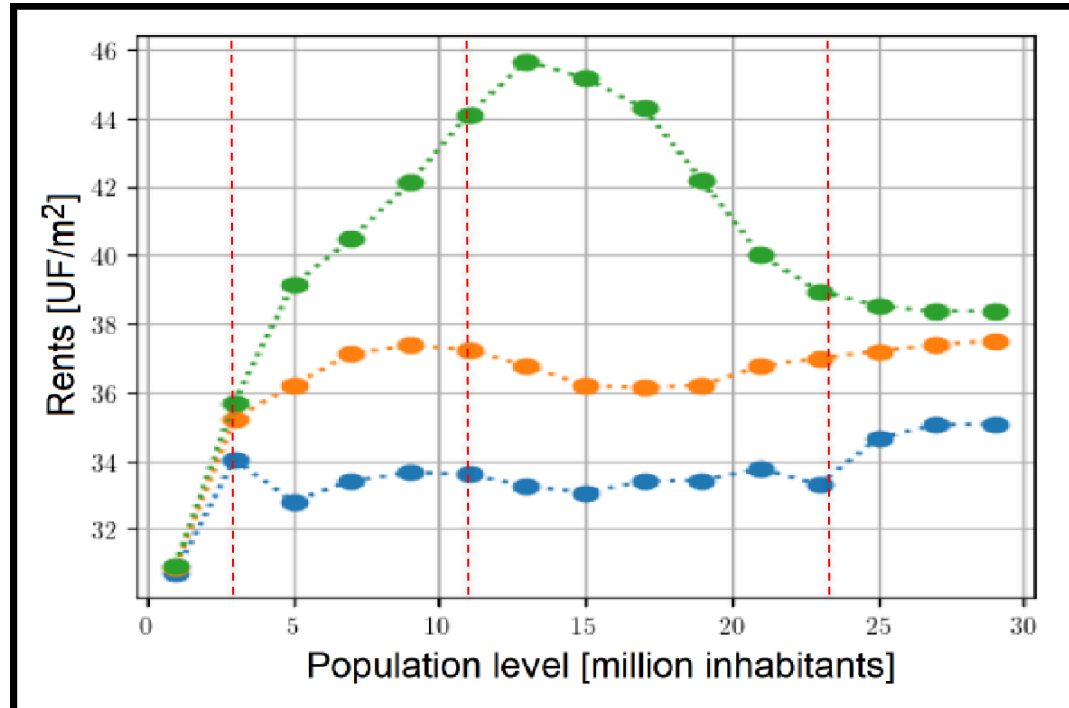


## DEMANDA DE VIAJES POR ARCO



# SIMULACIÓN EN UNA CIUDAD ARTIFICIAL

## RENTAS: PONDERACIÓN DE RENTAS ENTRE TIPOS DE PROPIEDAD



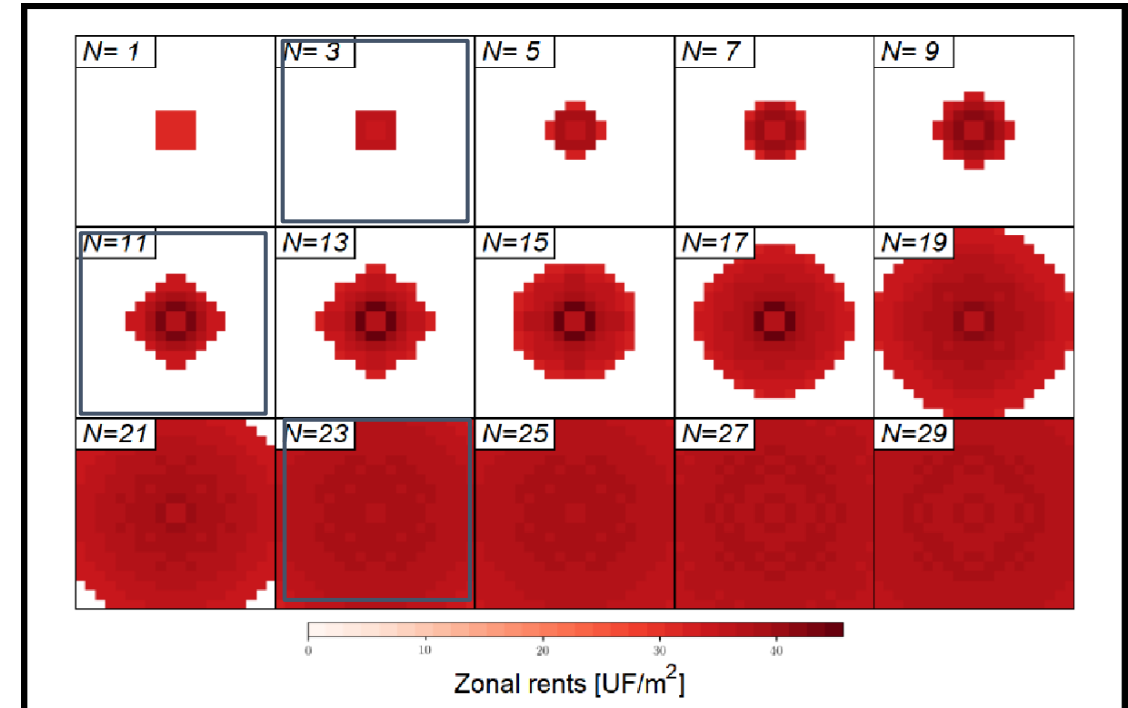
Las rentas siguen patrones similares a los de la densidad:

- Homogéneas al inicio

- Incremento rápido durante expansión lenta

- Caída rápida durante expansión rápida

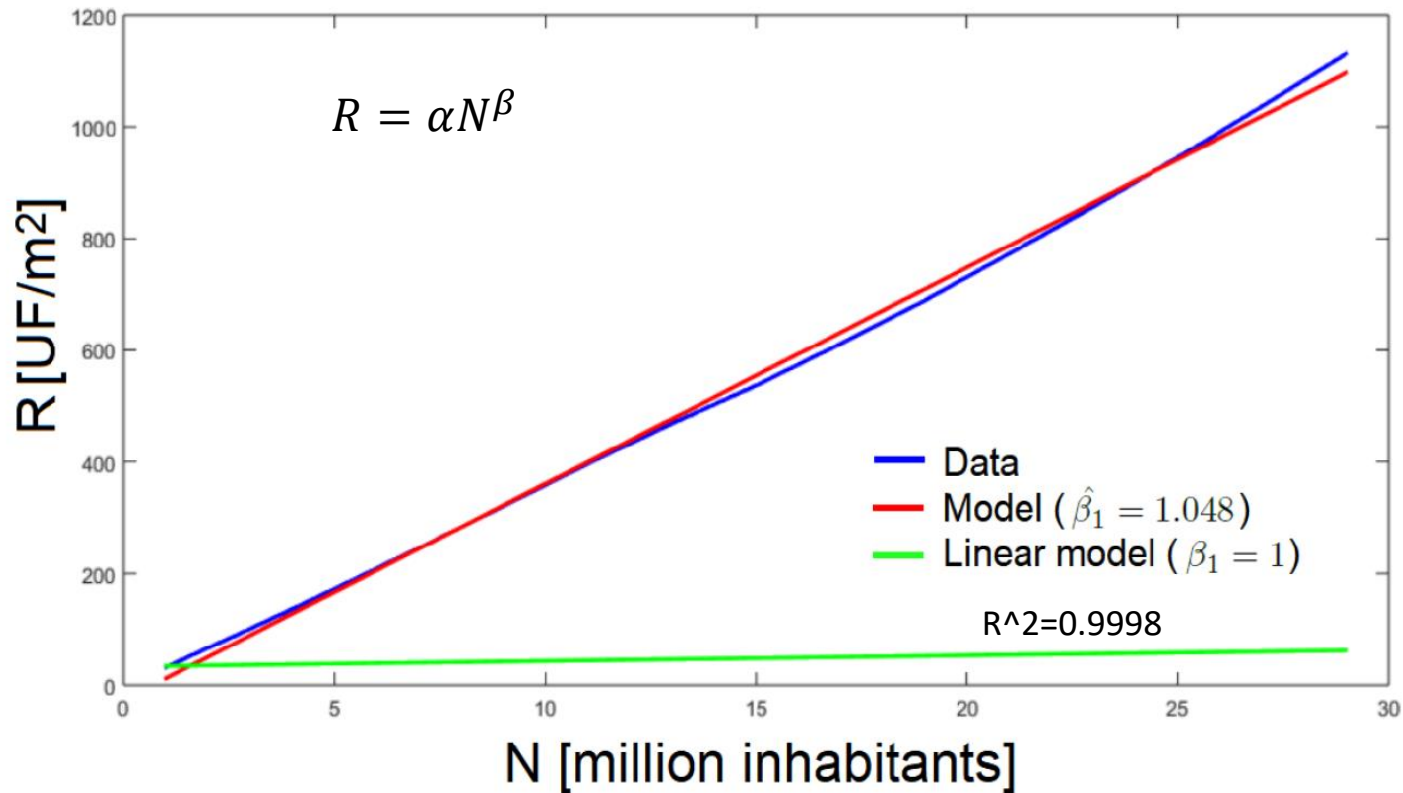
- Estables cuando se alcanza la saturación



Geográficamente, mayores rentas en zonas en que se aglomeran agentes residenciales en el primer anillo concéntrico

# SIMULACIÓN EN UNA CIUDAD ARTIFICIAL

## LEY DE ESCALAMIENTO EN LAS RENTAS



### OBS:

Rentas siguen la ley de potencia super-lineal

El parámetro de escalamiento (1,048) es menor que el observado empíricamente (1,15) (Ingreso fijo, libre expansión)

El escalamiento resulta sólo de interacciones económicas

Los resultados son acordes con estudios empíricos y teóricos



# COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES

El modelo representa una formulación de economía urbana, dinámica, discreta y estocástica

Equilibrio urbano discreto con memoria (límite urbano, oferta, patrones de aglomeración)

Un input simétrico lleva a una evolución simétrica de la ciudad

No necesariamente se urbaniza toda la ciudad, no hay ninguna condición que lo imponga. Por otro lado, la falta de costes de urbanización puede inducir una expansión excesiva.

Los patrones de segregación y aglomeración surgen del comportamiento de los agentes

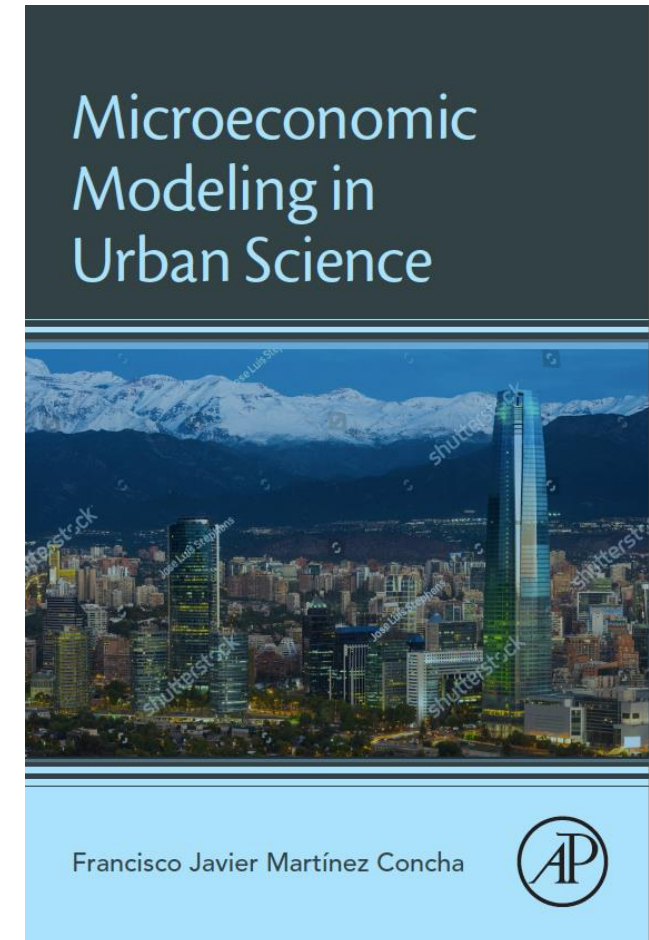
El transporte es determinante en la configuración de la forma de la ciudad y los *hot spots* de aglomeración

# FINALMENTE

El modelo *Very Long-Term Land-Use & Transport* (VLT-LUT) está diseñado para el estudio de la evolución de las ciudades, como una plataforma de simulación de un complejo sistema construido para la toma de decisiones y análisis de comportamientos

¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

[fmartine@ing.uchile.cl](mailto:fmartine@ing.uchile.cl)  
[ricardo.delapaz@uchile.cl](mailto:ricardo.delapaz@uchile.cl)



ELSEVIER, 2018

An aerial photograph of a coastal city and port area, likely Valparaíso, Chile. The image shows a densely built-up hillside overlooking a harbor. In the foreground, a large container ship is docked at a pier, with several blue gantry cranes visible. The water is a deep blue-grey. The entire image is covered with a semi-transparent grey overlay, and the title text is centered in white.

# 21° CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE