

Departamento de Economía

Tipo de documento: Tesis de Grado



Licenciatura en Economía

Elección de vivienda y transporte: Un modelo de equilibrio espacial

Autorías: Beraldo, Martín; Díaz, Paco; Knavs, Nicolás; Lassa, Matías Tomás; Ortíz, Álvaro

Fecha: 2025

¿Cómo citar este trabajo?

Beraldo, M., et al. (2025). "Elección de vivienda y transporte: Un modelo de equilibrio espacial". [Tesis de Grado. Universidad Torcuato Di Tella]. Repositorio Digital Universidad Torcuato Di Tella <https://repositorio.utdt.edu/handle/20.500.13098/13648>

El presente documento se encuentra alojado en el Repositorio Digital de la **Universidad Torcuato Di Tella** bajo una licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional
Dirección: <https://repositorio.utdt.edu>

Universidad Torcuato Di Tella

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA
LICENCIATURA EN ECONOMÍA

TESIS DE GRADO

ELECCIÓN DE VIVIENDA Y
TRANSPORTE: UN MODELO DE
EQUILIBRIO ESPACIAL

Autores:

Martín Beraldo, Paco Díaz, Nicolás Knavs, Matías Tomás
Lassa y Álvaro Ortiz

Tutor de tesis: Pablo Andrés Neumeyer

Buenos Aires, Argentina

Agosto 2025

Índice

1. Introducción	2
2. Revisión de la literatura	3
3. Descripción de la economía urbana	4
4. Definición del equilibrio competitivo	5
5. Problema de los hogares	6
5.1. Condiciones de primer orden	6
5.2. Elasticidad del precio del suelo con respecto a la distancia	7
6. Distancia óptima dado el ingreso	8
7. Distribución Salarial y densidad poblacional	10
8. Problema del desarrollador inmobiliario	10
9. Consistencia agregada	11
10. Calibración del modelo	11
11. Resolución computacional y estática comparada	13
11.1. Calibración del escenario base con parametros para el AMBA	13
11.2. Escenario base	19
11.3. Análisis de estática comparada	20
12. Efecto de la desigualdad en la geografía urbana	25
13. Extensión: Congestión en el viaje	27
13.1. Shock al costo de transporte en el contexto de la externalidad de congestión	29
14. Conclusiones y posibles extensiones	37
A. Apéndice Matemático	41
A.1. Lagrangiano del problema del hogar	41
A.2. Monotonicidad de $d(w)$	42
A.3. Demostración de la Ley de Walras	43
B. Bibliografía	44

Resumen

Este trabajo desarrolla un modelo de equilibrio general competitivo de una economía urbana en el que los hogares y los desarrolladores inmobiliarios toman decisiones racionales de localización, consumo y tamaño de vivienda. La ciudad se representa como un espacio unidimensional donde cada hogar elige simultáneamente su distancia al centro urbano, su nivel de consumo y la superficie habitacional, considerando restricciones presupuestarias que incorporan costos de transporte tanto monetarios como asociados al tiempo de viaje. A su vez, las firmas desarrolladoras eligen la altura óptima de construcción en cada ubicación, enfrentando costos crecientes de densificación.

El equilibrio competitivo queda caracterizado por un sistema de condiciones que determinan de manera conjunta los precios de la vivienda, la asignación espacial de los hogares y la intensidad constructiva en cada punto de la ciudad, garantizando que los mercados de tierra y vivienda se vacíen simultáneamente. El modelo predice la distribución endógena de precios, densidades y patrones de localización según el nivel de ingreso. La solución se obtiene mediante simulaciones numéricas que permiten explorar cómo distintos parámetros económicos y tecnológicos inciden sobre el equilibrio urbano y evaluar implicancias potenciales para el diseño de políticas públicas orientadas a la planificación y el ordenamiento territorial.

A partir de los resultados del modelo, comprendimos cómo variaciones en parámetros como el costo de transporte, la disponibilidad de suelo o la velocidad de viaje pueden tener efectos significativos sobre la estructura urbana. Observamos que los hogares de mayores ingresos tienden a concentrarse cerca del centro urbano no solo por preferencia, sino como resultado de un equilibrio donde el tiempo y los costos de transporte interactúan en la decisión de localización. También aprendimos que políticas que afectan esos parámetros, como una mejora en la infraestructura de transporte o cambios en los costos de construcción, pueden modificar la densidad poblacional y la distribución espacial.

1. Introducción

En esta tesis se desarrolla un modelo económico que analiza cómo los hogares determinan simultáneamente el tamaño óptimo de su vivienda y la localización residencial respecto del distrito central de negocios o centro de trabajo, teniendo en cuenta tanto los costos monetarios como los costos de viaje asociados al transporte diario al trabajo. El objetivo principal del trabajo es responder la siguiente pregunta: *¿Qué parámetros influyen y de qué manera en la distribución espacial de los hogares y en el equilibrio del mercado de viviendas?* Esta cuestión resulta especialmente relevante en contextos urbanos donde la expansión de las ciudades y las desigualdades en el acceso al transporte generan patrones de segregación socioespacial.

A diferencia de los modelos clásicos de economía urbana, como el desarrollado por Alonso (1964), este enfoque incorpora explícitamente el costo de oportunidad del tiempo de viaje. En el modelo, a mayor distancia entre la residencia y el centro de la ciudad, mayor es el tiempo no remunerado que el hogar pierde en desplazamientos, reduciendo su ingreso efectivo disponible. Este canal permite capturar de manera más realista cómo los costos de transporte afectan tanto el consumo como la elección de localización.

Para mantener la tractabilidad analítica del problema, se adopta una representación unidimensional de la ciudad: un segmento de línea en el que el extremo corresponde al centro de la ciudad, que concentra la totalidad de la actividad laboral. Cada hogar puede ubicar su residencia en cualquier punto a lo largo de esta línea, determinando de manera conjunta el lugar de residencia, el tamaño de la vivienda y el consumo de otros bienes.

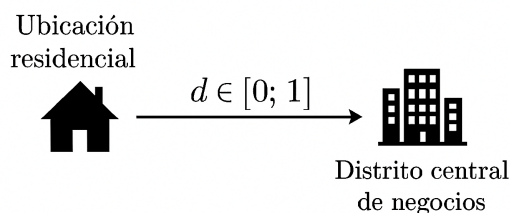


Figura 1: Representación unidimensional del problema

El modelo genera condiciones de equilibrio que relacionan los precios de la vivienda, la oferta de vivienda por parte de los desarrolladores inmobiliarios y las decisiones óptimas de los hogares de distintos niveles de ingreso. Entre los principales resultados se destaca que un aumento en los costos de transporte reduce la demanda de vivienda en las zonas más alejadas y concentra a los hogares de mayores ingresos cerca del centro, amplificando la segregación territorial. Asimismo, se observa que los costos de construcción y la disponibilidad de tierra condicionan la pendiente del gradiente de precios y la densidad urbana.

Estos hallazgos contribuyen a la comprensión de cómo el diseño de políticas públicas en materia de transporte y vivienda puede influir sobre la estructura espacial de las ciudades y la equidad en el acceso a oportunidades económicas. Por ejemplo, este enfoque permite como la expansión de líneas de subte, modifican la accesibilidad relativa y los precios del suelo urbano.

2. Revisión de la literatura

El análisis de la estructura espacial de las ciudades tiene una larga tradición en economía urbana. El punto de partida clásico es el modelo de ciudad monocéntrica desarrollado por Alonso¹ que describe cómo los hogares eligen su localización residencial en función del costo del suelo y de los costos de transporte hacia un distrito central de negocios. En este marco, el gradiente de precios del suelo surge endógenamente de la compensación entre el costo de transporte y la renta de localización, generando un patrón en el cual los hogares con mayor disposición a pagar residen más cerca del centro urbano.

¹Alonso, W. (1964). Location and land use: Toward a general theory of land rent. Cambridge, MA: Harvard University Press.

A partir de este enfoque fundacional, diversos autores han extendido el modelo para incorporar elementos adicionales que reflejan de manera más realista el funcionamiento de las ciudades. Muth ² y Mills ³ formalizaron la teoría de la renta urbana y de la densidad poblacional, destacando la importancia de los costos de transporte y de la elasticidad de sustitución entre vivienda y otros bienes en la determinación de los patrones espaciales.

Más recientemente, la literatura ha incorporado heterogeneidad en ingresos y preferencias, así como la presencia de *desarrolladores inmobiliarios* que optimizan la altura de las edificaciones. Por ejemplo, Duranton y Puga⁴, en su síntesis sobre uso del suelo urbano, destacan que la inclusión de agentes heterogéneos y costos crecientes de densificación es fundamental para explicar patrones de segregación socioespacial y gradientes de densidad observados en ciudades reales.

En el caso de América Latina, investigaciones recientes han estudiado cómo factores específicos, como las deficiencias en infraestructura de transporte o la informalidad en el mercado de suelo, modifican las predicciones de los modelos tradicionales. En este sentido, estudios recientes analizan cómo las diferencias en acceso a transporte público en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) generan desigualdades en accesibilidad y precios de la vivienda. Asimismo, estudios empíricos como los de Blanco ⁵ documentan que la distribución de ingresos en Argentina presenta colas pesadas, lo cual es relevante para calibrar modelos urbanos con heterogeneidad salarial.

El presente trabajo se enmarca en esta literatura, pero introduce dos elementos centrales. En primer lugar, realiza un tratamiento explícito del costo de oportunidad del tiempo de viaje, permitiendo cuantificar cómo las diferencias de ingreso afectan las decisiones de localización más allá del gasto monetario en transporte. Asimismo, analiza la interacción entre hogares heterogéneos y desarrolladores inmobiliarios, que determina endógenamente precios, densidades y alturas de construcción a lo largo del espacio urbano.

Estas extensiones permiten capturar con mayor realismo las dinámicas del AMBA y evaluar de forma cuantitativa cómo políticas públicas, como inversiones en infraestructura de transporte o cambios en costos de construcción, inciden sobre la estructura urbana.

3. Descripción de la economía urbana

Se considera una ciudad distribuida en el intervalo $[0, 1]$. El salario de los agentes en esta economía está determinado por la habilidad laboral, denotada por w . Esta se distribuye de acuerdo a una función de densidad $g(w)$, definida para $w \in (w_{min}, w_{max})$.

La cantidad de tierra disponible en cada punto de la ciudad está dada por una función

²Muth, R. F. (1969). *Cities and housing: The spatial pattern of urban residential land use*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

³Mills, E. S. (1972). *Studies in the structure of the urban economy*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

⁴Duranton, G., Puga, D. (2015). Urban land use. In G. Duranton, J. V. Henderson, W. C. Strange (Eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics* (Vol. 5B, pp. 467–560). Amsterdam: Elsevier.

⁵Blanco, A., Díaz de Astarloa, B., Drenik, A., Moser, C., Trupkin, D. (2021). The evolution of the earnings distribution in a volatile economy: Evidence from Argentina (CEDLAS, Working Paper No. 0280). CEDLAS, Universidad Nacional de La Plata.

$S(d)$, para cada $d \in [0, 1]$. Asumimos que esta función $S(d)$ es creciente, de modo que refleje que conforme nos alejamos del centro de la ciudad hay mayor disponibilidad de tierra, un hecho estilizado en muchas ciudades. Luego, los metros cuadrados de vivienda disponibles en cada ubicación se determinan como:

$$H(d) = S(d)h(d), \quad (1)$$

donde $h(d)$ representa la cantidad de metros cuadrados construidos en altura por unidad de tierra en dicha localización.

El valor del metro cuadrado construido en el punto d se modela mediante una función continua y derivable de clase C^1 , $P(d)$. Se asume que cada hogar puede adquirir solamente una vivienda en una única localización d .

4. Definición del equilibrio competitivo

En esta sección se formaliza la noción de equilibrio competitivo para la economía urbana desarrollada en este trabajo. Sea el espacio urbano representado por el intervalo $d \in [0, 1]$, donde $d = 0$ corresponde al distrito central de negocios. Los agentes económicos son: (i) un continuo de hogares heterogéneos en salarios w , distribuidos según una función de densidad $g(w)$, y (ii) firmas desarrolladoras inmobiliarias que construyen metros cuadrados de vivienda a partir de la tierra disponible $S(d)$, enfrentando costos crecientes de construcción.

Un equilibrio competitivo está dado por un sistema de precios $P(d)$ y una asignación (d, C, H) tal que dadas las dotaciones (S, w) :

1. **Óptimo de los hogares:** Cada hogar, dados los precios $P(d)$, elige $\{C, H, d\}$ para maximizar:

$$\max_{C, H, d} \alpha_C \ln C + (1 - \alpha_C) \ln H$$

sujeto a su restricción presupuestaria:

$$C + P(d)H = w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d.$$

2. **Óptimo de las firmas desarrolladoras:** Cada desarrollador, dados los precios $P(d)$, en d elige $h(d)$ para maximizar beneficios:

$$\pi(h; d) = [P(d)h - k(h)]S(d),$$

con $k(h) = \frac{1}{1+\varphi}h^{1+\varphi}$ y $S(d) = \kappa d$.

3. **Vaciamiento del mercado de vivienda:** Para todo $d \in [0, 1]$, la demanda total de vivienda iguala la oferta:

$$H^D(w; d, P(d)) \cdot \eta(d) = H^S(P(d))$$

donde $\eta(d)$ es la proporción de gente que se ubica a la distancia d .

4. **Vaciamiento del mercado de bienes:** La demanda total de consumo más transporte iguala el ingreso neto:

$$\int C^D(w_i) \cdot \eta(d) dd = \int C^S(w_i) \cdot \eta(d) dd$$

Asimismo, la función $d(w)$ asigna de forma única la distancia residencial para cada salario, determinada por la condición de primer orden respecto de d y las preferencias. Un equilibrio competitivo es, por lo tanto, un conjunto de precios $P(d)$, asignaciones $\{C, H, d(w)\}$ y decisiones de construcción $h(d)$ tales que los agentes maximizan sus objetivos individuales y los mercados de tierra y vivienda se vacían simultáneamente.

5. Problema de los hogares

Dado el salario w y los precios $P(d)$ para todo $d \in [0, 1]$, el problema de decisión de un hogar consiste en elegir la distancia residencial d , el consumo de bienes C y la cantidad de metros cuadrados de vivienda H , de manera que se resuelva el siguiente problema de maximización:

$$\max_{d, C, H} \alpha_C \ln C + (1 - \alpha_C) \ln H \quad (2)$$

sujeto a la restricción presupuestaria:

$$C + P(d) H = w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d.$$

donde C denota el consumo de bienes, H denota la demanda de metros cuadrados de vivienda, d la distancia del hogar al centro de trabajo, $1 - \delta_T d$ la fracción del tiempo disponible que se dedica al trabajo, siendo $\delta_T d$ el tiempo perdido en el viaje. Asimismo $\gamma_T d$ denota al costo monetario total del transporte y $P(d)$ al precio del metro cuadrado de vivienda en la ubicación d .

5.1. Condiciones de primer orden

Combinando las condiciones de primer orden del problema, se obtiene ⁶:

$$\underbrace{\frac{\frac{\partial U}{\partial H}}{\frac{\partial U}{\partial C}}}_{\text{TMS}} = \frac{1 - \alpha_C}{\alpha_C} \frac{C}{H} = \underbrace{P(d)}_{\text{Precio Relativo}} \quad (3)$$

Esta igualdad establece que el hogar iguala la tasa marginal de sustitución (TMS) entre el consumo de vivienda y el consumo de otros bienes con el precio relativo de la vivienda en el mercado. En otras palabras, la TMS indica cuántas unidades de consumo el hogar está dispuesto a sacrificar para obtener una unidad adicional de vivienda sin reducir su nivel de utilidad. En equilibrio, este valor subjetivo coincide exactamente con el costo de adquirir esa unidad adicional de vivienda. Si la TMS fuera mayor que el precio, el hogar preferiría consumir más vivienda; si fuera menor, preferiría consumir menos. De

⁶La derivación formal del problema se adjunta en el apéndice.

este modo, la igualdad asegura que el gasto asignado a cada bien maximiza la utilidad total dado el presupuesto disponible.

Viendo la CPO respecto a la distancia:

$$\underbrace{-H \cdot \frac{\partial P(d)}{\partial d}}_{\text{BMg}} = \underbrace{(w \delta_T + \gamma_T)}_{\text{CMg}} \quad (4)$$

Esta condición de primer orden respecto a la distancia d indica que el ahorro en el precio de la vivienda al alejarse una unidad del centro debe equilibrarse con el costo adicional en dinero y tiempo que ello implica.

Utilizando las condiciones de primer orden, se obtienen expresiones en términos de la distancia d .

El ingreso disponible neto del costo de oportunidad del viaje es $w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d$. También se despejan las siguientes expresiones de demanda:

$$C^D = \alpha_C [w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d] \quad (5)$$

$$H^D = \frac{(1 - \alpha_C)}{P(d)} [w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d] \quad (6)$$

Tomando las siguientes condiciones de primer orden y las expresiones de demanda, las ecuaciones (4) y (6) implican que la distancia óptima es solución de:

$$-\frac{w \delta_T + \gamma_T}{w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d} = (1 - \alpha_C) \frac{\frac{\partial P(d)}{\partial d}}{P(d)} \quad (7)$$

La ecuación diferencial (7) caracteriza la función de distancia óptima $d^*(w)$, es decir la distancia que elige el agente dado su salario w y los precios de equilibrio $P(d)$.

5.2. Elasticidad del precio del suelo con respecto a la distancia

En este apartado se analiza cómo varía el precio del suelo en función de la distancia al centro urbano, considerando los costos de transporte y la pérdida de tiempo laboral que enfrentan los hogares. Se define el ingreso disponible neto del hogar como:

$$\bar{Y}(d) = w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d.$$

La derivada de este ingreso respecto a la distancia es:

$$\frac{\partial \bar{Y}(d)}{\partial d} = -w \delta_T - \gamma_T.$$

La elasticidad del ingreso neto respecto a la distancia se expresa como:

$$\varepsilon_{\bar{Y},d} = \frac{\frac{\partial \bar{Y}(d)}{\partial d}}{\bar{Y}(d)} \cdot d = \frac{(-w \delta_T - \gamma_T) \cdot d}{w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d}.$$

Por otro lado, definimos la elasticidad-precio del suelo:

$$\varepsilon_{P,d} = \frac{\frac{\partial P(d)}{\partial d} \cdot d}{P(d)}.$$

De la ecuacion (7) podemos obtener la siguiente relación:

$$(1 - \alpha_C) \varepsilon_{P,d} = -\varepsilon_{\bar{Y},d}.$$

Esta expresión indica que la elasticidad del precio del suelo respecto a la distancia está directamente determinada por la elasticidad del ingreso neto y el peso relativo que el hogar asigna al consumo de vivienda. Cuanto más rápido cae el ingreso disponible con la distancia, mayor debe ser la caída del precio del suelo para sostener el equilibrio. Este mecanismo refleja el *trade-off* que enfrentan los hogares: precios más bajos al alejarse del centro, pero también mayores costos de transporte y menor ingreso efectivo.

Vemos que el precio del suelo disminuye con la distancia porque vivir lejos reduce el ingreso efectivo. Asimismo, cuanto más fuertemente cae el ingreso neto al alejarse, más debe ajustarse (bajar) el precio del suelo.

6. Distancia óptima dado el ingreso

A continuación analizaremos la relación entre el ingreso del agente y la elección óptima de localización. Este es el eje central de nuestro análisis, por lo que es fundamental comprender que factores determinan la localización óptima del agente, así como la asignación espacial de equilibrio. Del óptimo del consumidor llegamos a la relación (7) derivada anteriormente:

$$-\frac{w\delta_T + \gamma_T}{w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d} = (1 - \alpha_C) \frac{P'(d)}{P(d)}$$

donde $P(d)$ es el precio por unidad de vivienda, δ_T y γ_T son parámetros del tiempo y costo de transporte respectivamente, y α_C es el parámetro de preferencias.

Estudiar $d(w)$ es fundamental porque determina la estructura espacial de la ciudad, explica patrones de segregación socioeconómica y permite evaluar el impacto de políticas de transporte.

Nos interesa determinar la invertibilidad de $d(w)$. La misma garantiza que a cada salario corresponde a una única distancia óptima, consistente con el comportamiento racional del agente. Además la monotonicidad de $d(w)$ determina si los individuos de mayores ingresos viven cerca o lejos del centro, con implicaciones en desigualdad espacial y acceso a oportunidades.

Utilizando el Teorema de la Función Implícita (TFI), es posible expresar la derivada de la decisión óptima de distancia $d'(w)$ de la siguiente forma⁷:

$$d'(w) = -\frac{\frac{\partial F}{\partial w}(w, d(w))}{\frac{\partial F}{\partial d}(w, d(w))}.$$

⁷La derivación formal del problema se adjunta en el apéndice.

donde

$$F(w, d(w)) = - \frac{w \delta_T + \gamma_T}{w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d} - (1 - \alpha_C) \frac{P'(d)}{P(d)}.$$

Este resultado proporciona una expresión explícita para $d'(w)$ y, por tanto, permite analizar la monotonía de $d(w)$ estudiando su comportamiento.

Reemplazando las expresiones correspondientes:

$$d'(w) = \frac{\gamma_T}{(w\delta_T + \gamma_T)^2 + (1 - \alpha_C) \frac{\partial}{\partial d} \left(\frac{P'(d)}{P(d)} \right) [w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d]^2}$$

Dado que γ_T es un parámetro positivo, el denominador determina el signo de $d'(w)$. En particular, siendo $(1 - \alpha_C)$, $(w\delta_T + \gamma_T)^2$ y $[w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d]^2$ términos positivos, el signo de $d'(w)$ dependerá únicamente de $\frac{\partial}{\partial d} \left(\frac{P'(d)}{P(d)} \right)$, donde

$$\frac{P'(d)}{P(d)} = \frac{\partial}{\partial d} [\log P(d)]$$

Es decir, $\frac{P'(d)}{P(d)}$ es la derivada del logaritmo del precio del suelo con respecto a la distancia. y por lo tanto

$$\frac{\partial}{\partial d} \left(\frac{P'(d)}{P(d)} \right) = \frac{\partial^2}{\partial d^2} [\log P(d)]$$

Luego, obtenemos:

- $d'(w) > 0$ si y sólo si

$$\frac{\partial^2}{\partial d^2} [\log P(d)] > - \frac{(w \delta_T + \gamma_T)^2}{(1 - \alpha_C) [w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d]^2}.$$

En este caso, el logaritmo de la función de precios puede ser cóncavo o convexo, es decir que para que se cumpla la condición el logaritmo de la función de precios debe ser lo suficientemente "no cóncavo". Bajo esta condición, los individuos más pobres viven en el centro de la ciudad y los más ricos en la periferia.

- $d'(w) < 0$ si y sólo si

$$\frac{\partial^2}{\partial d^2} [\log P(d)] < - \frac{(w \delta_T + \gamma_T)^2}{(1 - \alpha_C) [w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d]^2}.$$

En este caso, el logaritmo de la función de precios es estrictamente cóncavo. Bajo esta condición, los individuos más ricos viven en el centro de la ciudad y los más pobres en la periferia.

Siempre y cuando se cumpla de forma estricta solo una de las condiciones anteriores en todo el dominio de interés, la función de distancia óptima es monótona y por lo tanto inversible.

7. Distribución Salarial y densidad poblacional

Consideremos un anillo infinitesimal de distancia dd , es decir en el intervalo $[d, d + dd]$. Definiendo $\eta(d)$ como la función de densidad poblacional, la proporción de agentes en el anillo de distancia dd es $\eta(d) dd$. En equilibrio, los agentes se auto-seleccionan en función de sus salarios, por lo que la distancia es una función del salario: $d = d(w)$. Inversamente, a cada distancia se determina un único salario, por lo que podemos utilizar la función inversa $w = w(d)$. Luego, la proporción de agentes en el anillo $[d, d + dd]$ está dada por la proporción de agentes con salario en $[w(d), w(d + dd)]$:

$$\eta(d) dd = g(w(d)) \frac{dw}{dd} dd$$

A partir de ahora asumiremos que la distribución de los salarios en la población sigue una densidad Pareto truncada, comúnmente utilizada para modelar variables sesgadas hacia la derecha, como los ingresos. Bajo esta hipótesis, tenemos:

$$g(w) = \begin{cases} \frac{b w_{\min}^b}{1 - \left(\frac{w_{\min}}{w_{\max}}\right)^b} w^{-(b+1)}, & w_{\min} \leq w \leq w_{\max}, \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

donde $b > 0$ es el parámetro de forma de la distribución y \bar{w} es el salario mínimo o umbral inferior de la distribución.

La función $\eta(d^*(w))$ captura cuántos agentes residen en cada distancia de la ciudad en equilibrio, dada la distribución de salarios. Es decir, permite mapear la densidad espacial de individuos para cada salario, revelando cómo los trabajadores se distribuyen a lo largo del espacio urbano en función de su ingreso y la elección de localización implícita en $d^*(w)$.

8. Problema del desarrollador inmobiliario

Existe una firma constructora perfectamente competitiva que elige la altura a edificar h para cada distancia tal que maximiza sus beneficios:

$$\max_{h \geq 0} \pi(h; d) = [P(d)h - k(h)] S(d) \quad (8)$$

$$(9)$$

$$\text{con } k(h) = \frac{1}{1 + \varphi} h^{1+\varphi}, \quad \varphi > 0 \quad \text{y} \quad S(d) = \kappa d.$$

donde $k(h)$, es el costo de construcción de vivienda por unidad de tierra, es decir el costo de edificar en altura, con $\varphi > 0$. Asimismo, $S(d) = \kappa d$ representa los metros cuadrados de tierra disponibles en la distancia d .

Luego, de la condición de primer orden obtenemos que:

$$h(d) = [P(d)]^{1/\varphi}. \quad (10)$$

9. Consistencia agregada

Las condiciones de consistencia agregada en esta economía son:

Vaciamiento del mercado de viviendas:

$$H^D(d; P(d), w) \eta(d) = h(d, P(d)) S(d), \quad \forall d \in [0, 1]. \quad (11)$$

Vaciamiento del mercado de bienes:

$$\int_0^1 [C(w(d), P(d), d) + \gamma_T d] \eta(d) dd = \int_0^1 [w(d)(1 - \delta_T d) - P(d)H^D(w(d), P(d), d)] \eta(d) dd$$

Luego, la consistencia agregada en bienes es redundante por la ley de Walras.⁸ Suponiendo que la oferta de tierra es $S(d) = \kappa d$, y usando las condiciones de optimalidad de los consumidores (6) y de los desarrolladores (10), la condición de equilibrio (11) puede escribirse como:

$$(1 - \alpha_C) \frac{w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d}{P(d)} \eta(d) = \kappa d \cdot [P(d)]^{1/\varphi}. \quad \forall d \in [0, 1]. \quad (13)$$

10. Calibración del modelo

Para poder simular y resolver el modelo de equilibrio competitivo propuesto, es necesario calibrar un conjunto de parámetros clave que determinan el comportamiento económico de los agentes y la estructura urbana resultante. La calibración se realiza utilizando microdatos representativos de Argentina y estimaciones provenientes de fuentes secundarias confiables.

En particular, se calibran los siguientes parámetros: α_c , que representa la fracción del ingreso destinada al consumo no habitacional; γ , que mide el gasto total en transporte como proporción del ingreso; δ , que refleja el costo temporal del transporte por unidad de distancia; φ , que captura los rendimientos decrecientes en altura de construcción.

Asimismo, se establece una distribución de ingresos según una ley de Pareto, calibrando los parámetros b , que establece cuan pesada es la cola de la distribución. El objetivo de esta sección es justificar los valores adoptados para cada uno de estos parámetros con base empírica, garantizando que la solución numérica del modelo sea representativa del contexto urbano argentino.

Para calibrar varios de los parámetros, utilizamos la Encuesta Nacional de los Hogares 2017-2018. Utilizamos datos para el aglomerado urbano del Gran Buenos Aires, ya que es un aglomerado interesante a la hora de analizar políticas de desarrollo urbano.

A partir de esta encuesta encontramos que un valor razonable para α_C podría ser 0.855 puesto que según el estudio los hogares utilizan el 15,1% de sus ingresos en gastos de vivienda, y el restante 84,9% en bienes no relacionados con la vivienda⁹. (Cabe destacar

⁸Demostrado en el apéndice.

⁹Fuente: INDEC, Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares 2017-2018. Datos para la region GBA

que este valor sale de hacer un promedio ponderado entre propietarios, que destinan el 10.7% de su ingreso al consumo de vivienda e inquilinos, que destinan un 28.3% del ingreso a consumo de vivienda).

Asimismo, encontramos que los agentes gastan un 13.9% de su ingreso en transporte según datos de la Encuesta de Movilidad Domiciliaria 2018 del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Además, de este estudio surge que la duración promedio de un viaje en el AMBA es de 34 minutos, y la distancia promedio recorrida por tramo es de 6.5 km¹⁰. Usando esto, podemos estimar el parámetro γ , que estima el gasto en transporte por unidad de distancia. Este se podría calcular como $(0,139/6,5) \times w_{\text{promedio}}$. Considerando a las unidades de salario como fracción del salario máximo (100), y obteniendo que el salario promedio es equivalente a un 0,12% del salario máximo, $\gamma = 0,25$.

Luego, el parámetro δ_T representa el costo de oportunidad del tiempo de viaje, cuantificando la pérdida de ingreso laboral que implica trasladarse diariamente al centro urbano.

En lugar de calibrar un valor promedio fijo para δ_T , suponemos que el costo de oportunidad del tiempo de viaje crece linealmente con la distancia d , capturando así que trasladarse más lejos insuere más tiempo y, por ende, un mayor sacrificio de ingreso laboral. Formalmente, planteamos:

$$\delta_T(d) = \delta \cdot d$$

donde $\delta = \frac{1}{v \cdot T_L}$, con $v = 11,5$ km/h la velocidad promedio y $T_L = 480$ minutos (8 horas) la duración de la jornada laboral. Así, por cada kilómetro adicional de distancia, el agente pierde una fracción adicional de su ingreso equivalente a δ , reflejando un costo implícito creciente del transporte urbano.

Es decir, δ_T representa la fracción del ingreso mensual que se pierde por dedicar tiempo al transporte, funcionando como un impuesto implícito al ingreso por vivir más lejos del centro. Calculando, $\delta = 0,011$, lo que indica que por cada kilómetro de distancia al centro, el trabajador pierde un 1.1% adicional de su ingreso mensual en términos de tiempo de viaje.

Asimismo, con respecto a la distribución salarial, estudios previos¹¹ sugieren que la cola alta de la distribución de salarios en Argentina muestra una cola moderadamente pesada, lo que implica un β cercano a 2.

Por otro lado, en el modelo, la oferta de suelo disponible para la construcción en cada punto de la ciudad está representada por la función $S(d)$, que depende de la distancia d al centro urbano. Para simplificar la calibración de esta función, asumimos que cada distancia urbana tiene una superficie proporcional a su radio. Bajo esta suposición, la superficie disponible crece linealmente con la distancia, es decir:

$$S(d) = \kappa \cdot d$$

Puntualmente, para simplificar el análisis, asumimos un valor de $\kappa = 1$, lo cual es consistente con una expansión territorial homogénea en la que el área disponible para el desarrollo urbano en cada unidad de distancia crece de manera constante. Si bien en la

¹⁰Anapolsky, S. (2020). ¿Cómo nos movemos en el AMBA? Conclusiones de la evidencia empírica y alternativas post-Covid (Documentos de Trabajo del IT N° 18). Instituto del Transporte, Universidad Nacional de San Martín.

¹¹(Cruces & Gasparini, 2009; Blanco et al., 2021)

práctica pueden existir restricciones geográficas o regulatorias que alteren este patrón, esta aproximación permite capturar la lógica geométrica básica de muchas ciudades y facilita el análisis del equilibrio espacial.

Finalmente, el parámetro φ determina la convexidad del costo de construcción en altura y, por lo tanto, la elasticidad de la altura óptima con respecto al precio del suelo. Para el contexto argentino, se adopta $\varphi = 0,75$, valor que equilibra evidencia local y comparabilidad internacional.

Por un lado, datos de cámaras y consultoras del sector (Cámara Argentina de la Construcción, Reporte Inmobiliario) indican que cada piso adicional incrementa los costos estructurales entre un 3% y un 6%, reflejando rendimientos decrecientes moderados. Por otro lado, estudios internacionales sobre costos de verticalización en grandes ciudades encuentran convexidades mayores: Ahlfeldt et al. (2015) calibran un modelo para Berlín con valores equivalentes a $\varphi \approx 0,7-0,8$, mientras que Ahlfeldt y McMillen (2018) documentan parámetros similares para Chicago.

Adoptar $\varphi = 0,75$ ubica al modelo en el rango superior de las estimaciones empíricas, capturando la aceleración de costos estructurales en edificios altos y evitando supuestos extremos de urbanización puramente horizontal o verticalización ilimitada. Este valor permite reproducir perfiles de altura y densidad bastante plausibles en el AMBA, al tiempo que mantiene consistencia con la literatura económica urbana internacional. Además, es importante destacar que si quisieramos modelar ciudad con mayor densidad (y altura) en el centro podríamos utilizar un valor de φ menor.

11. Resolución computacional y estática comparada

En esta sección se describe el procedimiento numérico utilizado para resolver el modelo. La resolución se implementa mediante algoritmos en *Python*, que permiten obtener el perfil de precios del suelo, la demanda de vivienda y las decisiones de localización de los hogares para un conjunto dado de parámetros. Asimismo, se realiza un análisis de estática comparada, explorando cómo cambios en los parámetros clave del modelo afectan las variables endógenas de equilibrio. En particular, se simulan perturbaciones que modifican el costo de transporte, las condiciones de construcción y la disponibilidad de suelo, entre otros. Este enfoque permite evaluar de manera sistemática el impacto de distintas hipótesis sobre la estructura espacial de la ciudad y el funcionamiento del mercado de vivienda.

11.1. Calibración del escenario base con parametros para el AMBA

El modelo de equilibrio espacial desarrollado en esta tesis se resolvió de forma tal que las variables principales, como los precios de vivienda, la cantidad de espacio habitacional y la distancia al centro, se expresan en unidades adimensionales. Si bien esta formulación facilita el análisis teórico y la resolución numérica, sus resultados requieren ser interpretados en unidades con sentido económico y geográfico para su comparación con datos empíricos.

En esta sección, se presenta la calibración utilizada para transformar los perfiles de equilibrio obtenidos en medidas reales. Se definen los supuestos sobre el ingreso prome-

dio de los hogares, la fracción del ingreso destinada a vivienda y transporte, el tamaño promedio de las unidades habitacionales y el radio urbano efectivo. Con estos parámetros, se convierten las magnitudes normalizadas en valores monetarios y espaciales, de manera que los resultados del modelo puedan ser contrastados con información del mercado inmobiliario y de la estructura urbana observada.

El objetivo de esta sección es, por lo tanto, otorgar interpretación económica a los gráficos derivados del modelo, permitiendo analizar gradientes de precios, densidades, tamaños de vivienda y otros indicadores urbanos en unidades comparables con datos reales.

El modelo supone una ciudad monocéntrica con distancia normalizada $d \in [0, 1]$. Para expresar la distancia en kilómetros, se asume que el radio real de la ciudad es de 40 km. Así, cada unidad de distancia en el modelo equivale a 40 km en la realidad, de modo que el eje horizontal se extiende de 0 km (centro) a 40 km (periferia).

Grafico 1: Distribución salarial

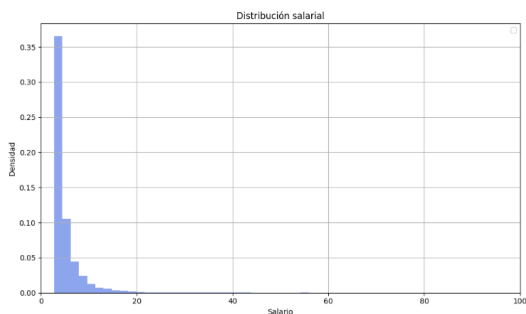


Figura 2: Distribución salarial

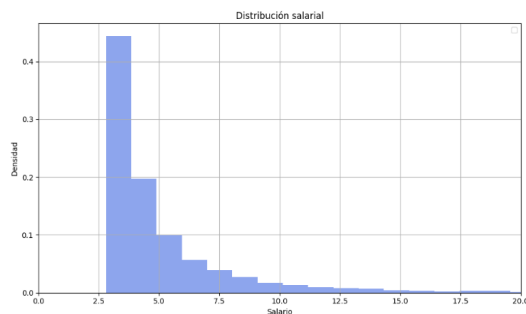


Figura 3: Distribución salarial (recortada)

Los gráficos anteriores muestran una distribución simulada de salarios en Argentina, basada en una distribución de Pareto con parámetro de forma $\beta = 2$ y un salario mínimo normalizado a 2.8. Esta elección refleja una desigualdad consistente con estimaciones empíricas para el país, donde la mayor parte de la población se concentra en niveles bajos de ingreso, mientras que una minoría concentra ingresos significativamente más altos.

Gráfico 2: Precio de la vivienda

Para construir el gráfico del precio de la vivienda $P(d)$ en función de la distancia al centro de la ciudad, reescalamos el eje Y para darle una mayor interpretabilidad, asumiendo el máximo precio de vivienda como precio base=100.

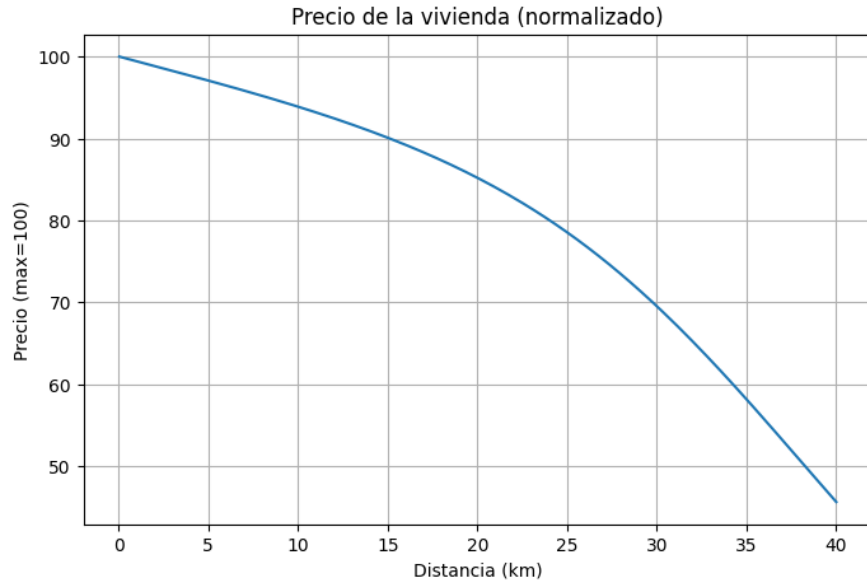


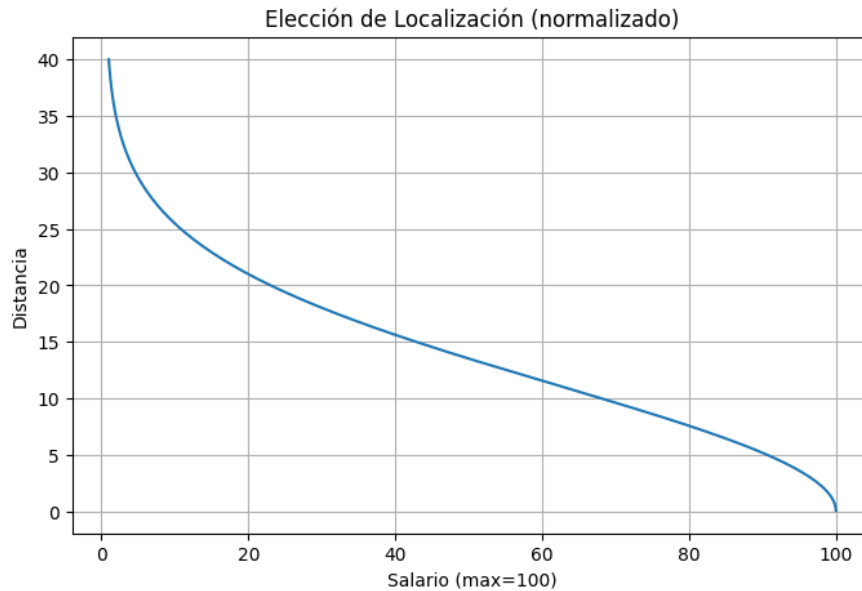
Figura 4: Precio de una unidad de vivienda

La curva decreciente refleja que el precio una unidad de vivienda es mayor en las áreas centrales. Este comportamiento es consistente con la teoría urbana del modelo Alonso-Muth-Mills, donde el gradiente de precios del suelo y la vivienda surge como un mecanismo de equilibrio frente a los costos de transporte y la demanda por accesibilidad, generando una distribución espacial de precios coherente con los patrones observados en áreas metropolitanas como el AMBA. Además, expresar estos precios en términos relativos permite visualizar con mayor claridad la relación porcentual de los mismos a lo largo del espacio urbano, evidenciando cómo los hogares con mayor poder adquisitivo tienden a ubicarse en el centro, donde los precios alcanzan su valor máximo, mientras que en la periferia el precio es aproximadamente un 55 % menor, es decir, aproximadamente la mitad del precio.

Grafico 3: Elección de localización

Los salarios del modelo se transformaron para representar valores reales en pesos. Para ello, utilizamos los estratos sociales de ingreso reportados para 2025, expresados como miles de pesos diarios, donde el estrato superior (ABC1) percibe aproximadamente 680 mil pesos por día, y el estrato inferior (D2/E) alrededor de 19 mil pesos diarios. La escala de salarios se ajustó de manera logarítmica para abarcar todo el rango.¹² Luego reescalamos estos salarios a una escala donde el salario máximo toma valor 100, a fin de darle una mayor interpretabilidad.

¹²Estructura social de Argentina en el segundo trimestre de 2025 (Moiguer).

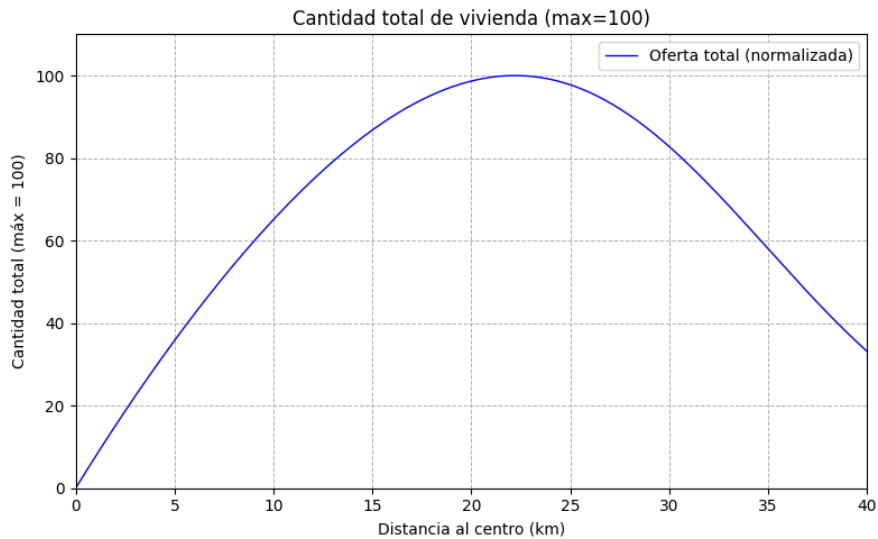


La curva de localización indica que los hogares con mayores ingresos tienden a ubicarse más cerca del centro de la ciudad, mientras que los hogares de ingresos más bajos se concentran en áreas periféricas. Esta distribución espacial refleja el equilibrio entre los beneficios de accesibilidad que valoran los hogares de mayor poder adquisitivo y los menores costos de vivienda en la periferia que atraen a los hogares de menores ingresos. Este patrón es coherente con la teoría urbana que describe cómo los gradientes de renta y los costos de transporte determinan la estructura socioeconómica de las áreas metropolitanas.

Gráfico 4: Cantidad total de vivienda

Utilizamos la distribución espacial de la oferta de vivienda total en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA). La curva original del modelo fue calibrada para que la distancia cubra el rango de $d \in [0, 40]$ km, abarcando todo el AMBA y la integral de $H(d)$ sobre toda la ciudad corresponda al stock total de vivienda. Luego, reescalamos para que la máxima cantidad de vivienda sea equivalente al valor 100.¹³

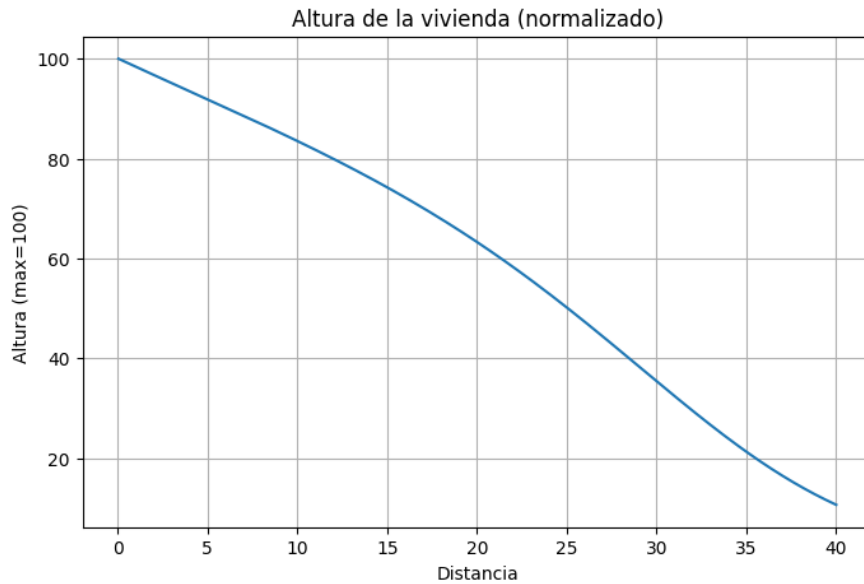
¹³Fuente:CAF. (2017). Crecimiento urbano y acceso a oportunidades: un desafío para América Latina. Reporte de Economía y Desarrollo (RED 2017). Banco de Desarrollo de América Latina.



La curva revela que la cantidad de vivienda crece con la distancia desde el centro, alcanzando un máximo cercano a los 23 kilómetros, para luego disminuir en las zonas más periféricas. Este patrón refleja el equilibrio entre dos fuerzas: la densidad constructiva, que tiende a ser más alta en las zonas centrales pero en superficies reducidas, y el área disponible para urbanización, que aumenta con la distancia. El resultado es un pico de oferta en la periferia intermedia, consistente con la estructura urbana extendida que surge en áreas metropolitanas como el AMBA.

Gráfico 5: Altura de la vivienda

Presentamos la altura promedio de las edificaciones $h(d)$ en función de la distancia al centro urbano para el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA). El eje vertical representa la altura construída y el eje horizontal la distancia al centro.



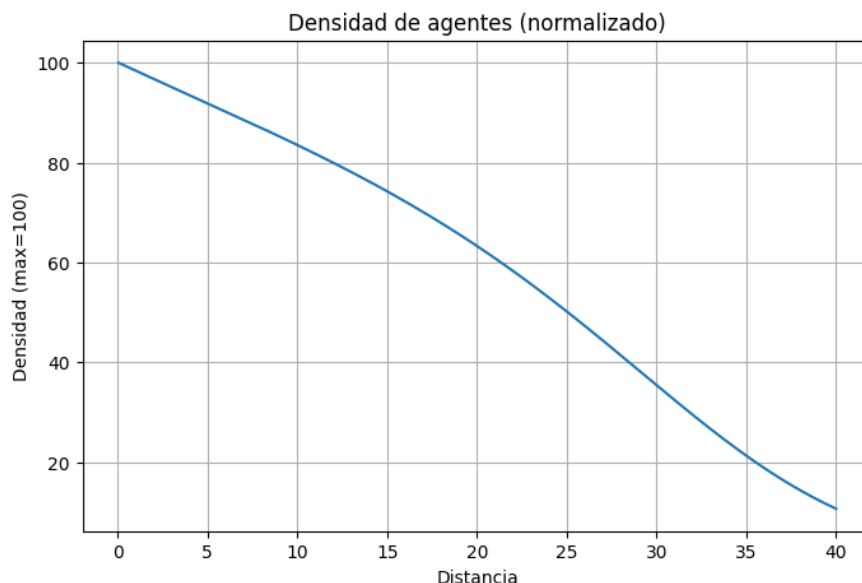
La curva decreciente refleja que las edificaciones más cercanas al centro tienden a tener mayor altura. Puntualmente, en la periferia las viviendas tienen aproximadamente un

15% de la altura del centro. (por ejemplo si, en la periferia las viviendas tienen una altura promedio de 1.5 pisos, en el centro alcanzan una altura promedio de 10 pisos). Este patrón responde a los incentivos económicos y las restricciones urbanísticas: en las zonas centrales, donde los precios del suelo son más altos, resulta rentable construir en altura a pesar de los mayores costos por piso, mientras que en las zonas periféricas, con terrenos más abundantes y precios más bajos, predominan construcciones de baja densidad. Este comportamiento es coherente con el modelo de costos crecientes por altura y con la estructura observada en áreas metropolitanas como el AMBA.

Gráfico 6: Densidad de agentes

Mostramos la densidad de población en función de la distancia al centro urbano para el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA). La densidad se expresa como personas por metro cuadrado (pers/m²).

La curva del gráfico surge de la densidad relativa obtenida en el modelo monocéntrico, reescalada para que el máximo tome un valor igual a 100.



La curva decreciente refleja que las áreas centrales concentran una mayor cantidad de habitantes por unidad de superficie, mientras que la densidad disminuye de manera continua hacia la periferia, donde predominan ocupaciones más dispersas. Particularmente, vemos una reducción en la densidad poblacional del 85%. Este patrón es consistente con la estructura espacial urbana observada en el AMBA y responde al equilibrio entre los costos de vivienda, la accesibilidad al centro y la disponibilidad de tierra, factores que determinan tanto la localización de los hogares como la forma de la ciudad en modelos monocéntricos de economía urbana. Al comparar con los datos vemos una distribución similar; en el centro de la ciudad ($d = 0$), la densidad alcanza aproximadamente 0,03 pers/m², equivalente a 30.000 habitantes por kilómetro cuadrado.¹⁴ Asimismo, en la periferia, en zonas como Pilar vemos una densidad de aproximadamente 1000 personas por kilómetro cuadrado.

¹⁴Datos de GCBA para la Comuna 3

11.2. Escenario base

Volviendo al escenario base en unidades normalizadas, presentamos un cuadro con todas las figuras presentadas anteriormente a modo de resumen del comportamiento de las diferentes variables en el escenario calibrado.

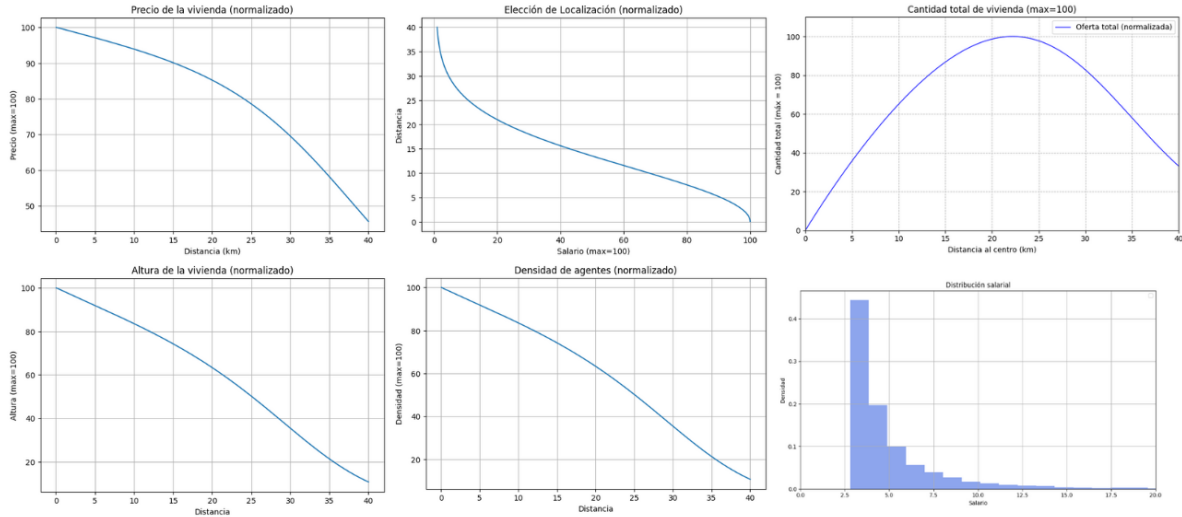


Figura 5: Resumen del escenario base

La Figura anterior presenta el equilibrio espacial del modelo bajo el supuesto de que los hogares con mayores ingresos eligen residir más cerca del centro urbano. A continuación se detallan las relaciones que surgen de los distintos paneles:

El precio de la vivienda por metro cuadrado decrece de forma continua a medida que aumenta la distancia al centro. Este patrón es consistente con la evidencia empírica, ya que las zonas más alejadas son menos accesibles y atractivas, por lo que requieren precios más bajos para atraer a los hogares. En equilibrio, el precio compensa los mayores costos de transporte.

En cuanto a la elección de localización, los hogares con mayores ingresos (mayor w) tienden a ubicarse más cerca del centro. Esta asignación refleja el mayor costo de oportunidad de su tiempo, por lo que eligen minimizar los tiempos de traslado para conservar una mayor parte de su ingreso disponible.

La proporción de agentes $n(d)$ presenta una distribución con forma invertida en U a lo largo de la ciudad. A medida que nos alejamos del centro, la proporción de hogares primero aumenta debido a precios más accesibles, pero luego disminuye por la menor accesibilidad y atractivo de la periferia.

La vivienda total consumida $H(d)$, medida en metros cuadrados por zona, sigue un patrón similar: inicialmente crece, luego se estabiliza y finalmente comienza a decrecer en las zonas más alejadas. Esto refleja el equilibrio entre el espacio disponible, los precios y la decisión de localización de los hogares.

Respecto a la altura de construcción $h(d)$, esta disminuye con la distancia al centro. En las zonas céntricas, donde el suelo es más caro, resulta rentable construir en altura, mientras que en la periferia se edifican viviendas más bajas, reflejando la menor presión sobre el precio del suelo.

Finalmente, la densidad de agentes $n(d)/S(d)$, es decir, la densidad poblacional efectiva, decrece con la distancia. Aunque la proporción de hogares inicialmente aumenta (como se observó en $n(d)$), el terreno disponible crece a un ritmo más rápido, lo que reduce la densidad relativa en las zonas alejadas.

En conjunto, este equilibrio refleja un patrón clásico de ciudad monocéntrica: los hogares de mayores ingresos se concentran cerca del centro urbano, aceptando precios más altos a cambio de reducir sus costos de transporte, mientras que los hogares de menores ingresos se ubican más alejados, accediendo a suelo más barato a cambio de soportar mayores tiempos de viaje.

11.3. Análisis de estática comparada

A continuación se presentan los efectos de distintos shocks sobre las variables endógenas del modelo urbano. El objetivo es observar cómo cambios en parámetros clave modifican el equilibrio espacial de la ciudad.

Precio de la vivienda

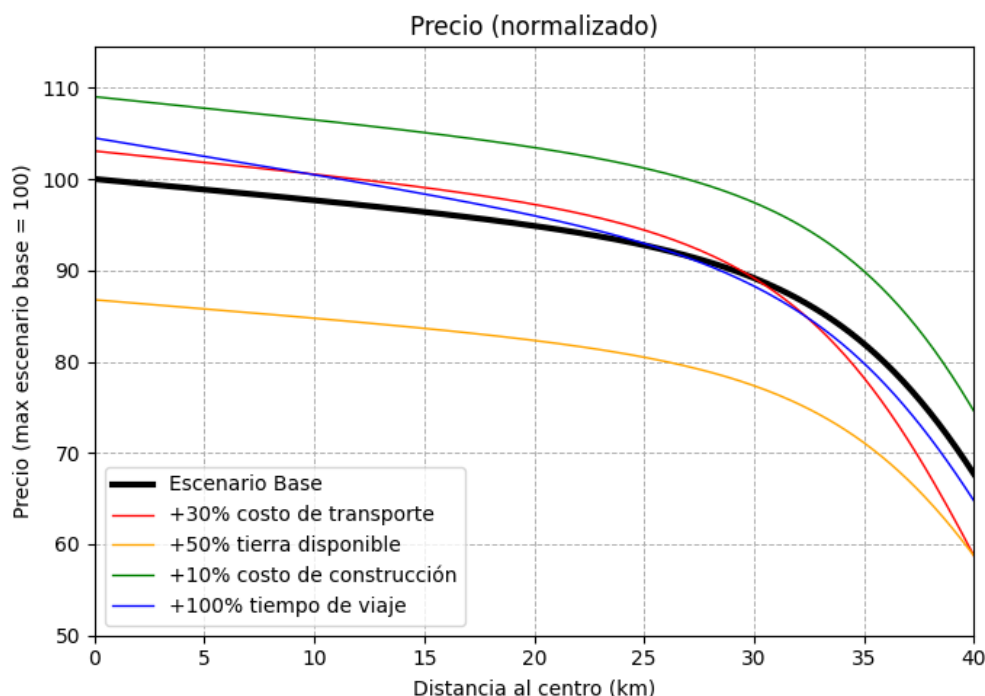


Figura 6: Precio de la vivienda en función de la distancia al centro ante distintos shocks.

El precio de la vivienda varía significativamente ante distintos shocks. Cuando aumenta el costo de transporte, se abarata la periferia al resultar menos atractiva para los agentes, haciendo que los precios se eleven en las zonas más céntricas, donde la demanda aumenta. Si se incrementa la disponibilidad de suelo, pensaríamos que se amplía la oferta habitacional, pero luego lo que va a ajustar es la altura construida, por lo que la firma constructora va a enfrentar menores costos y, por condición de beneficio cero, van a bajar los precios para todas las distancias. Una aumento en los costos de construcción

genera un encarecimiento generalizado, especialmente en las zonas de mayor densidad respecto de la periferia. Finalmente, un aumento del tiempo de viaje acentúa el patrón de precios elevados en las zonas centrales y deprimidos en la periferia, de manera similar a lo que ocurría con un aumento en el costo de transporte monetario, lo que tiene sentido, pues este shock también representa un aumento en el costo de oportunidad de viaje.

Altura de la vivienda

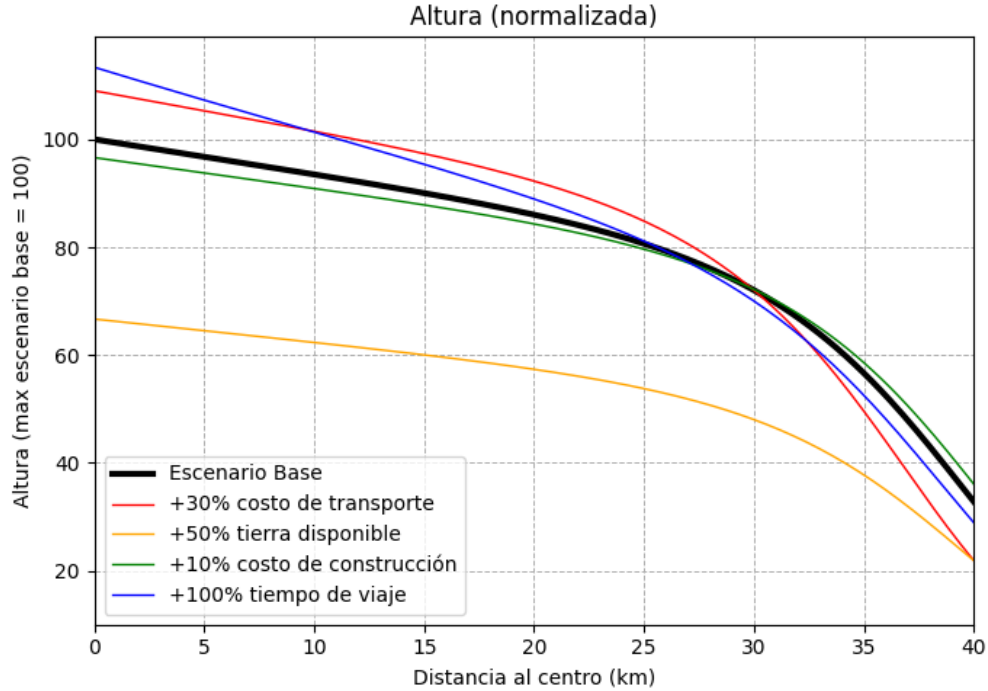


Figura 7: Altura de la vivienda en función de la distancia al centro ante distintos shocks.

La altura de la vivienda responde directamente a los cambios en los parámetros del modelo. Cuando sube el costo de transporte, la necesidad de aprovechar mejor el suelo céntrico motiva una mayor verticalización. Una mayor disponibilidad de suelo permite expandir la ciudad horizontalmente, reduciendo la necesidad de construir en altura. El aumento en los costos de construcción desincentiva la construcción vertical en el centro y la fomenta en la periferia, dada la forma funcional creciente del mismo, que genera rendimientos decrecientes a escala. Asimismo, un incremento en el tiempo de viaje tiene un efecto similar al del aumento en el costo de transporte, incentivando edificaciones más altas en las zonas centrales y más bajas en las periféricas.

Cantidad total de vivienda

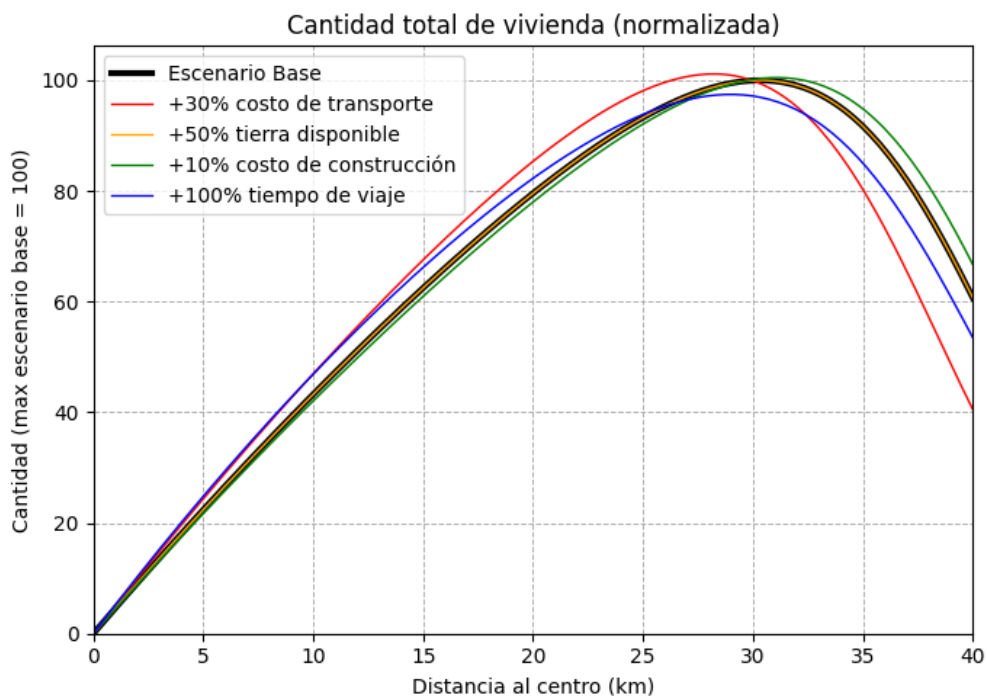


Figura 8: Oferta total de vivienda en función de la distancia al centro ante distintos shocks.

El aumento del costo de transporte concentra la oferta en las zonas más cercanas al centro, mientras el aumento en los costos de construcción expanden la oferta hacia la periferia. El aumento en la cantidad de tierra disponible no modifica esta variable, puesto que no cambia la elección de localización de los individuos, y la caída en la altura se compensa perfectamente con la mayor tierra disponible. Por último, un aumento en el tiempo de viaje genera una mayor centralización de la oferta, al hacer menos atractivas las zonas alejadas del centro.

Densidad poblacional

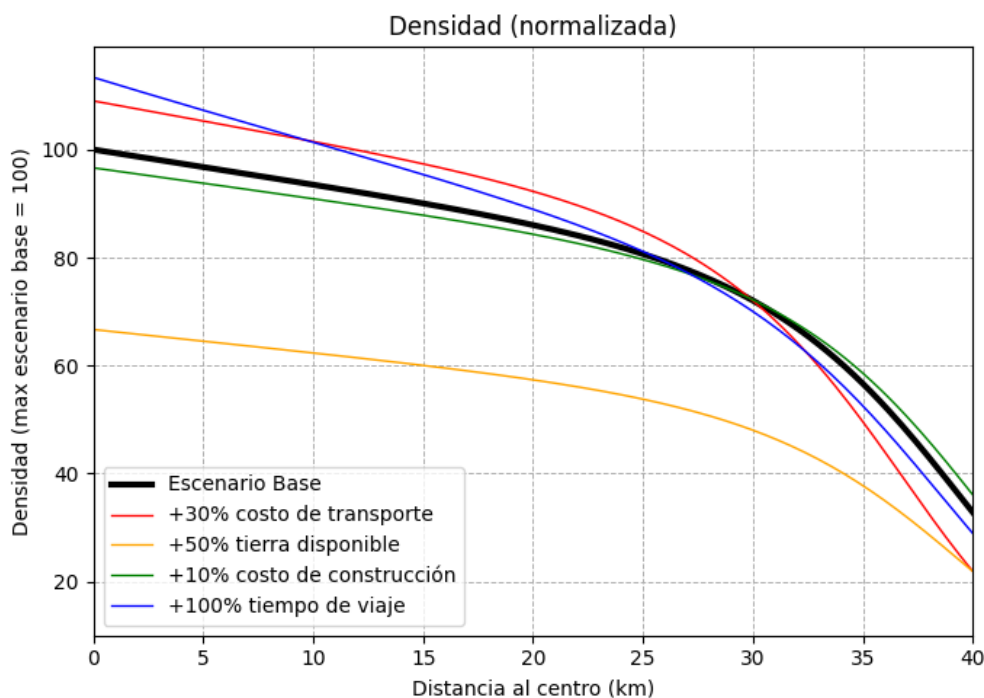


Figura 9: Densidad poblacional según la distancia al centro ante distintos shocks.

El aumento del costo de transporte incrementa la densidad en el centro, ya que más hogares intentan ubicarse cerca de sus lugares de trabajo y la disminuye en las zonas más alejadas de él. Una mayor disponibilidad de suelo reduce la densidad promedio, ya que, si bien la cantidad de vivienda se mantiene constante, la cantidad de suelo crece y los individuos están más dispersos como consecuencia. El aumento de los costos de construcción hace caer la densidad en zonas centrales al desincentivar construcciones en altura. El aumento en el tiempo de viaje refuerza la densidad en las zonas céntricas, pero nuevamente, recordando que los hogares mas ricos viven en el centro, estos se ven más movilizadas por el aumento en el tiempo de viaje que por el incremento del costo del mismo, al revés que los hogares menos favorecidos.

Elección de localización según salario

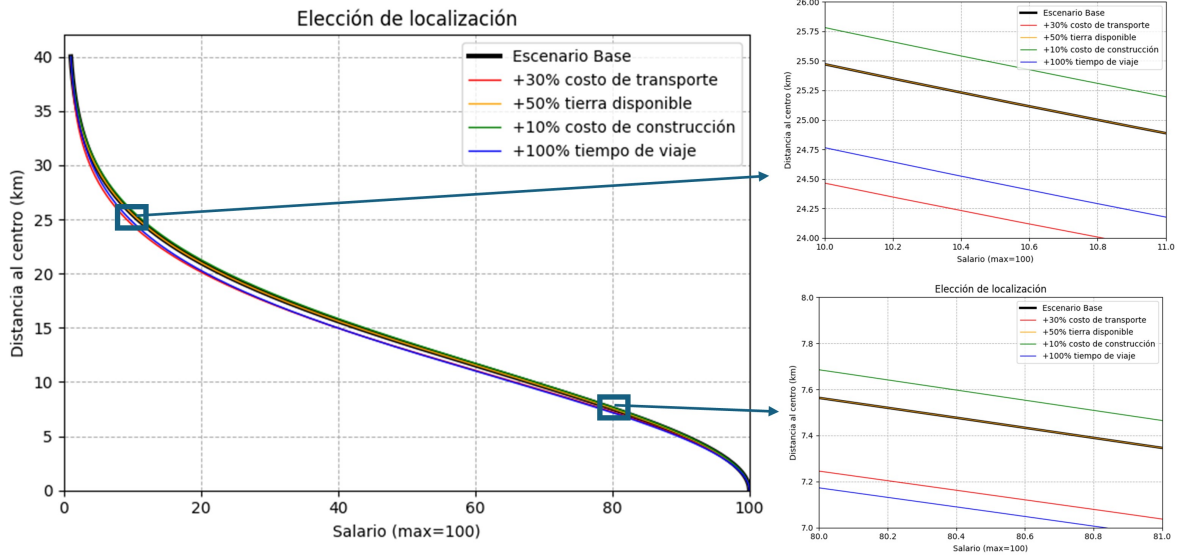


Figura 10: Localización de hogares según salario ante distintos shocks.

Cuando el costo de transporte o el tiempo de viaje aumentan, los hogares tienden a ubicarse en zonas más cercanas al centro para minimizar el gasto en transporte, ahora bien, como vemos este efecto no es el mismo para todos los niveles de ingreso: a los hogares más pobres les afecta en mayor medida los aumentos en el costo de transporte mientras que a los hogares más pudientes se ven más movilizadas por el aumento en el tiempo de viaje, lo cual tiene sentido puesto que estos últimos tienen que enfrentar un mayor costo en términos de su ingreso por demorar más en ir al trabajo. El incremento en los costos de construcción resulta en una mayor dispersión del centro de la ciudad, mientras que una mayor disponibilidad de tierra no tiene efectos sobre esta decisión, al no modificarse ni el beneficio ni el costo marginal que enfrentan los agentes.

Síntesis

En conjunto, el equilibrio refleja un patrón clásico de ciudad monocéntrica: los hogares de mayores ingresos se concentran cerca del centro, aceptando precios más altos para reducir sus costos de transporte, mientras que los hogares de menores ingresos se distribuyen de manera más heterogénea en función de los parámetros del modelo. Los shocks analizados modifican la estructura espacial, mostrando la sensibilidad del modelo a las políticas urbanas y cambios tecnológicos que afectan el transporte, el suelo y la construcción.

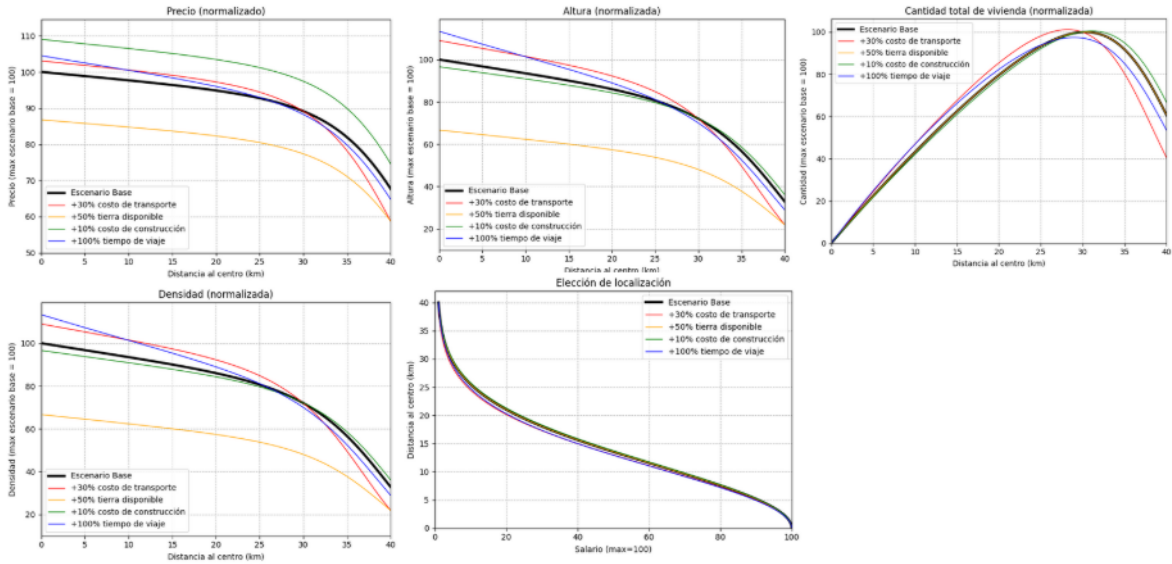


Figura 11: Resumen de los shocks

12. Efecto de la desigualdad en la geografía urbana

En esta sección vamos a analizar cómo varía el equilibrio espacial ante cambios en la distribución de los salarios. Para ello, modificamos el parámetro β de la distribución de Pareto truncada que describe la heterogeneidad de ingresos entre los agentes.

Recordemos que β determina el grosor de la cola superior: un valor más bajo implica una distribución más desigual, con mayor concentración de ingresos en los estratos altos. Por el contrario, al aumentar β , la distribución se vuelve más equitativa, con una menor dispersión relativa entre salarios altos y bajos.

La hipótesis central es que la desigualdad salarial impacta en la geografía urbana ya que afecta la localización de los distintos tipos de hogares, cómo se distribuye la densidad poblacional y cómo se configura el gradiente de precios. A continuación, comparamos dos escenarios: uno con $\beta = 2$ y otro con $\beta = 2,5$, manteniendo constantes el ingreso mínimo y máximo.

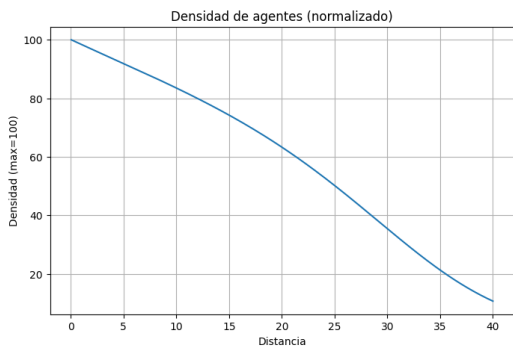


Figura 12: $\beta = 2$

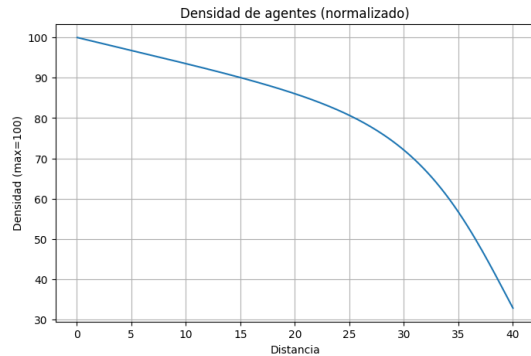


Figura 13: $\beta = 2,5$

Las figuras ilustran el efecto del parámetro β sobre la distribución espacial de la densidad poblacional. Al incrementar β de 2 a 2,5, la distribución de salarios se vuelve más equitativa, lo que tiene consecuencias claras sobre la forma urbana resultante.

En el escenario con $\beta = 2$, la densidad cae de forma más abrupta con la distancia al centro: los hogares de mayores ingresos tienden a ubicarse cerca del centro, mientras que los de menores ingresos se relegan a la periferia. Esto genera una ciudad más centralizada y jerárquica en su estructura.

Por el contrario, con $\beta = 2,5$, la caída de la densidad es más suave, reflejando una menor segregación espacial. La mayor equidad en la distribución de ingresos permite que un mayor número de agentes accedan a zonas intermedias y centrales, atenuando el gradiente de localización. Esto da lugar a una ciudad más homogénea y extendida.

En resumen, la desigualdad en los ingresos (capturada por β) tiene un rol central en la configuración espacial del equilibrio: una menor desigualdad genera una ciudad más integrada, con menor polarización territorial.

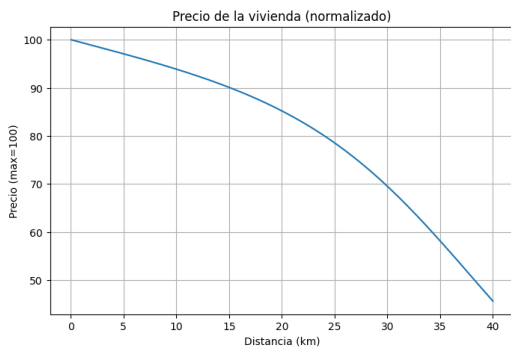


Figura 14: $\beta = 2$

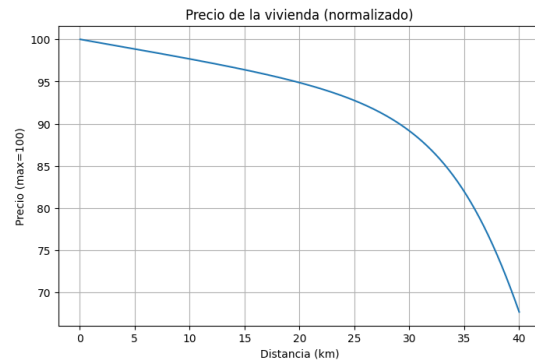


Figura 15: $\beta = 2,5$

Las Figuras 14 y 15 muestran cómo se modifica el gradiente de precios del suelo urbano ante un cambio en la distribución salarial.

Con $\beta = 2$, la mayor desigualdad genera una fuerte competencia por ubicarse cerca del centro, lo que se traduce en un gradiente de precios más empinado: las zonas centrales tienen precios significativamente más altos, y los precios caen rápidamente con la distancia. Este patrón es coherente con un entorno urbano más jerárquico, donde solo los hogares con mayores ingresos pueden costear las zonas centrales.

En cambio, al aumentar β a 2,5, la distribución salarial se vuelve más equitativa, lo que reduce las diferencias de poder adquisitivo entre agentes. Como consecuencia, el gradiente de precios se aplana: las viviendas en zonas intermedias y periféricas tienden a encarecerse, mientras que las centrales se vuelven relativamente más accesibles.

En suma, una menor desigualdad en los ingresos no solo impacta sobre la localización de los hogares, sino que también modifica los precios relativos del suelo urbano, generando una ciudad con una distribución de precios más uniforme.

13. Extensión: Congestión en el viaje

En esta sección vamos a incorporar una externalidad generada a partir de la congestión de la infraestructura de transporte disponible en la ciudad. La motivación es simple: a medida que la población crece, también lo hace la demanda por desplazarse hacia el centro y consecuentemente comienzan a saturarse las vías de acceso, incrementando los tiempos de viaje para todos los individuos, algo bastante común que experimentan todas las grandes urbes del mundo.

Formalmente, vamos a modelar la congestión como una externalidad para el agente que es creciente en la cantidad acumulada de personas que residen a una distancia menor o igual a él mismo; en este escenario, naturalmente, los más afectados por la congestión son aquellos individuos que residen más lejos del centro de la ciudad, que, como vimos antes, son también las personas con menores ingresos.

Para un individuo dado, vamos a redefinir su tiempo de viaje como:

$$\delta_T d + \theta_e \int_0^d g(s) ds$$

- θ_e : parámetro de congestión.
- $g(s)$: densidad de población en la distancia s .

Es importante notar que la externalidad por congestión en el tiempo de viaje es completamente exógena desde la perspectiva de cada individuo. Aunque los agentes no internalizan el impacto de su decisión de localización sobre el nivel de congestión general, dicha externalidad sí incrementa el costo efectivo de transporte para aquellos hogares que residen en zonas más alejadas del centro. Debido a esto mismo, la congestión no modifica la estructura del problema de optimización individual, por lo que su resolución y desarrollo se mantienen exactamente iguales a la versión anterior sin externalidad. En consecuencia, las decisiones relativas a la localización residencial, el consumo de vivienda, la elección de altura, así como la formación de precios de la vivienda y las características del equilibrio espacial de la ciudad (como la densidad poblacional o la oferta total de vivienda), se mantienen inalteradas respecto del modelo sin congestión. Como el tiempo de traslado de una persona ahora no depende solo de la distancia sino también de las decisiones de localización de todo el resto de agentes, lo que sí se ve afectado, por el aumento del tiempo total de viaje, es el nivel de ingreso neto disponible para el consumo y la elección del tamaño del hogar, lo cual impacta negativamente sobre el bienestar individual.

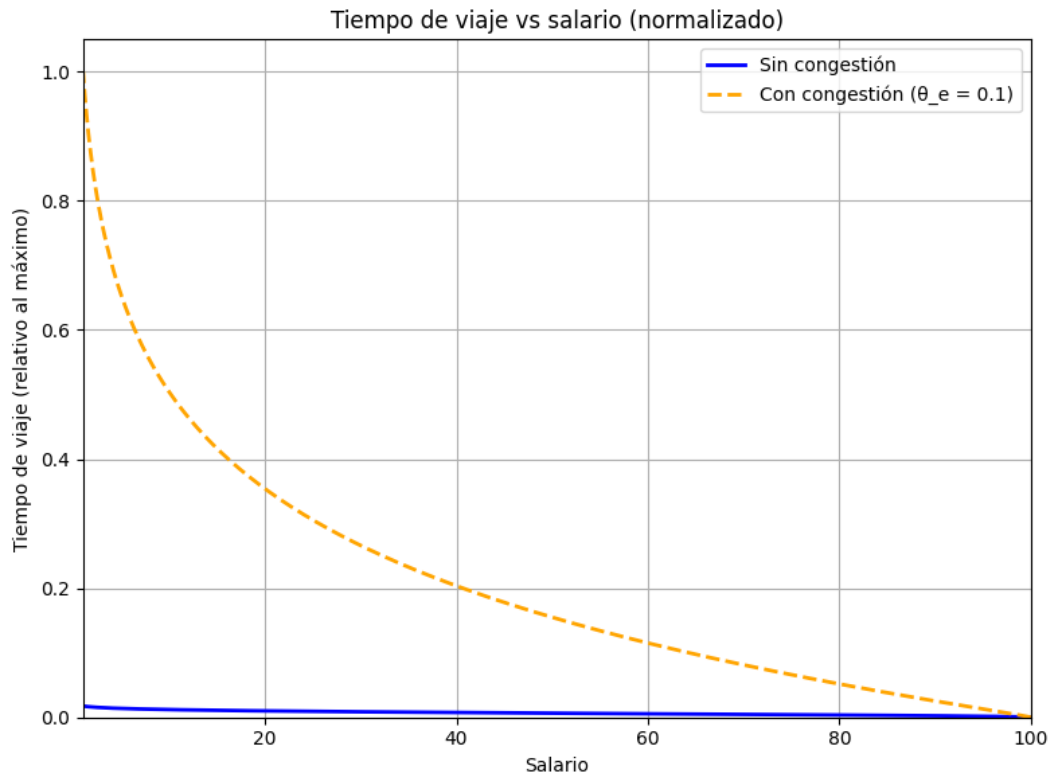


Figura 16: Impacto de la congestión en el tiempo de viaje

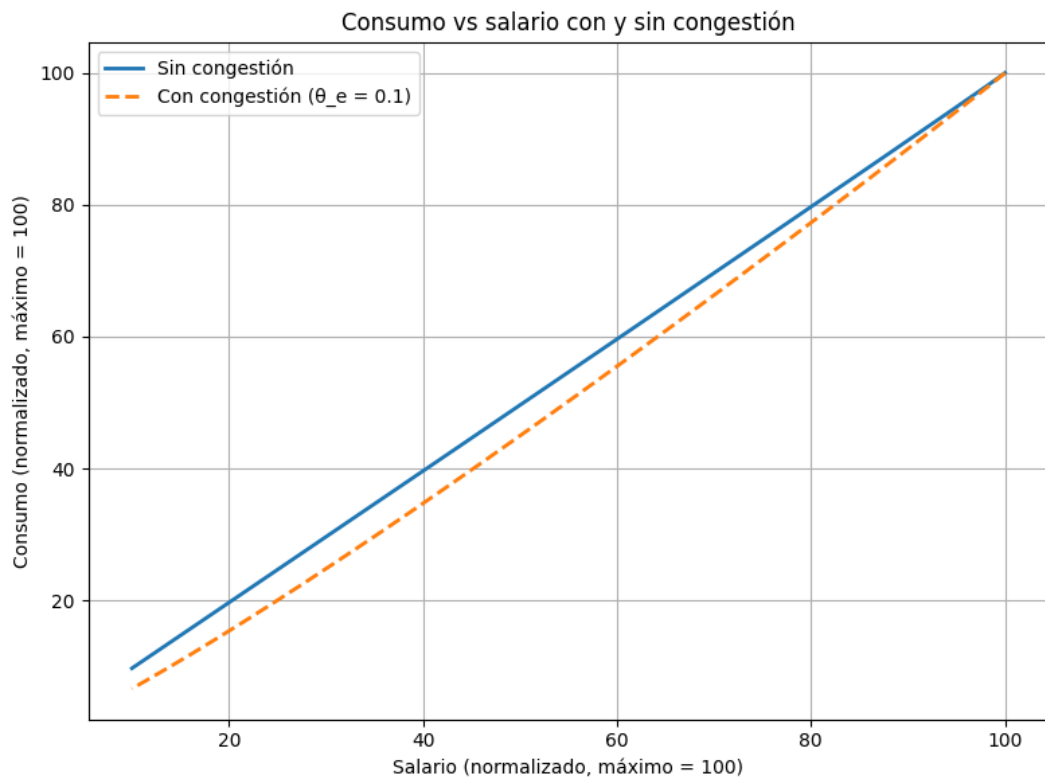


Figura 17: Impacto de la congestión en el consumo

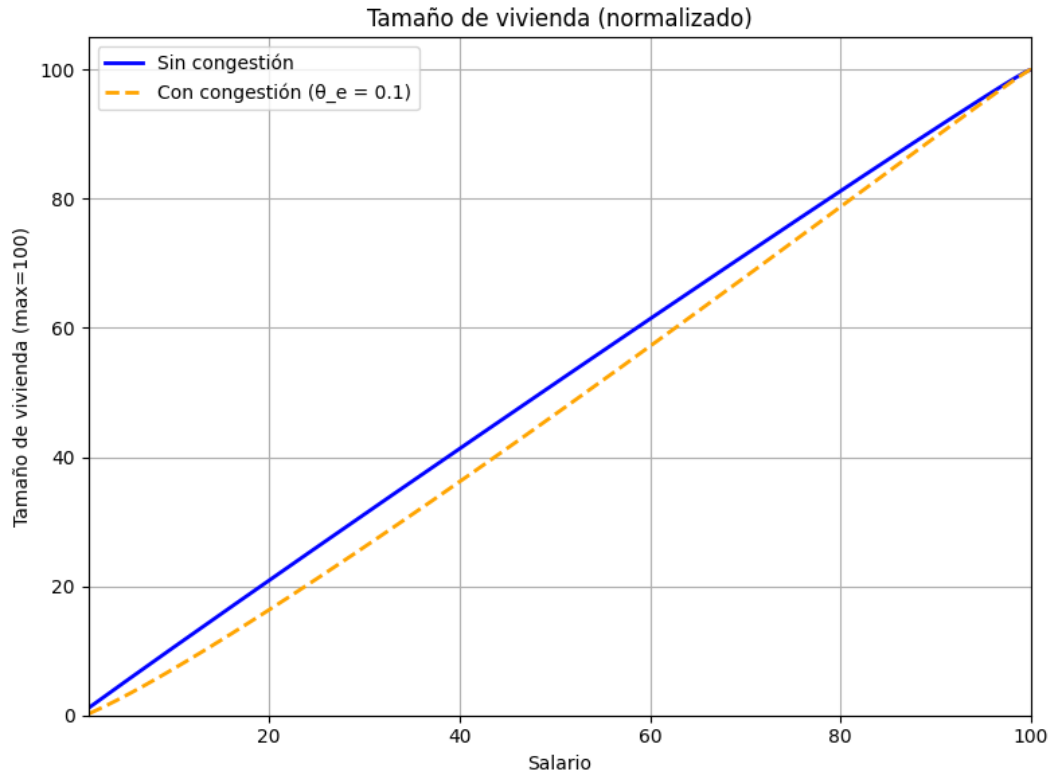


Figura 18: Impacto de la congestión en el tamaño de la vivienda

Como podemos ver en las figuras anteriores, el impacto de esta nueva externalidad no es homogéneo a lo largo de la escala salarial: este es mucho más severo para los hogares de menores ingresos, como consecuencia también de su elección de localización óptima, más alejada del centro de la ciudad. Dichos hogares son los que van a experimentar una mayor pérdida de bienestar, al tener niveles de consumo menores que antes y hogares más pequeños. Por el contrario, las familias de mayores ingresos, localizadas en las zonas centrales, apenas se ven afectadas por esta externalidad, llegando incluso a experimentar niveles de utilidad prácticamente idénticos entre el escenario con y sin congestión. En particular, aquellos agentes que residen en el centro, asociados al salario más alto en la economía (normalizado a 100), resultan completamente indiferentes a la presencia de congestión.

Estos resultados permiten concluir que la congestión urbana genera una externalidad regresiva, profundizando las desigualdades espaciales y económicas dentro de la ciudad. Si bien la configuración general del equilibrio urbano permanece inalterada, al tratarse de una externalidad exógena no internalizada por los agentes, los efectos sobre el bienestar son significativos y desiguales, lo que puede dar lugar a posibles discusiones de políticas públicas para mitigar estos efectos.

13.1. Shock al costo de transporte en el contexto de la externalidad de congestión

A continuación vamos a tomar un ejemplo de shock al costo de transporte en la ciudad teniendo como punto de partida el escenario con externalidad analizado anteriormente.

En rigor, vamos a reducir este costo a la mitad y ver como esto impacta en las diferentes variables y elecciones que configuran el equilibrio

Precio de la vivienda

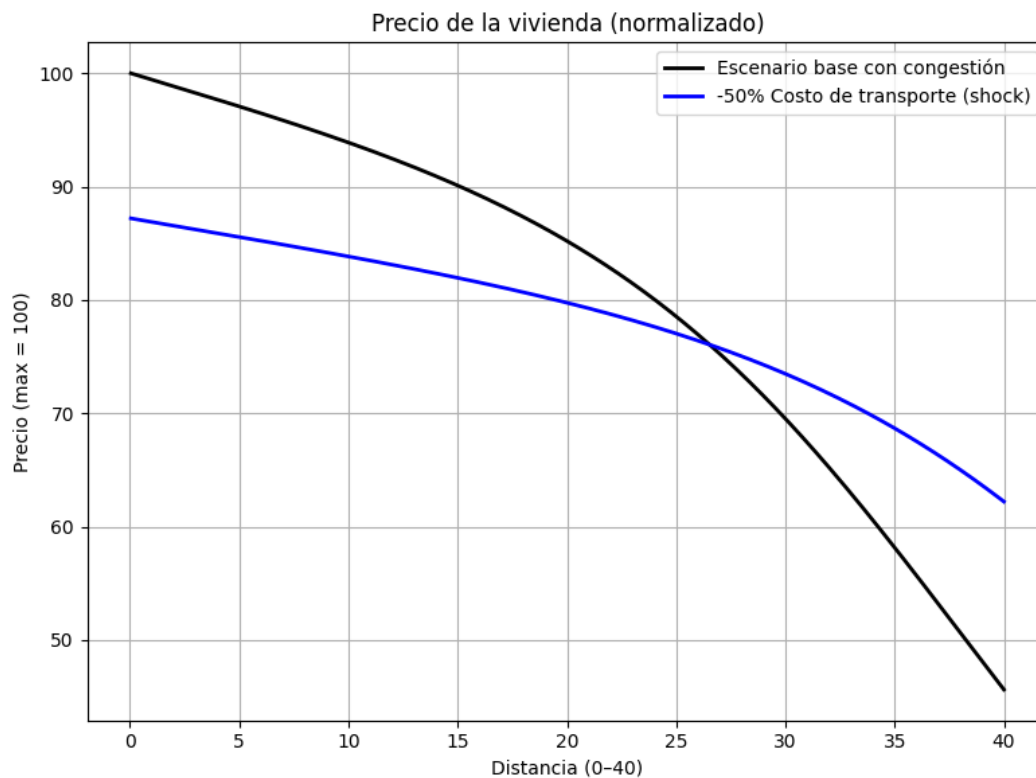


Figura 19: Impacto del shock en el precio de la vivienda en un contexto con congestión

Cuando se abarata el costo de transporte, los precios en el centro disminuyen mientras que en la periferia aumentan, esto se da por una mayor demanda de los agentes por mudarse más lejos y residir en viviendas de mayor tamaño. En consecuencia, vemos una convergencia en los precios entre la periferia y el centro.

Elección de Localización

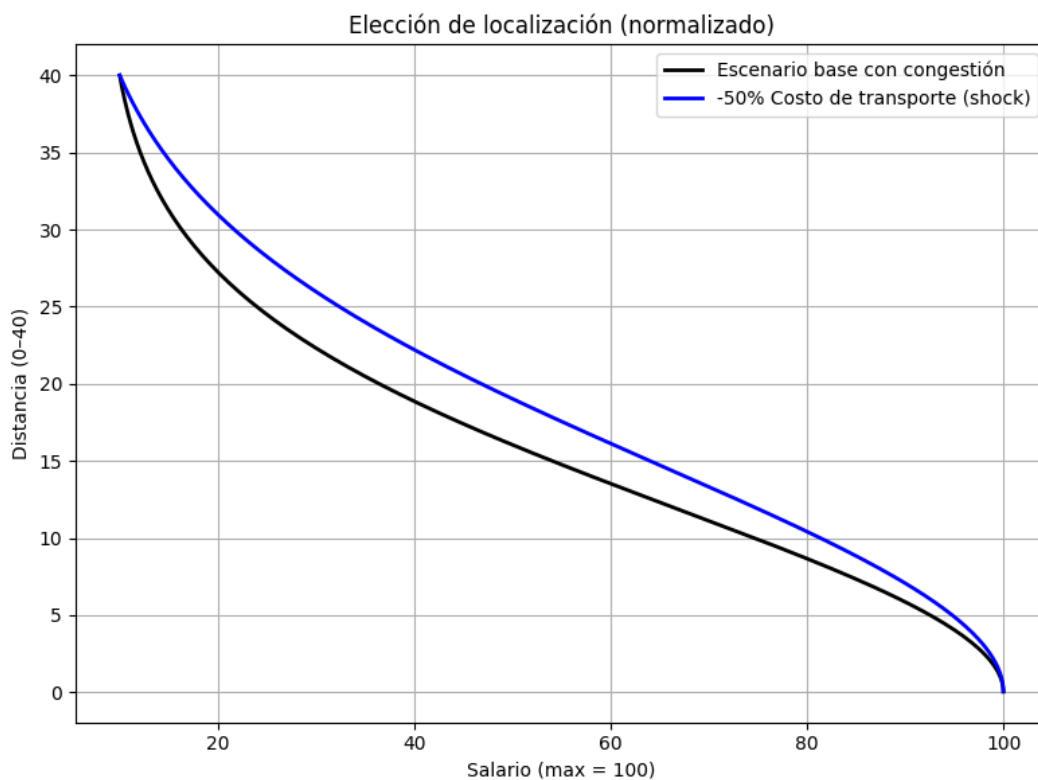


Figura 20: Impacto del shock en la elección de localización en un contexto con congestión

La reducción en el costo de transporte, como vimos antes indirectamente, hace que los individuos, dado su salario, decidan óptimamente residir en puntos más alejados del centro de la ciudad. Naturalmente, como la extensión de la zona urbana está fija en 40 km, este impacto se ve reducido en ambos extremos de la ciudad.

Cantidad de vivienda disponible

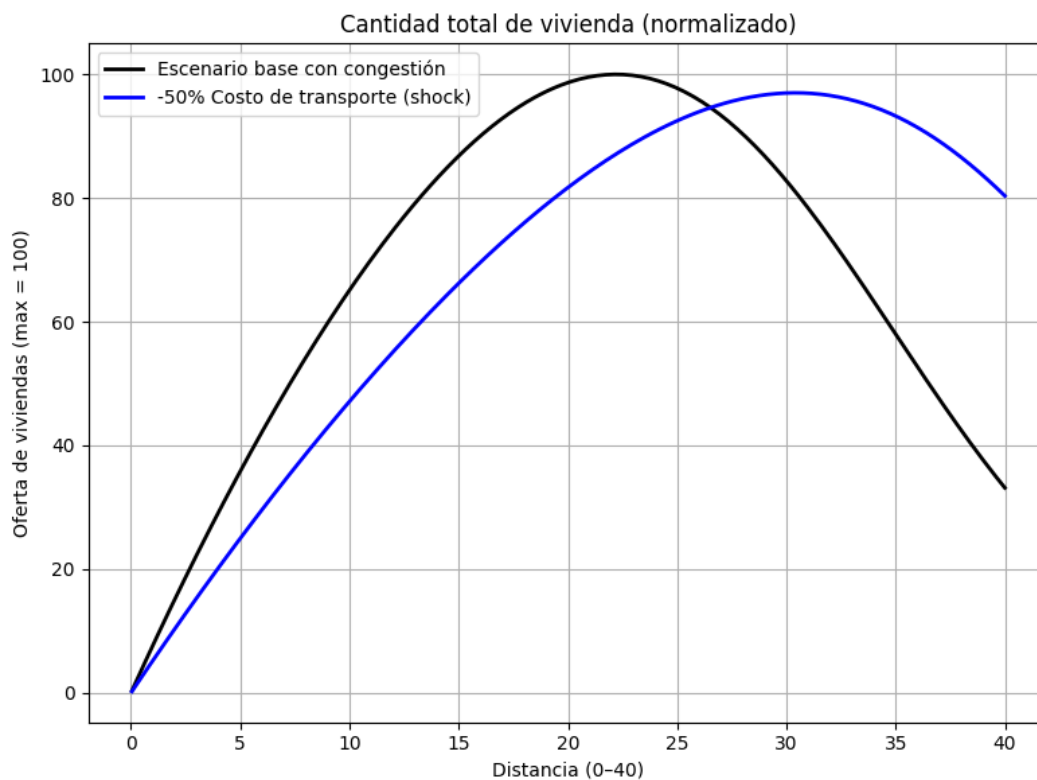


Figura 21: Impacto del shock en la cantidad de vivienda disponible en un contexto con congestión

En combinación con los efectos que vemos hasta ahora, el resultado de este shock al costo de transporte hace que haya una mayor cantidad de área disponible para vivienda en la periferia y una menor en el centro respecto del escenario original.

Altura de la vivienda

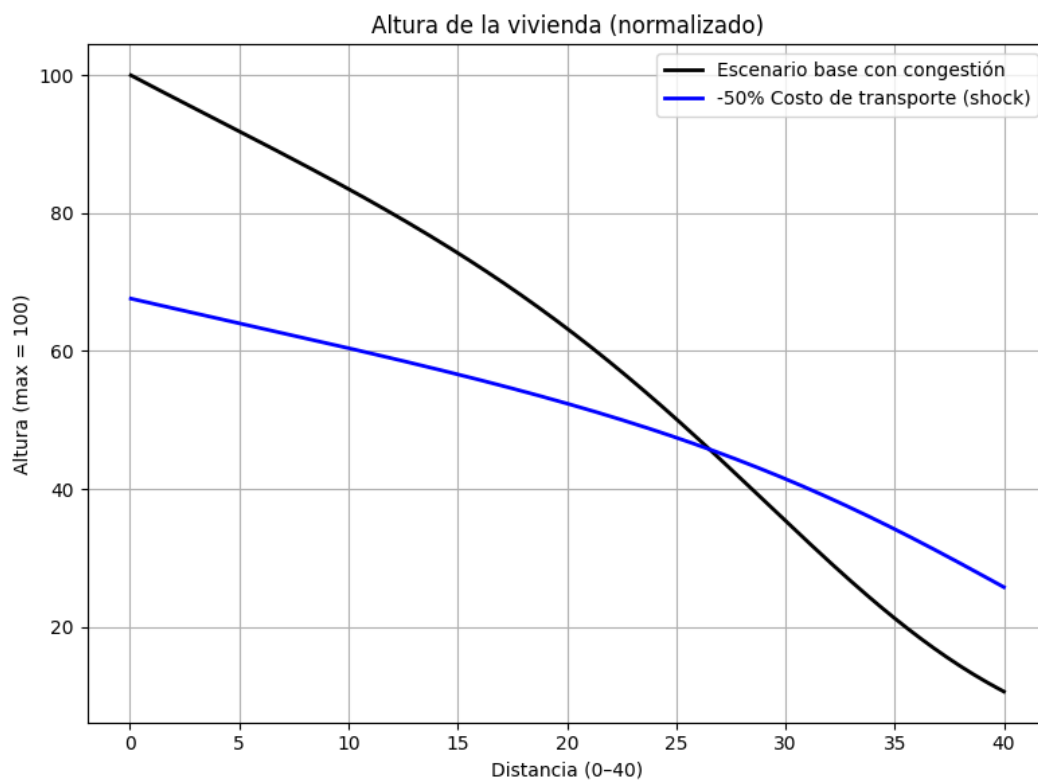


Figura 22: Impacto del shock en la altura construída en un contexto con congestión

Como la cantidad de tierra disponible se mantiene inalterada, naturalmente lo que ajustó su magnitud para explicar todos los efectos anteriores fue la altura. Podemos ver una clara convergencia entre el centro y la periferia a partir de la reducción del costo de viaje.

Densidad poblacional

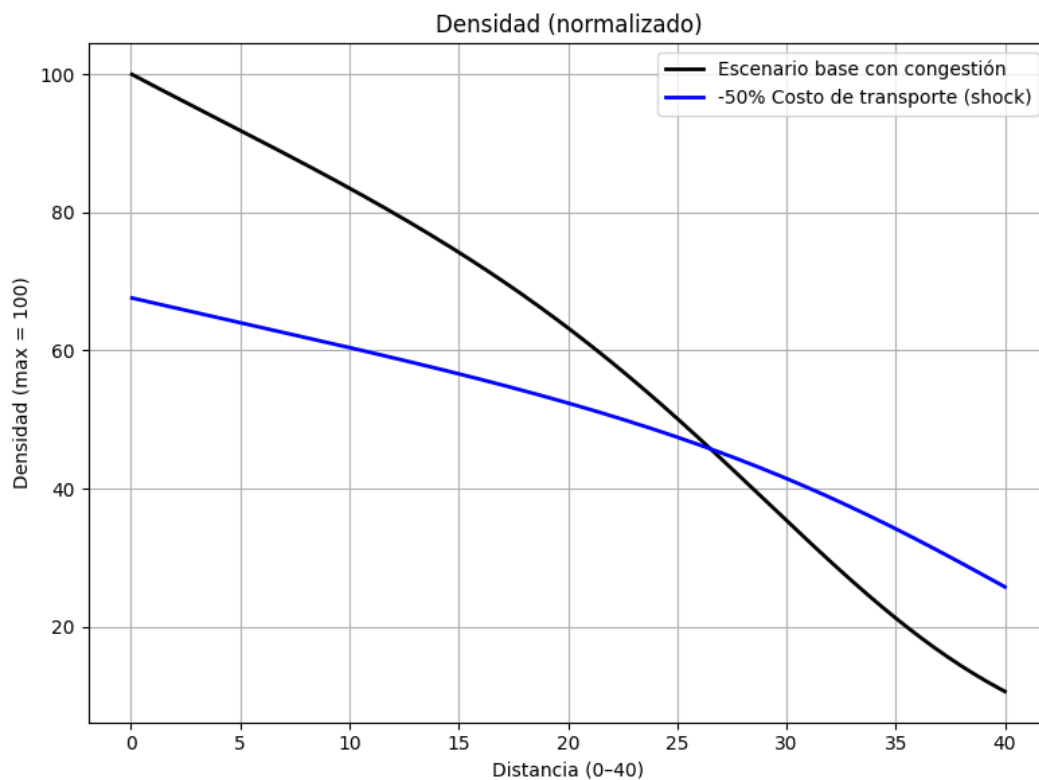


Figura 23: Impacto del shock en la densidad poblacional en un contexto con congestión

La consecuencia final y esperable luego de la combinación de todos los impactos anteriores es una reducción en la densidad poblacional en el centro y un aumento en la misma en los lugares más alejados.

Consumo

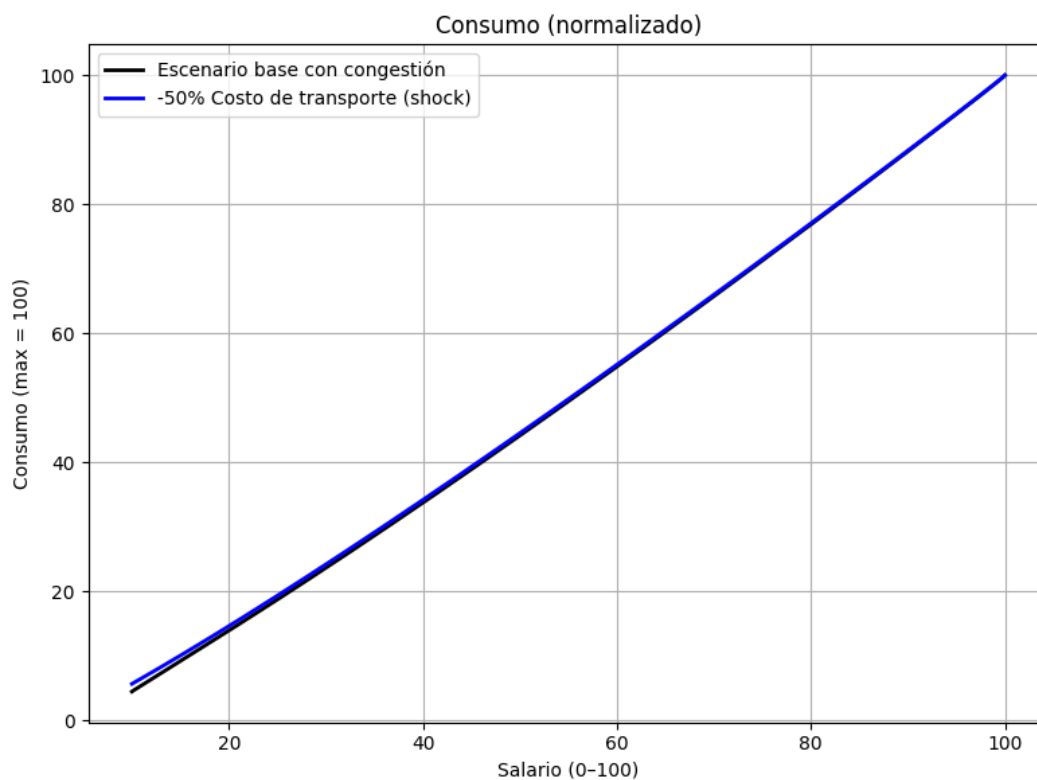


Figura 24: Impacto del shock en el consumo en un contexto con congestión

Al analizar el impacto de la reducción en el costo de transporte en el consumo vemos un cambio nominalmente mucho menor pero aún así perceptible: los hogares con menores ingresos aumentan su consumo respecto del escenario anterior y este efecto se desvanece medida que avanzamos en la escala salarial. Esto tiene sentido, pues estos hogares no ven esencialmente modificada la congestión que sufren al trasladarse al centro y por lo tanto su ingreso disponible aumenta, lo que nos permite concluir que esta baja en el costo de transporte es positiva para su bienestar.

Tamaño de viviendas

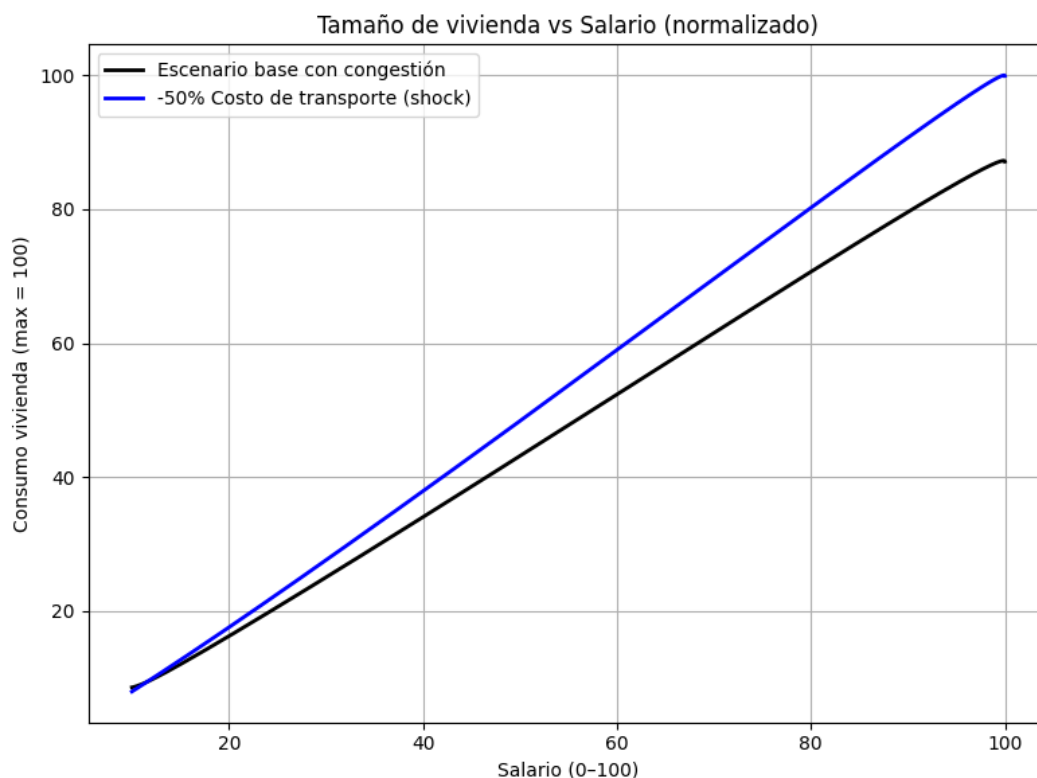


Figura 25: Impacto del shock en precios de viviendas de una reducción del costo de transporte en un contexto con congestión

Como consecuencia de este shock al costo de transporte observamos que los agentes con mayores ingresos aumentan su consumo de vivienda, o lo que es lo mismo, ahora pueden comprarse casas de mayor tamaño. Esto nos permite sacar una conclusión: La reducción en la densidad es mayor que la de la oferta total de vivienda disponible en las cercanías al centro de la ciudad. También, los hogares más pobres van a residir en casas mas pequeñas, lo que se explica con un aumento mayor de la densidad que el de la oferta total disponible en estos puntos geográficos.

Utilidad

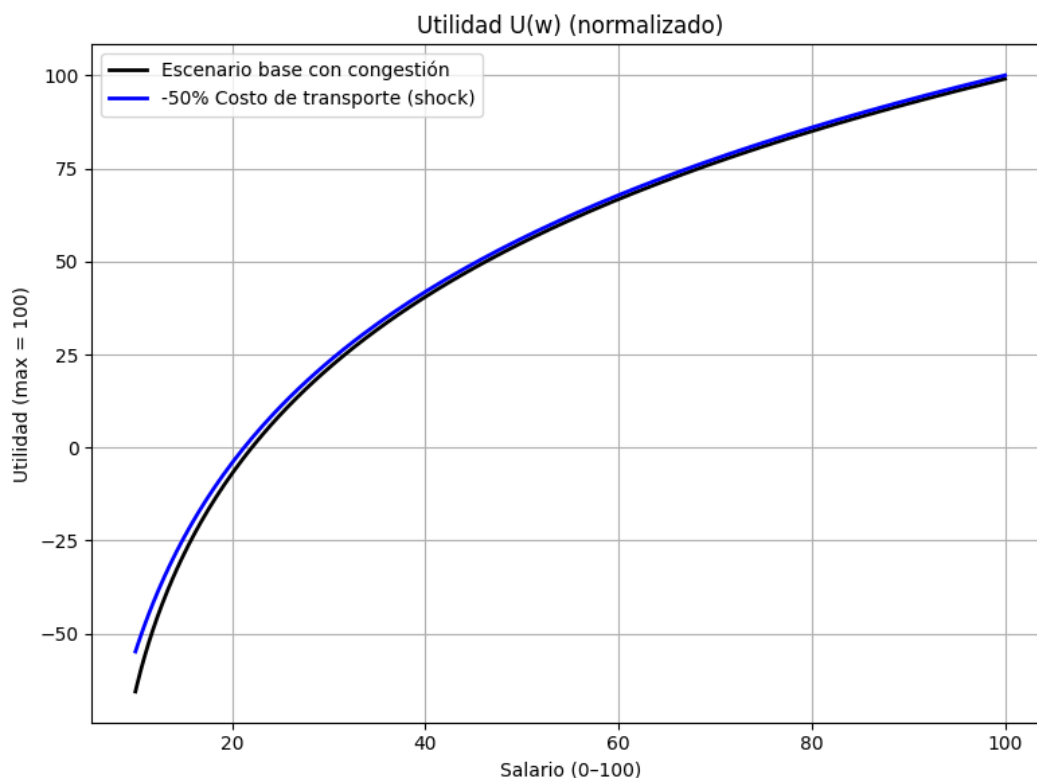


Figura 26: Impacto del shock en precios de viviendas de una reducción del costo de transporte en un contexto con congestión

En conclusión, viendo el impacto de esta medida en el bienestar medido con la utilidad indirecta de cada individuo, vemos que todos están mejor, pero comparativamente esta mejora es mayor para los hogares con menores ingresos, por lo que el aumento en el consumo de los mismos es lo que explica esta mejora. El resto experimenta una mejora que se explica por una combinación de mayor consumo y casas más grandes, aunque como vimos antes, el primer efecto se va desvaneciendo mientras que el segundo se va amplificando a lo largo de la escala socioeconómica.

14. Conclusiones y posibles extensiones

Este trabajo desarrolló un modelo de equilibrio espacial competitivo para analizar cómo los hogares y los desarrolladores inmobiliarios toman decisiones de localización, consumo y construcción en una ciudad monocéntrica, incorporando explícitamente tanto los costos monetarios como los costos de oportunidad del tiempo de viaje. A partir de la solución teórica y su calibración al contexto del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), obtuvimos varias conclusiones relevantes.

En primer lugar, los resultados confirman que el *trade-off* entre accesibilidad y costos de vivienda es el principal determinante de la estructura urbana. Los hogares de mayores ingresos tienden a ubicarse cerca del centro urbano, no solo por preferencia, sino

porque su tiempo de traslado tiene un costo de oportunidad más elevado. Este patrón, consistente con predicciones clásicas de la economía urbana, se ve amplificado cuando se considera la congestión en el transporte: la acumulación de densidad a lo largo de las vías incrementa los costos efectivos de viaje, reforzando la concentración central y acentuando gradientes de precio y densidad.

En segundo lugar, las simulaciones de estática comparada muestran que los shocks vinculados al transporte (aumento de costos monetarios, del tiempo de viaje o congestión) tienen impactos más pronunciados sobre la forma de la ciudad que los shocks de oferta física (disponibilidad de suelo o costos de construcción). Mientras que estos últimos afectan principalmente precios, alturas y oferta total de vivienda, los shocks de transporte modifican de manera sustantiva la localización relativa de los hogares y la densidad poblacional. Esto sugiere que las políticas públicas orientadas a mejorar la infraestructura de transporte, reducir la congestión o incrementar la velocidad de viaje tienen un potencial significativo para aliviar la desigualdad socioespacial y redistribuir población hacia zonas intermedias o periféricas.

En tercer lugar, la calibración del modelo al AMBA permite interpretar los gradientes de precios, densidad y altura en unidades reales, facilitando su comparación con datos de mercado. Si bien los valores obtenidos son plausibles, el modelo sugiere que, bajo los parámetros actuales, la concentración en zonas centrales es una consecuencia inevitable de los costos de transporte y congestión, más que de preferencias o fallas de mercado. Esto resalta la importancia de políticas que actúen sobre dichos costos, ya sea mediante mejoras en transporte público, inversiones en infraestructura o estrategias de descentralización laboral.

En conjunto, los resultados sugieren que la estructura espacial de ciudades como el AMBA depende de forma crucial de las fricciones de transporte y congestión. Al reducir estas fricciones, es posible atenuar la concentración extrema, mejorar el acceso a vivienda y oportunidades, y construir una ciudad más equilibrada en términos de precios, densidades y distribución poblacional.

Si bien este modelo relativamente simple tiene una gran capacidad explicativa, podría ser mejorado profundizando el análisis. En esta sección presentamos algunas posibles extensiones del modelo.

Ciudad policéntrica

Una primera extensión natural consiste en relajar el supuesto de monocentricidad de la ciudad. En muchas áreas metropolitanas, como el AMBA, existen múltiples focos de empleo y actividad económica, por lo que el supuesto de un único centro puede resultar restrictivo.

Para ello, el espacio urbano puede modelarse con múltiples centros $\{c_1, c_2, \dots, c_J\}$, donde cada centro c_j tiene un nivel de atractivo laboral W_j , que representa el ingreso potencial que un agente obtendría si decide trabajar allí. Cada hogar elige entonces una combinación de localización residencial d y centro de trabajo c_j , maximizando su utilidad esperada neta de los costos monetarios y de tiempo de transporte.

Esta extensión permitiría capturar fenómenos como la aparición de núcleos suburbanos densos, desplazamientos intermedios entre subcentros, y patrones de localización más diversos, particularmente útiles para representar ciudades descentralizadas o con centros secundarios (como La Plata, en el caso del AMBA).

Elección modal de transporte

Actualmente, todos los hogares enfrentan el mismo costo de transporte por unidad de distancia, independientemente del medio de transporte utilizado. Sin embargo, en la práctica, los hogares eligen entre distintas modalidades con trade-offs diferenciados: el transporte público suele ser más barato pero más lento y congestionado, mientras que el privado es más caro pero potencialmente más rápido.

Para modelar esta decisión, se puede introducir una variable binaria $m \in \{\text{público, privado}\}$, con funciones de costo distintas:

$$\gamma_T^m, \quad \delta_T^m$$

y que varían con la distancia y con el nivel de congestión. La decisión del hogar se amplía entonces al conjunto $\{C, H, d, m\}$, permitiendo estudiar cómo el ingreso y los parámetros de transporte afectan la elección modal.

Esta extensión permite analizar políticas como subsidios al transporte público, restricciones vehiculares, o inversiones en infraestructura, y su impacto sobre la localización y la segregación socioespacial.

Restricciones normativas a la altura (zonificación)

Otra extensión relevante consiste en incorporar explícitamente restricciones regulatorias sobre la altura máxima de construcción. En muchas ciudades, las regulaciones de uso del suelo limitan el número de pisos permitidos en ciertas zonas, lo que afecta directamente la oferta efectiva de vivienda.

Formalmente, en lugar de permitir que los desarrolladores elijan libremente $h(d)$ para maximizar sus beneficios, se impone:

$$h(d) \leq \bar{h}(d)$$

donde $\bar{h}(d)$ representa el límite legal de construcción en la localización d . Esto introduce una nueva restricción en el problema del desarrollador, y afecta el equilibrio a través de una oferta más rígida en ciertas áreas.

Este mecanismo permite estudiar el impacto de la zonificación sobre los precios, la densidad y la segregación, así como evaluar políticas de flexibilización normativa o incentivos a la densificación en zonas bien conectadas.

Atributos barriales no monetarios (amenities)

Finalmente, otra dimensión relevante para extender el modelo es la incorporación de 'amenities', entendidos como atributos no monetarios del entorno urbano que afectan la utilidad del hogar. Estos pueden incluir acceso a espacios verdes, calidad educativa, seguridad, o cercanía a centros culturales o comerciales.

Para modelar esta idea, se introduce una función de amenidad $A(d)$ que modifica directamente la utilidad del hogar. La función objetivo del hogar pasa a ser:

$$\max_{C, H, d} U(C, H, A(d)) = \alpha_C \ln C + (1 - \alpha_C) \ln H + \psi \cdot A(d)$$

donde ψ mide la valoración del hogar por los atributos barriales. Esta función $A(d)$ puede tener diferentes formas (por ejemplo, decreciente, bimodal o con picos) y permite

modelar situaciones donde ciertos barrios son más atractivos a pesar de estar más alejados o ser más costosos.

Con esta modificación, el equilibrio espacial refleja no sólo el trade-off entre precio y transporte, sino también la disposición a pagar por calidad de vida urbana, capturando una dimensión fundamental de la heterogeneidad en la elección residencial.

Intervención del gobierno y diseño de políticas públicas

Una quinta extensión relevante consiste en introducir un actor gubernamental que interviene en el equilibrio urbano mediante instrumentos de política económica y urbana. Este gobierno puede tener distintos objetivos: maximizar el bienestar agregado, minimizar la desigualdad espacial, aumentar la recaudación, o garantizar ciertos estándares mínimos de accesibilidad.

Formalmente, el gobierno observa el equilibrio descentralizado del modelo base y puede intervenir mediante:

- **Subsidios o impuestos al transporte:** una función de subsidio $s(d)$ que reduce el costo monetario del transporte en ciertas zonas:

$$\gamma_T(d) = \gamma - s(d)$$

- **Inversiones en infraestructura:** decisiones de inversión $I(d)$ que mejoran la velocidad de viaje $v(d)$ o reducen la congestión en ciertos corredores. Esto afecta directamente al parámetro $\delta_T(d)$, vía:

$$\delta_T(d) = \frac{1}{v(d) \cdot T_L}$$

- **Zonificación óptima:** establecer límites a la altura máxima permitida $\bar{h}(d)$ con fines redistributivos o de planificación.
- **Subsidios a la vivienda:** descuentos en el precio por metro cuadrado para hogares de menores ingresos en zonas seleccionadas:

$$P(d, w) = P(d) - \sigma(w, d)$$

donde $\sigma(w, d)$ es un esquema de subsidio cruzado, focalizado por nivel de ingreso y zona.

El problema del gobierno se puede formalizar como una maximización del bienestar agregado de los hogares (utilidades indirectas) sujeto a una restricción presupuestaria:

$$\begin{aligned} & \max_{s(d), I(d), \sigma(w, d), \bar{h}(d)} \int U(C(w, d), H(w, d), A(d)) \cdot g(w) dw \\ & \text{s.a.} \quad \int [s(d) + I(d) + \sigma(w, d)] \cdot \eta(d) dd \leq B \end{aligned}$$

donde B representa el presupuesto fiscal del gobierno.

Esta extensión permite analizar de forma explícita el trade-off entre eficiencia y equidad urbana, evaluar políticas específicas (como subsidios focalizados o inversiones en transporte) y explorar equilibrios político-económicos alternativos bajo distintas funciones objetivo gubernamentales (e.g., Rawlsiana, utilitarista, recaudatoria, etc.).

A. Apéndice Matemático

A.1. Lagrangiano del problema del hogar

El Lagrangiano asociado al problema es:

$$\mathcal{L}(C, H, d; \lambda) = \alpha_C \ln C + (1 - \alpha_C) \ln H + \lambda \left[w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d - C - P(d) H \right].$$

Derivando con respecto a cada variable de decisión:

Respecto a C :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C} = \frac{\alpha_C}{C} - \lambda = 0.$$

Respecto a H :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial H} = \frac{1 - \alpha_C}{H} - \lambda P(d) = 0.$$

Respecto a d :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial d} = -\lambda \left[-w \delta_T - \gamma_T - H \frac{\partial P(d)}{\partial d} \right] = 0.$$

Que se puede reescribir como:

$$w \delta_T + \gamma_T + H \frac{\partial P(d)}{\partial d} = 0.$$

Respecto a λ :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d - C - P(d) H = 0.$$

Dividiendo las primeras dos condiciones se obtiene la tasa marginal de sustitución (TMS) igual al precio relativo:

$$\frac{\frac{1 - \alpha_C}{H}}{\frac{\alpha_C}{C}} = P(d) \quad \implies \quad \frac{1 - \alpha_C}{\alpha_C} \frac{C}{H} = P(d).$$

La CPO respecto a la distancia implica:

$$H \frac{\partial P(d)}{\partial d} = -(w \delta_T + \gamma_T).$$

A.2. Monotonicidad de $d(w)$

Definimos:

$$F(w, d) = \frac{w \delta_T + \gamma_T}{w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d} + (1 - \alpha_C) \frac{P'(d)}{P(d)},$$

Queremos estudiar la función $d(w)$ definida implícitamente por la ecuación $F(w, d) = 0$. El Teorema de la Función Implícita garantiza que, bajo condiciones regulares, existe una única función $d(w)$ diferenciable localmente y proporciona su derivada como:

$$d'(w) = - \frac{\frac{\partial F}{\partial w}(w, d(w))}{\frac{\partial F}{\partial d}(w, d(w))}.$$

Calculamos las derivadas parciales:

$$\frac{\partial F}{\partial w} = \frac{\delta_T(w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d) - (w\delta_T + \gamma_T)(1 - \delta_T d)}{(w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d)^2} = - \frac{\gamma_T}{(w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d)^2}.$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial d} &= \frac{0 \cdot (w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d) - (w\delta_T + \gamma_T)(-w\delta_T - \gamma_T)}{(w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d)^2} + (1 - \alpha_C) \frac{d}{dd} \left(\frac{P'(d)}{P(d)} \right) \\ &= \frac{(w\delta_T + \gamma_T)^2}{(w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d)^2} + (1 - \alpha_C) \frac{d}{dd} \left(\frac{P'(d)}{P(d)} \right). \end{aligned}$$

Finalmente, combinando y simplificando,

$$d'(w) = \frac{\gamma_T}{(w\delta_T + \gamma_T)^2 + (w(1 - \delta_T d) - \gamma_T d)^2 (1 - \alpha_C) \frac{d}{dd} \left(\frac{P'(d)}{P(d)} \right)}.$$

A.3. Demostración de la Ley de Walras

Partimos del vaciamiento del mercado de bienes en un determinado d

$$\int \underbrace{[C(w, d) + \gamma_T d]}_{\text{Gasto en consumo y transporte}} g(w) dw + \underbrace{K(h(d)) \cdot S(d)}_{\text{Gasto en construcción de viviendas}} = \int \underbrace{[w(1 - \delta_T d)]}_{\text{Ingreso total en bienes}} g(w) dw$$

Considerando que la firma constructora tiene $\pi = 0$ en equilibrio

$$\pi = P(d) \cdot h(d) \cdot S(d) - K(h(d)) \cdot S(d) = 0$$

$$P(d) \cdot h(d) \cdot S(d) = K(h(d)) \cdot S(d)$$

$$P(d) \cdot H(d) = K(h(d)) \cdot S(d)$$

Reemplazando el vaciamiento del mercado de bienes en d

$$\int [C(w, d) + \gamma_T d] g(w) dw + P(d) \cdot H(d) = \int [w(1 - \delta_T d)] g(w) dw$$

Reordenando:

$$P(d) \cdot H(d) = \int [w(1 - \delta_T d) - C(w, d) - \gamma_T d] g(w) dw$$

Recordando la restricción presupuestaria del individuo en d

$$C(w, d) + P(d) H^D(w, d) + \gamma_T d = w(1 - \delta_T d)$$

$$P(d) H^D(w, d) = w(1 - \delta_T d) - C(w, d) - \gamma_T d$$

Reemplazando en el vaciamiento de mercado de bienes en d

$$P(d) \cdot H(d) = \int P(d) H^D(w, d) g(w) dw$$

$$H(d) = \int H^D(w, d) g(w) dw$$

Llegamos a la ecuación de vaciamiento del mercado de vivienda en d . Por ende, se cumple la Ley de Walras para todo $d \in [0, 1]$. En otras palabras, se cumple Walras en toda la economía.

B. Bibliografía

Referencias

- [1] Muth, R. F. (1969). *Cities and housing: The spatial pattern of urban residential land use*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- [2] Mills, E. S. (1972). *Studies in the structure of the urban economy*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- [3] Alonso, W. (1964). *Location and Land Use: Toward a General Theory of Land Rent*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- [4] Duranton, G., & Puga, D. (2015). Urban Land Use. In G. Duranton, J. V. Henderson, & W. C. Strange (Eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics* (Vol. 5B, pp. 467–560). Amsterdam: Elsevier.
- [5] Fujita, M. (1989). *Urban Economic Theory: Land Use and City Size*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [6] Blanco, A., Díaz de Astarloa, B., Drenik, A., Moser, C., & Trupkin, D. (2021). The evolution of the earnings distribution in a volatile economy: Evidence from Argentina (CEDLAS, Working Paper No. 0280). CEDLAS, Universidad Nacional de La Plata.
- [7] INDEC. (2019). Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares 2017–2018. Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina.