

MOVILIA 2026

Medellín, Colombia · 16–18 septiembre 2026

Estudios de Demanda y Afluencia

Una mirada esencial en la planificación del transporte público masivo

Juan de Dios Ortúzar

Escuela de Ingeniería e Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI)

Pontificia Universidad Católica de Chile · jos@uc.cl



¿Qué explica la elección de transporte público?

Lo que sabemos hace tiempo, y lo que la política pública puede hacer al respecto.



Esperar pesa más que viajar

Reducir tiempos de espera importa más que reducir los de recorrido



La certidumbre importa más que la velocidad

Es preferible saber cuánto se tardará que ir más rápido en algunos tramos



Evitar el hacinamiento

Pero la ocupación es clave y también se asocia a seguridad y acoso



Costo razonable

Hoy es posible subsidiar de forma focalizada



Satisfacción del usuario

Es, en sí misma, un objetivo primordial

LOS ESTUDIOS DE DEMANDA

permiten abordar todos estos frentes a la vez, combinando distintos tipos de información sobre las personas y sus viajes.

Un transporte público más efectivo no basta (Hidalgo, 2025)

También hay que hacer menos atractivo al auto y otros modos que le compiten



Pero esto requiere políticas más difíciles de entender

- Tarificación por congestión (Ortúzar et al., 2021)
- Cobro y control de estacionamientos (Ibeas et al., 2014)
- Permisos de circulación más restrictivos para modos con altas externalidades negativas



Modos que es necesario regular

Motos —de uso desbordado en Colombia— y patinetas: gran insostenibilidad y fuertes externalidades (congestión, accidentes).

Estas políticas también pueden modelarse hoy con gran sofisticación.

De los datos a los modelos



Datos

Qué información existe hoy y cómo ha evolucionado su disponibilidad



Modelos

Avances recientes para representar bien estos fenómenos

*No abordaré temas relacionados con la operación y diseño de la oferta:
hay herramientas especializadas para ello (PTV VISUM, GIRO HASTUS, OPTIBUS, etc.)*

PARTE 1

Tipos de Datos Disponibles

Datos tradicionales



Encuestas Origen–Destino



Preferencias reveladas y declaradas



Uso de suelo y variables de planificación



Alto costo · bajas tasas muestrales · posibles distorsiones de entrevistados poco serios

Aun así, son imprescindibles para los modelos de elección discreta, que cuantifican el efecto de variables y políticas sofisticadas (hábito, percepciones, etc.) —Ortúzar & Willumsen, 2024

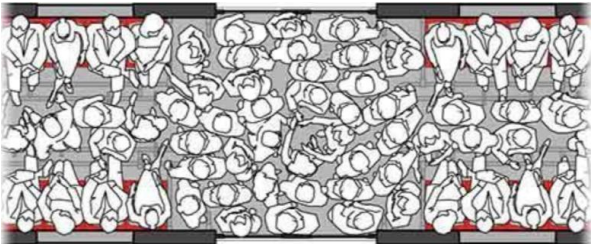
Ejemplo de situación de preferencias declaradas

Metro

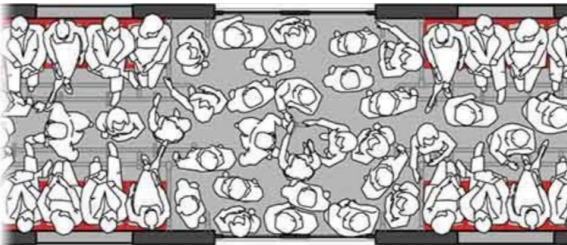
Tiempo de viaje	12 min
Caminata de acceso + egreso	5 cuabras
Tiempo de espera	5 min
Variabilidad de la espera	0,5 min
Ocupación	Hacinado

Bus

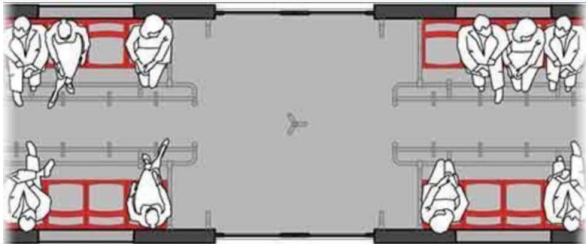
Tiempo de viaje	18 min
Caminata de acceso + egreso	2 cuabras
Tiempo de espera	3 min
Variabilidad de la espera	5 min
Ocupación	2 pasajeros/m²



1. Hacinado²



2: 4 pasajeros/m²



3: 2 pasajeros/m²

El hacinamiento tiene un doble efecto



Interactúa con el tiempo de viaje

Hace el viaje menos placentero, amplificando cómo se percibe el tiempo a bordo.

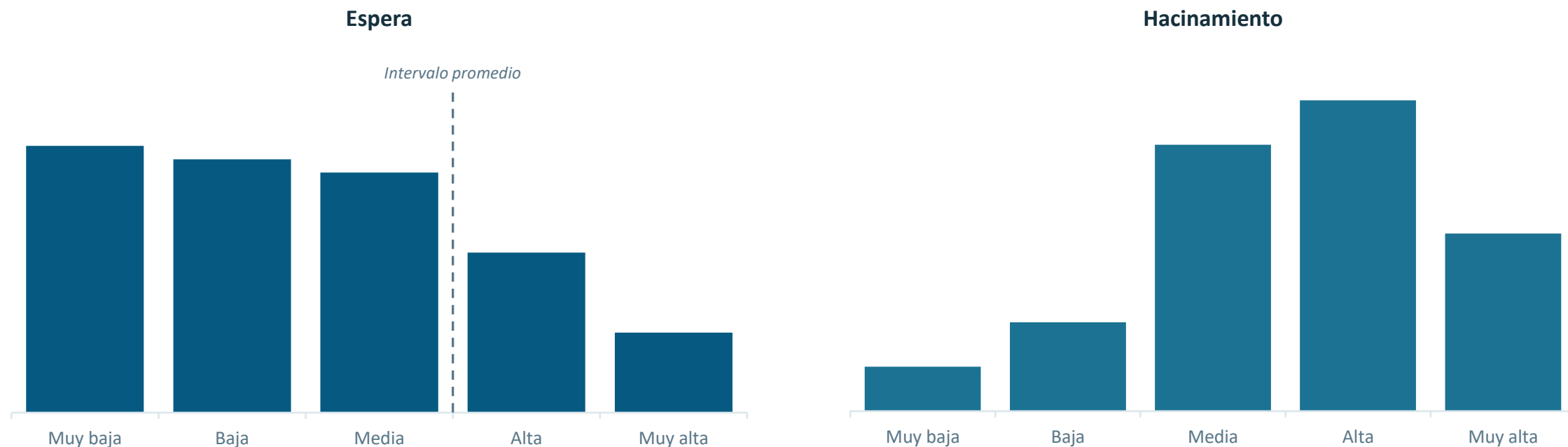


Actúa como un umbral

El solo hecho de experimentarlo puede alejar a los usuarios, más allá de cuánto dure.

La variabilidad importa tanto o más que el promedio

La dispersión de los intervalos entre buses, por ejemplo, hace que la espera y el hacinamiento sean muy variables (González et al., 2025)



Ilustrativo — valores relativos que muestran la forma de cada distribución, no mediciones de un caso particular.

“Pueden ser muchos los que se ven enfrentados a un intervalo largo y pocos a los que les toca un intervalo corto.”

Encuestas de percepción: variables latentes

Escala Likert de 5 puntos (1: muy en desacuerdo — 5: muy de acuerdo).



Hábito

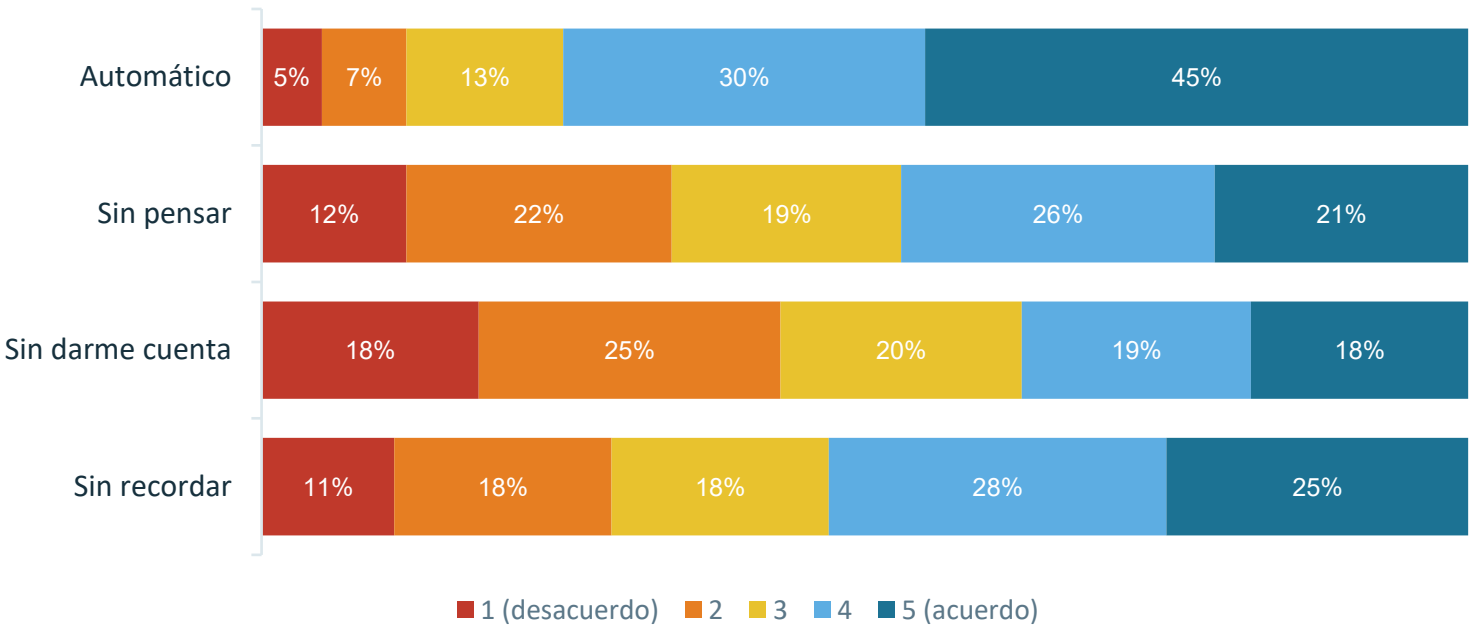
Lo hago automáticamente

Lo hago sin pensar

Comienzo por hacerlo sin darme cuenta

Lo hago sin recordar en forma consciente

Resumen de indicadores de hábito — % de respuestas por nivel de acuerdo (1–5).



Encuestas de percepción: variables latentes

Escala Likert de 5 puntos (1: muy en desacuerdo — 5: muy de acuerdo).



Hábito

Lo hago automáticamente

Lo hago sin pensar

Comienzo por hacerlo sin darme cuenta

Lo hago sin recordar en forma consciente



Inseguridad

Me preocupa no saber arreglar una pana

Me preocupa la posibilidad de ser asaltado

Me preocupa sufrir un accidente



Actitud "verde"

Estoy dispuesto a cambiar de modo si eso ayuda al medioambiente

El uso del auto es el mayor culpable de la contaminación en áreas urbanas

Aumentar el uso del transporte público permitiría mejorar la calidad del aire

Datos masivos (Big Data)

Seguimiento anonimizado de personas y vehículos a través de sus huellas digitales.



Teléfono móvil



Tarjeta inteligente



Vehículo conectado



Bus

Pero los datos crudos son de poca utilidad: solo adquieren valor al limpiarlos y convertirlos en secuencias de estadías, matrices O-D y otros indicadores de movilidad (Fu et al., 2024).

Sin acción requerida del usuario

Muestras más grandes

Mayor cobertura temporal

Complementando encuestas OD con datos digitales

Al levantar datos desde el ingreso digital al sistema o señales del teléfono, se gana escala — pero se puede perder al individuo.



Lo que se puede perder

Género

Edad

Ocupación

Propósito del viaje



Lo que empieza a emerger

Reconocimiento biométrico: valida que el beneficio tarifario corresponda a quien realmente ingresa al sistema.

Tarjetas bancarias: facilitan el acceso —sobre todo a usuarios poco frecuentes— y podrían tener asociado un perfil personal (aunque no es claro que sea accesible).

Ninguna fuente de datos está libre de errores



Tamaño de la muestra

Los datos de CDR de telefonía son de gran tamaño, pero su distribución no es uniforme (varía la cuota de mercado por operador y zona). Las tarjetas de pago cubren casi el 100% de quienes pagaron ese día.



Sesgo

En operadores, suele ser corregible con técnicas de expansión de muestra. En apps es más difícil: ciertos grupos pueden estar subrepresentados o ausentes.

También importan cobertura, precisión, exactitud y continuidad (Willumsen, 2025) — los métodos tradicionales y los nuevos se necesitan para complementarse y perfeccionarse.

PARTE 2

Modelos de Demanda Avanzados

Modelos híbridos de elección discreta

Van más allá de costos, tiempos y variables socioeconómicas (Ortúzar & Willumsen, 2024, Caps. 7 y 8).



Permiten incorporar actitudes y percepciones (Bahamonde-Birke, et al., 2017)

Por ejemplo, personas “verdes” encuentran menos atractivo el auto



Permiten capturar riesgo percibido y accesibilidad

Percepción de acoso/asaltos y accesibilidad universal (Cabello et al., 2025)



Permiten explicar la satisfacción del usuario (Allen et al., 2019)

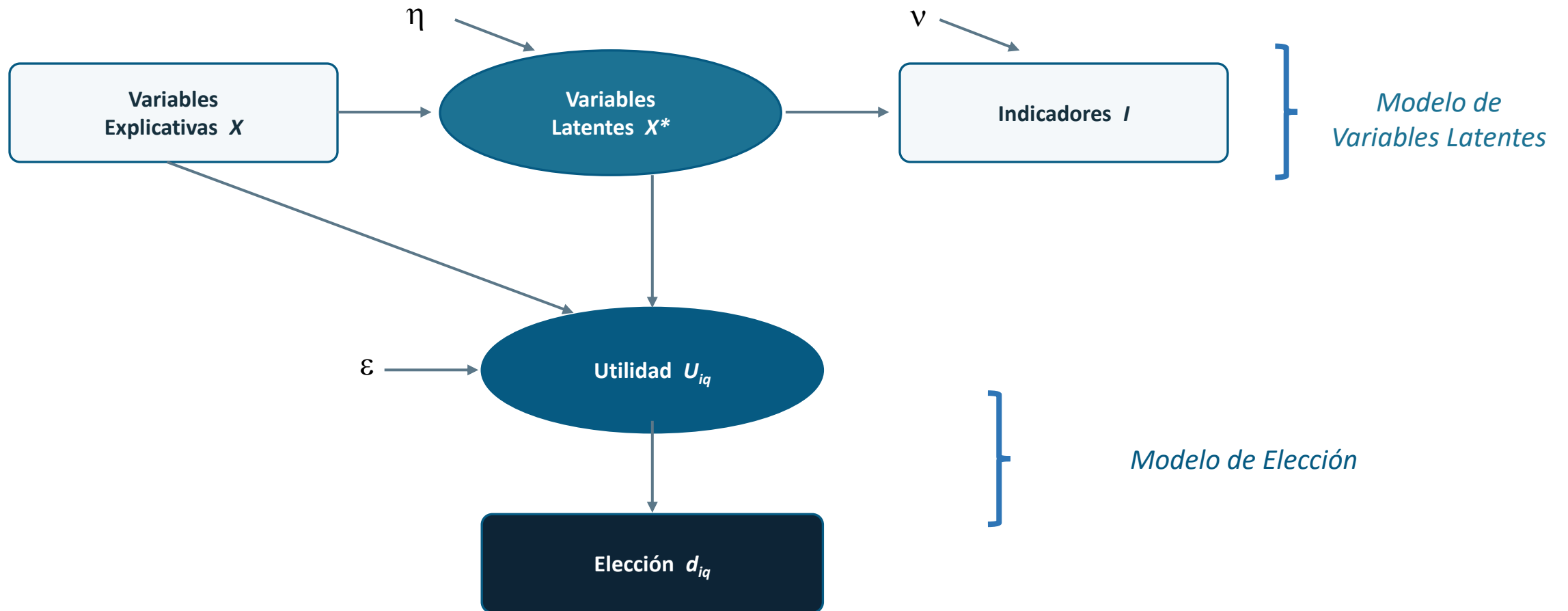
Esta es multifactorial, pero el nivel de hacinamiento es clave (Batarce et al., 2016)



Posibilitan entender qué podría gatillar un cambio de hábito

Ninguna medida basta sin detonantes que lo fomenten (Gutiérrez et al., 2020; Yáñez et al., 2025)

Estructura general de modelo híbrido con variables latentes



PARA LLEVAR

Tres ideas centrales



Los datos importan tanto como el modelo

Tradicionales y masivos se necesitan y se complementan.



La experiencia del usuario no es solo tiempo

Espera y hacinamiento son también umbrales y variabilidad.



Los modelos híbridos permiten actuar sobre percepciones

No solo sobre tiempos y costos.

Referencias

Allen, J., Muñoz, J.C. & Ortúzar, J. de D. (2019) Understanding public transport satisfaction: using Maslow's hierarchy of (transit) needs. *Transport Policy* **81**, 75-94.

Bahamonde-Birke, F.J., Kunert, U., Link, H. & Ortúzar, J. de D. (2017) About attitudes and perceptions – finding the proper way to consider latent variables in discrete choice models. *Transportation* **44**, 475-493.

Batarce, M., Muñoz, J.C. & Ortúzar, J. de D. (2016) Value crowding in public transport. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **91**, 358-378.

Cabello, N., Galilea, P. & Ortúzar, J. de D. (2025) Valuing improvements to bus universal accessibility for visually impaired users: a case study in Santiago, Chile. *Research in Transportation Economics* **110**, 101523.

Fu, X., Zhang, Y., Ortúzar, J. de D. & Lü, G. (2024) Activity-travel pattern inference based on multi-source big data. *Transport Reviews* **45**, 26-48.

González, F., Aprigliano, V., Seriani, S. & Peña, A. (2025) Analyzing public transport wait times and identifying the most affected users in Valparaíso, Chile. *Applied Sciences* **15**, 5969.

Gutiérrez, M., Hurtubia, R. & Ortúzar, J. de D. (2020) The role of habit and the built environment in the willingness to commute by bicycle. *Travel Behaviour and Society* **20**, 62-73.

Hidalgo, D. (2025) Transporte público urbano. En M. Greene, R. Mora & J. de D. Ortúzar (eds.), *Accesibilidad y Movilidad*. ARQ Ediciones, Santiago.

Ibeas, A., dell'Olio, L., Bordagaray, M. & Ortúzar, J. de D. (2014) Modelling parking choices considering user heterogeneity. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **70**, 41-49.

Mesa García, S.A., Rodríguez-Valencia, A., Ortúzar, J. de D. y Lleras-Echeverri, G.C. (2026) Motorcycle ownership and use in Bogotá, Colombia: unveiling novel factors through a hybrid modelling approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **205**, 104836.

Ortúzar, J. de D., Bascuñán, R., Rizzi, L.I. & Salata, A. (2021) Assessing the potential acceptability of road pricing in Santiago. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **144**, 153-169.

Ortúzar, J. de D. & Willumsen, L.G. (2024) *Modelling Transport*. John Wiley & Sons, New York.

Yáñez, M.F., Cherchi, E. & Ortúzar, J. de D. (2025) Modelling inertia and shock effects with panel data: an application to mode choice in Santiago. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **199**, 104593.

Willumsen, L.G. (2025) Nuevas tendencias. En M. Greene, R. Mora & J. de D. Ortúzar (eds.), *Accesibilidad y Movilidad*. ARQ Ediciones, Santiago.